



# EMOTIONEN AUF DER SPUR

EINE URBANE SUCHE NACH STRESSOREN BEIM RADFAHREN UND ZUFUSSGEHEN



# **EMOTIONEN AUF DER SPUR**

EINE URBANE SUCHE NACH STRESSOREN BEIM RADFAHREN UND ZUFUSSGEHEN

Dokumentation Seminar I Wintersemester 2023/24



# **INHALT**

<b>Vorwort</b>	4
<b>Einführung &amp; Aufgabenstellung</b>	6
<b>Fallstudien</b>	8
Fallstudien Karlsruhe	8
Fallstudien Osnabrück	10
<b>Studentische Arbeiten</b>	
Paloma Angel, Livia Benz	14
Robin Bentrup, Mario Pitschmann, Lisa Podkalicki	40
Céline Martin, Linda Reister, Lucía Trojan	76
Maurice App, Paula Leichter	132
Birte Harwart, Alicia Batke, Sabrina Lambor	168
Emma Dupont, Lars-Ole Mannherz, Johanna Markus	202
Thomas Bichel, Julius Hirschmann	242
Jona Thiele, Felix Weimert, Niklas Wittig	266
Ivan Crausaz, Karla Jukić, Oliver Leitzbach	312
<b>Impressum</b>	343

# **VORWORT**

„Stress and the City“, so plakativ beschreibt Mazda Adli die junge Forschungsrichtung des Neurourbanismus. Seit ihren Anfängen ist hier vor allem die Urban Emotions Initiative ein Initiator für Grundlagen- und anwendungsbezogene Forschung im urbanen Kontext. Mit ihren vielfach erprobten Methoden wurde es möglich, Stresspunkte in der Stadt objektiv zu detektieren. Die Frage nach den Ursachen bleibt dabei jedoch aktuell noch weitestgehend unerforscht.

Wie aber nehmen wir Stadträume wahr, wenn wir mit dem Fahrrad oder zu Fuß unterwegs sind? An welchen Orten in der Stadt fühlen wir uns wohl, respektive unwohl und gestresst? Welche spezifischen Faktoren beeinflussen dabei unsere Emotionen? Und vor allem: Mit welchen Methoden können diese Einflussfaktoren identifiziert werden? Mit unter anderem diesen Fragestellungen beschäftigten sich im Wintersemester 2023/24 im Rahmen des Seminars „Emotionen auf der Spur“ insgesamt neun Forschungsgruppen mit 24 Studierenden des Fachbereichs Architektur des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Die Arbeiten der Studierenden, die im Format eines Forschungsseminars entstanden sind, stehen im engen Kontext mit der gleichnamigen Studie „Decoding Stress“ des Fachgebiets Stadtquartiersplanung.

Mit den hier vorgestellten Forschungsarbeiten wird das Ziel verfolgt, den Zusammenhang zwischen der (negativen) menschlichen Stadtwahrnehmung und verschiedenen Stressoren zu erforschen. Dabei untersuchen die studentischen Forschungsarbeiten den Einsatz verschiedener, teilweise experimenteller, Methodenansätze. Mit den Ergebnissen soll ein Beitrag dazu geleistet werden, den Menschen und seine subjektive Wahrnehmung von Stadt in den Fokus der Stressorenanalyse zu rücken.

Nina Haug & Dr. Peter Zeile

# EINFÜHRUNG & AUFGABENSTELLUNG

## GRUNDLAGEN



ABB. 1: SETTING DER MESSUNGEN: SMARTBAND EMPATICA E4 UND SMARTPHONESETTING DER MESSUNGEN: SMARTBAND EMPATICA E4 UND SMARTPHONE

Die Forschungsarbeiten des Seminars greifen auf die im Kontext der Urban Emotions Initiative entstandenen EmoCycling-Messungen als Datengrundlage zurück. Die Untersuchungen stützen sich dabei im Konkreten auf die Heatmaps der Projekte „Cape Reviso“ in der Untersuchungsstadt Karlsruhe und „ESSEM“ in der Untersuchungsstadt Osnabrück. In beiden Projekten wurde mithilfe der EmoCycling-Methode das subjektive Stressempfinden von Radfahrenden untersucht. Die Messungen der EmoCycling-Methode funktionieren dabei nach folgendem Muster: Das Sensorarmband (Empatica E4) misst die Vitaldaten der Probanden (Hautleitfähigkeit und Hauttemperatur), synchronisiert diese mithilfe des Smartphones mit den dazugehörigen GPS-Daten und sammelt sie in einer App. Eine Stressreaktion, auch Moment of Stress (MOS) genannt, wird in der Auswertung dann identifiziert, wenn direkt nach einem Reiz ein temporärer Anstieg der Hautleitfähigkeit in Kombination mit einem Absinken der Hauttemperatur messbar ist. Umgangssprachlich ist dieser Effekt auch als „kalter Angstschnaib“ bekannt.

Die EmoCycling-Messungen in Karlsruhe wurden im Winter 2021/2022 mit insgesamt 17 Probanden auf einer vorgegebenen Route in der Karlsruher Innenstadt durchgeführt. Dabei wurden die Probanden dazu angewiesen, die vordefinierte Route von Westen nach Osten abzufahren. Im Rahmen der Messungen wurden 26 Tracks aufgezeichnet und rund 1.100 MOS detektiert. In Osnabrück wurden die Messungen im Herbst 2022 mit 28 Probanden hingegen mit freier Routenwahl durchgeführt. Hierbei wurden rund 480 Tracks aufgezeichnet und etwa 13.000 Stressmomente (MOS) identifiziert.

Die ausgewerteten Datensätze wurden im Rahmen der beiden Projekte mithilfe eines Geoinformationssystems (GIS) georeferenziert dargestellt und nach einem KDE-Verfahren in Form einer Heatmap visualisiert. Über die verwendete Farbcodierung der Heatmap kann dann ausgewertet werden, in welcher Intensität und an welcher geografischen Position die Probanden Stress, beziehungsweise keinen Stress empfunden haben. Die entsprechend der Farbcodierung rot dargestellten Punkte, sogenannte „Hot-Spots“, symbolisieren dabei eine Konzentration der gemessenen Stressmomente, wohingegen in den blau dargestellten Bereichen verhältnismäßig weniger Stressmomente gemessen wurden. Die nach dieser Vorgehensweise entstandene Heatmap dient der Forschungsarbeit „Decoding Stress“ als ein erster Überblick über die neuralgischen Stress-Hotspots für Radfahrenden in Karlsruhe, respektive Osnabrück und bildet die Grundlage für die angeführte Stressorenanalyse.

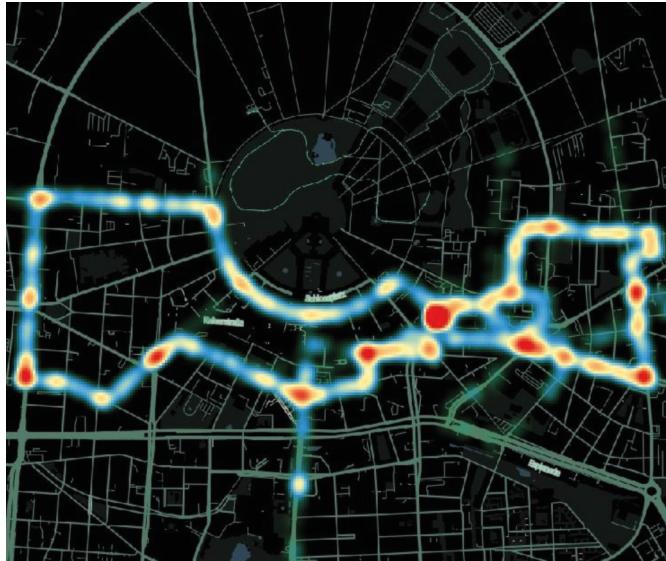


ABB. 2: HEATMAP KARLSRUHE



ABB. 3: HEATMAP OSNABRÜCK

## AUFGABE

Im Rahmen der vorgegebenen Untersuchungsgebiete wurde den neun studentischen Forschungsgruppen die Aufgabe gestellt, potenzielle Stressoren zu identifizieren und mithilfe geeigneter Methodenansätze experimentell zu erforschen. In diesem Zusammenhang erarbeiteten die Studierenden zunächst ein eigenes Thema für ihre Forschung und eigneten sich entsprechendes Hintergrundwissen aus Wissenschaft und Praxis an. Aufbauend auf diesen ersten Ansätzen entwickelten die Forschungsgruppen dann erste Forschungsfragen, sowie einen entsprechenden Forschungsplan mit verschiedenen Methodenbausteinen. Dabei war es eine besondere Herausforderung, geeignete Methoden sowohl für die Vor-Ort-Untersuchungen in den Fallstudien K1 und K2, als auch für die Fernanalyse der Fallstudien in Osnabrück zu entwickeln, beziehungsweise entsprechend zu differenzieren. Die entwickelten Methoden wurden von den Studierenden intensiv erprobt und die gewonnenen Erkenntnisse ausführlich evaluiert. Im folgenden Teil der Dokumentation werden die entstandenen Forschungsarbeiten im Einzelnen vorgestellt.

## FORMALE HINWEISE

Alle dargestellten Piktogramme, Fotos und Pläne sind, soweit nicht anders angegeben, von den Studierenden selbst erstellt worden.

# FALLSTUDIEN

Die verschiedenen Stressoren-Analysen wurden im Rahmen des Seminars anhand von jeweils zwei Fallstudien in Karlsruhe (Fallstudien K1 und K2) und Osnabrück (Fallstudien O1 und O2) durchgeführt. Diese Orte wurden in der Heatmap als neuralgische Stresspunkte identifiziert.

Auf die einzelnen Untersuchungsgebiete soll im folgenden Abschnitt kurz eingegangen werden.

## FALLSTUDIEN KARLSRUHE

In der Untersuchungsstadt Karlsruhe wurden die Fallstudien K1 und K2 als Untersuchungsgebiete für die Stressorenanalysen der Studierenden definiert.

Die Fallstudie K1 behandelt dabei den belebten Bereich um den Ludwigsplatz in der westlichen Innenstadt Karlsruhes. Die untersuchte Route führt dabei von Westen über den Stephanplatz und die Karlstraße über den Ludwigsplatz weiter nach Osten.

Die Fallstudie K2 widmet sich dem Bereich um den Lidellplatz in der östlichen Innenstadt Karlsruhes. Die Route führt dabei von Westen über die Markgrafenstraße zum Lidellplatz, biegt dann auf die Adlerstraße ab und führt über die Zähringerstraße zum Kronenplatz.



ABB. 4: ERBPRINZENSTRASSE FALLSTUDIE K1 (HAUG 2023)



ABB. 5: LIDELLPLATZ FALLSTUDIE K2 (HAUG 2023)



ABB. 6: LUFTBILD FALLSTUDIE K1

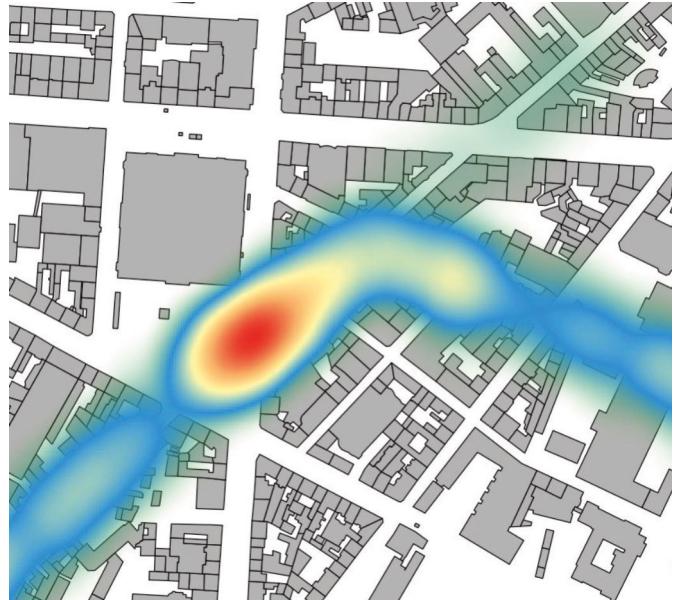


ABB. 7: HEATMAP FALLSTUDIE K1



ABB. 8: LUFTBILD FALLSTUDIE K2

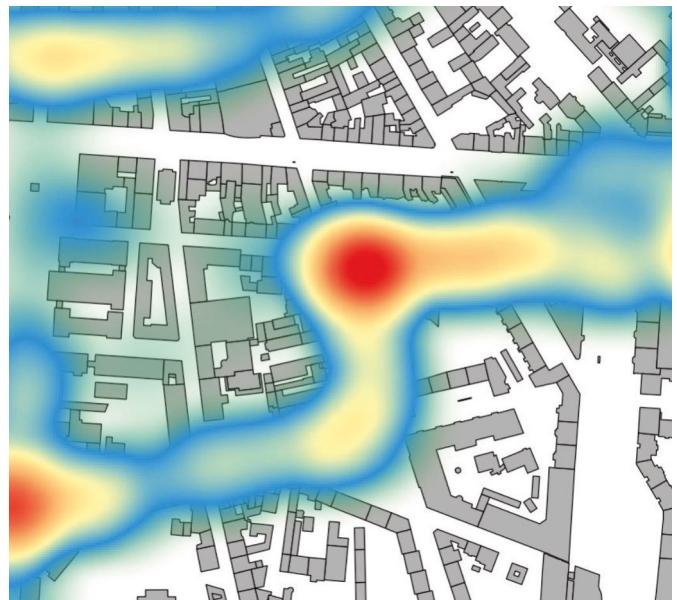


ABB. 9: HEATMAP FALLSTUDIE K2

Quelle Luftbild: GOOGLE MAPS, BILDER ©2024 CNES / AIRBUS, GEOBASIS-DE/BKG, MAXAR TECHNOLOGIES, KARTENDATEN ©2024 STADT KARLSRUHE VLW, GEOBASIS-DE/BKG (©2009)

## FALLSTUDIEN OSNABRÜCK

Die Fallstudien 01 und 02 wurden in der Stadt Osnabrück als Untersuchungsgebiete definiert. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass die zugrunde liegenden EmoCycling-Messungen als Freifahrten durchgeführt wurden und somit keine Bewegungsrichtung vorgeschrieben wurde. Im Rahmen der hier angestellten Untersuchungen wird für jede Fallstudie jedoch aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit eine Bewegungsrichtung definiert. Die Fallstudie 01 behandelt dabei den Bereich um den Rißmüllerplatz am Wallring am nördlichen Stadteingang Osnabrücks. Für die Untersuchungen wurde die Bewegungsrichtung von Nord nach Süd festgelegt, wodurch die Route von der Natruper Straße über den Rißmüllerplatz und die Bierstraße in die historische Innenstadt führt und dann in einer scharfen Kurve auf die Lohstraße abknickt.

Die Fallstudie 02 widmet sich dem Bereich um den nordwestlichen Stadteingang bis zum Domhof. Dabei wurde die Bewegungsrichtung für die angeführten Untersuchungen von Westen nach Osten festgelegt. Die Route führt demnach auf der Dielingerstraße entlang bis zum Kreuzungspunkt der Fußgängerzone, wird auf der Lortzingstraße fortgeführt und endet im Bereich des Domhofs.



ABB. 10: NATRUPER STRASSE FALLSTUDIE 01 [HAUG 2023]



ABB. 11: DIELINGER STRASSE FALLSTUDIE 02 [HAUG 2023]



ABB. 12: LUFTBILD FALLSTUDIE 01



ABB. 13: HEATMAP FALLSTUDIE 01



ABB. 14: LUFTBILD FALLSTUDIE 02



ABB. 15: HEATMAP FALLSTUDIE 02

Quelle Luftbild: GOOGLE MAPS, BILDER ©2024 GEOBASIS-DE/BKG, MAXAR TECHNOLOGIES, KARTENDATEN ©2024 GEOBASIS-DE/BKG (©2009)

# STUDENTISCHE ARBEITEN







ABB. 1: STRASSENOBERFLÄCHEN

## STRESSSITUATIONEN ANHAND VON STRASSENOBERFLÄCHEN

Die Forschungsarbeit befasst sich mit den Auswirkungen von verschiedenen Straßenoberflächen und deren Zuständen auf das Stressempfinden von Radfahrenden und Zufußgehenden.

In der Stadt sind folgende Straßenoberflächen zu finden: Asphalt, Pflastersteine und Kopfsteinpflaster. Sie werden in dieser Arbeit analysiert, da sie in der Stadt auftreten und Radfahrende und Zufußgehende sie häufig befahren und begehen. Die Vielfalt der Straßenoberflächen prägt das Stadtbild und beeinflusst das menschliche Stressempfinden. Jede Oberfläche, von ebenen Asphaltstraßen bis hin zu historischem Kopfsteinpflaster, trägt dazu bei, wie die Menschen sich durch die Stadt bewegen und sie wahrnehmen.

Stresssituationen als Zufußgehende oder Radfahrende können durch Straßenoberflächen verursacht werden. Dies wird im Folgendem durch Beobachtungen von Radfahrenden und Zufußgehenden in zwei Untersuchungsgebieten in Karlsruhe, K1 und K2 untersucht, dokumentiert und anschließend ausgewertet. Die entwickelte Methodik für die Untersuchung wird für die Untersuchungsgebiete O1 und O2 in Osnabrück angepasst und dementsprechend angewendet.



ABB. 2: ZUFUSSGEHENDE UND RADFAHRENDE

## EINLEITUNG | MOTIVATION | THEMENFINDUNG

In dieser Forschungsarbeit werden die Auswirkungen von Straßenoberflächen auf das Stresserleben von Radfahrenden und Zufußgehenden in der Stadt untersucht. Dieses Forschungsthema wurde bisher nicht erforscht, weshalb es wenig Vorwissen zum Thema gibt. Die Straßenoberflächen Asphalt, Pflastersteine und Kopfsteinpflaster werden hierzu beobachtet. Schienen und Straßenmarkierungen gehören zur Straßenoberfläche und können auch Stress bei Radfahrenden und Zufußgehenden verursachen, deswegen werden diese zwei Aspekte auch in der Untersuchung miteinbezogen.

### STRASSENOBERFLÄCHEN FÜR RADFAHRENDE

Asphalt und Pflasterung mit kleinen Fugen sind ebene Oberflächen, die angenehm zu befahren sind und eine schnellere Fortbewegung ermöglichen. Kopfsteinpflaster sind uneben und ungleichmäßig, was dazu führen kann, dass Räder hängen bleiben und die Fahrt dadurch verlangsamt wird. Weiterhin stellen Straßenmarkierungen, obwohl sie zur Orientierung beitragen, eine potenzielle Gefahr dar, da sie rutschig sein können und dazu führen, dass Radfahrende ausrutschen oder langsamer fahren.



ABB. 3: RADFAHRENDE UND ZUFUSSGEHENDE

### STRASSENOBERFLÄCHEN FÜR ZUFUSSGEHENDE

Kopfsteinpflaster erzeugen ein historisches Stadtbild, was bei manchen Menschen als gemütlich wahrgenommen werden kann, jedoch können Kopfsteinpflaster Stolperfallen hervorrufen, was beim Begehen der Straßenoberfläche zu stressigen Situationen führen kann.

Sowohl Straßenmarkierungen auf dem Boden als auch Schienen können als rutschig empfunden werden, aber Zufußgehende haben oft bessere Möglichkeiten, ein Ausrutschen zu verhindern.

## ZUSTAND DER STRASSENOBERFLÄCHEN

Alle Arten der zu untersuchenden Straßenoberflächen weisen Mängel in ihrem Zustand auf. Zum Beispiel können bei Asphalt Deformationen, Risse (siehe Abb. 4), Schlaglöcher und durch Wurzeln verursachte Unebenheiten auftreten, die zu Stresssituationen führen können, indem sie die Fahrbahn unregelmäßig machen (Roland Grimm, 2014).

Bei Pflasterung treten abgebrochene Steine und Löcher auf, die zu Stolperfallen führen können, während Kopfsteinpflaster mit Löchern, Rissen, lockeren Steinen und einer ungleichmäßigen Verlegung die Begehbarkeit oder Befahrbarkeit der Straßenoberfläche erschweren können.



ABB. 4: ASPHALT MIT RISSEN

## EIGENSCHAFTEN DER STRASSENOBERFLÄCHEN JE NACH WETTERLAGE

Die Beschaffenheit von Straßenoberflächen variiert in Abhängigkeit von Wetterbedingungen, die zu unterschiedlichen Zuständen der Straßenoberflächen führen.

Wetterbedingungen wie Regen führen zu rutschigen und unsicheren Straßenoberflächen, da sich an manchen Stellen der Straßenoberflächen Pfützen bilden können. Bei trockenem Wetter können manche Oberflächen, Schienen und Straßenmarkierung auch rutschig sein, aber in der Regel sind Straßenmarkierung bei so einem Zustand angenehmer zu befahren oder begehen.

Die verschiedenen Zustände der Oberflächen je nach Wetterlage können das Stressempfinden beim Begehen oder Befahren der unterschiedlichen Straßenoberflächen beeinflussen.

# **FORSCHUNGSFRAGE**

## **WIE BEEINFLUSST DIE STRASSENOBERFLÄCHE DAS STRESSEMPFINDEN DER RADFAHRENDE UND ZUFUSSGEHENDE?**

Der Fokus dieser Forschungsarbeit ist die Untersuchung des Stressempfindens von Zufußgehenden und Radfahrenden in Verbindung mit der Beschaffenheit und Art der Straßenoberfläche. Das Ziel ist herauszufinden, wie und ob unterschiedliche Arten von Straßenoberflächen das Stressempfinden der Zufußgehende und Radfahrende beeinflussen.

Zu diesem Zweck werden drei spezifische Unterfragen formuliert, die sich auf die Präferenzen der Nutzer der Straßenoberflächen bezüglich der Wahl der verschiedenen Straßenoberflächen beim Radfahren oder Gehen beziehen.

## **UNTERFRAGE 1: WELCHE STRASSENOBERFLÄCHE WIRD VON RADFAHRENDEN UND ZUFUSSGEHENDEN BEVORZUGT?**

Manche Straßenoberflächen werden von den Nutzern häufiger benutzt als andere. Die Wahl dieser Oberflächen erfolgt oft intuitiv und unbewusst. Es wird untersucht, welche Faktoren bei dieser Entscheidung eine Rolle spielen und wie sie mit dem Stressempfinden in Verbindung stehen, insbesondere mit dem Versuch, zusätzlichen Stress zu vermeiden. Diese Thematik ist bedeutsam, da Menschen tendenziell versuchen Stresssituationen zu umgehen und stattdessen den komfortabelsten Weg zu wählen.

Herauszufinden ist, welche Art von Straßenoberfläche jeweils von Radfahrenden und Zufußgehenden bevorzugt wird.

## **UNTERFRAGE 2: WELCHER ZUSTAND DER STRASSENOBERFLÄCHE WIRD VON RADFAHRENDE UND ZUFUSSGEHENDEN PRÄFERIERT?**

Der Zustand der Straßenoberflächen spielt eine wesentliche Rolle, da Menschen häufig den angenehmsten Weg wählen. Unter dieser Frage wird untersucht, welche Art von Straßenoberfläche sich im optimalssten Zustand für Zufußgehende und Radfahrende befindet und welcher Zustand bevorzugt wird.

## **UNTERFRAGE 3: GIBT ES WETTERABHÄNGIGE SCHWANKUNGEN BEI DER WAHL DER STRASSENOBERFLÄCHE?**

Die Beurteilung einer Straßenoberfläche als angenehm oder unangenehm kann je nach Wetterbedingung variieren, da sich die Eigenschaften der Straßenoberflächen entsprechend verändern.

Je nach Wetterlage kann die Straßenoberfläche unterschiedliche Eigenschaften annehmen. Dabei können bestimmte Oberflächen bei Regen oder bei trockenem Wetter angenehmer zu befahren oder zu begehen sein als andere. Unter dieser Frage wird untersucht, ob der Aspekt des Wetters bei der schnellen Wahl von der Nutzung einer Straßenoberfläche von Zufußgehenden und Radfahrenden berücksichtigt wird.

# HINTERGRUND | STAND DER FORSCHUNG

## STRASSENOBERFLÄCHEN

Verschiedenen Straßenoberflächen, wie Asphalt, Beton, Pflasterung, Kopfsteinpflaster, Schotter, unterschiedliche Straßenmarkierungen und Schienen bieten eine Vielfalt an Eigenschaften.

Deshalb werden sie für verschiedene Anwendungsbereiche genutzt und beeinflussen, wie gerne Zufußgehende oder Radfahrende diese nutzen.

## EIGENSCHAFTEN

Asphalt bietet eine vielseitig verwendbare, ebene Fahrbahnoberfläche, die nicht nur langlebig ist, sondern auch großen Verkehrsbelastungen und verschiedenen Witterungseinflüssen standhält. Asphalt hat, im Vergleich zu anderen Oberflächen, eine gute Frostbeständigkeit und erzeugt weniger Lärm. Die ebene Oberfläche ermöglicht zudem eine klare Markierung, was die Verkehrssicherheit erhöht.

Beton bietet eine ähnlich gut befahrbare und ebene Oberfläche, die ebenfalls für Markierungen geeignet ist. Betonstraßen sind äußerst belastbar und langlebig. Sie widerstehen hohen Verkehrsbelastungen und weisen eine hohe Beständigkeit gegenüber Verschleiß auf. Darüber hinaus zeigen sie nur geringe Anfälligkeit für Witterungseinflüsse (Oesterheld et.al., 2018).

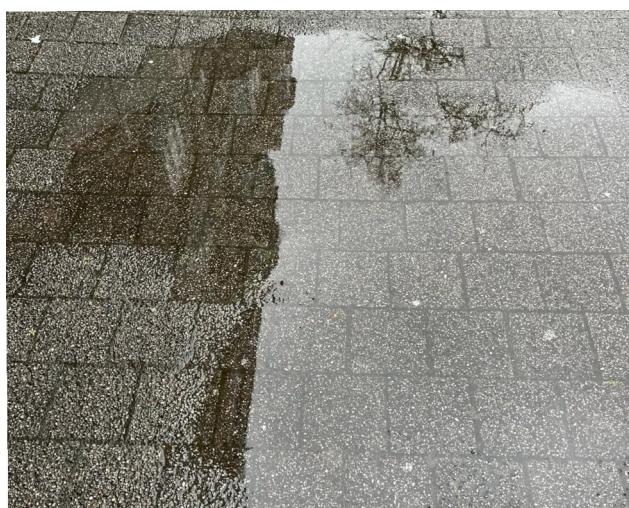


ABB. 5: PFÜTZENBILDUNG

Pflasterung zeichnet sich durch eine raue Oberfläche aus, die eine natürliche Rutschfestigkeit bietet, insbesondere bei nassen Bedingungen. Zudem ermöglichen Pflastersteine eine gute Wasserdurchlässigkeit, was zur Reduzierung von Oberflächenwasser und zur Vermeidung von Pfützenbildung beiträgt. Durch unebene Bebauung können trotzdem Pfützen entstehen (siehe Abb. 5)

Sie sind flexibel und können sich den natürlichen Bewegungen des Bodens anpassen, was sie widerstandsfähig gegen Setzungen macht (o.V, baukobox, 2024).

Kopfsteinpflaster haben eine natürliche Unebenheit und Griffigkeit, welche für Rutschfestigkeit sorgt.

Im Vergleich zu anderen Pflasterungen erscheinen die Steine glatt. Sie sind widerstandsfähig gegen Setzungen und besitzen eine effektive Wasserdurchlässigkeit, so wie andere Pflasterungen. Die Oberfläche des Kopfsteinpflasters ist sehr glatt, was zur Rutschgefahr werden könnte.

Schotterstraßen haben ebenfalls eine gute Wasserdurchlässigkeit und sind widerstandsfähig gegen Setzungen, außerdem sind sie sehr witterungsbeständig.

Straßenmarkierungen dienen der Orientierung, können jedoch insbesondere bei Nässe zu einer erheblichen Rutschgefahr führen.

Schienen können je nach Wetterlage ebenfalls rutschig sein und stellen insbesondere in Längsrichtung eine potenzielle Gefahr mit dem Rad stecken zu bleiben dar.

## ZUSTAND

Straßenbeläge wie Asphalt und Beton sind anfällig für Risse, Schlaglöcher und Setzungen (Roland Grimm, 2014)

Pflastersteine und Kopfsteinpflaster weisen ähnliche Zustände auf, indem Steine brechen oder fehlen, weshalb es zu Unebenheiten kommt (siehe Abb. 6). Zudem können Wurzeln das Pflaster anheben oder einzelne Steine absenken. Bei Kopfsteinpflaster sind lockere Steine besonders häufig zu finden.

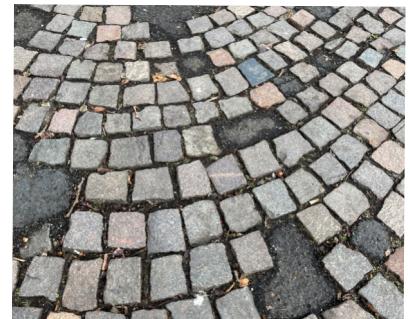


ABB. 6: KOPFSTEINPFLASTER

## ANWENDUNGSBEREICH

Asphalt- und Betonstraßen sind typischerweise an stark befahrenen Straßen zu finden, da sie große Verkehrsbelastungen ausgesetzt werden können. Im Gegensatz dazu bieten Pflastersteine und Kopfsteinpflaster eine Vielzahl von Farben und Formen. Sie fügen sich gut in das lokale Stadtbild und die Architektur einer Stadt ein, weshalb sie häufig in historischen Stadtteilen und Fußgängerzonen verwendet werden und oftmals in Kombination auftreten (o.V., Nullbarriere, 2024).

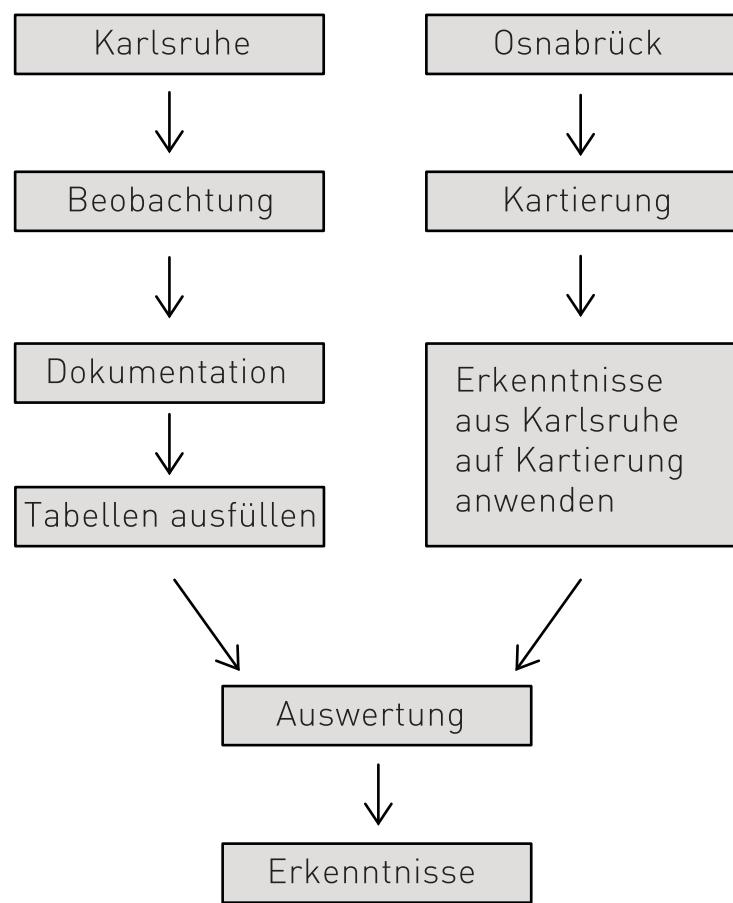


ABB. 7: INNENSTADT KARLSRUHE,  
WALDSTRASSE

# METHODIK

## VORGEHENSWEISE

Um die potenziellen Präferenzen von Radfahrenden und Zufußgehenden in Bezug auf Straßenoberflächen und ihren Zustand zu finden, greift die vorliegende Arbeit auf folgende Methoden zurück. Hierbei werden zunächst die Materialien und der Zustand der Straßenoberflächen anhand verschiedener Faktoren analysiert und dokumentiert. Zudem wird beabsichtigt, die Auswirkungen unterschiedlicher Wetterbedingungen zu erforschen. Die Herangehensweise variiert dabei je nach Standort: In Karlsruhe wird die Gelegenheit genutzt, die zu untersuchenden Gebiete direkt Vorort besuchen zu können. In Osnabrück hingegen wird auf die Fernerkundung zurückgegriffen, weshalb dort verschiedene Methoden zur Analyse dieser Gebiete anwendet werden.



DIAMGRAMM 1

## **METHODIK FÜR KARLSRUHE**

In Karlsruhe gibt es die Möglichkeit einer Vor-Ort-Beobachtung an zwei Untersuchungsgebieten, K1 Ludwigsplatz und K2 Adlerstraße. Dabei wird geplant, die Orte an verschiedenen Tagen und Uhrzeiten sowie unter verschiedenen Wetterbedingungen, bei Regen und bei Sonne zu untersuchen.

Hierbei wird beobachtet, ob Verletzungsgefahren, durch beispielsweise stolpern oder rutschen auftreten können, inwiefern der Zustand der Straßenoberflächen Stresssituationen für Zufußgehende und Radfahrende erzeugen und wo diese auftreten. Zusätzlich werden die Bodenbeläge bei unterschiedlichem Wetter untersucht, um feststellen zu können, ob beispielsweise Pfützen gebildet werden und ob es sonstige Unterschiede gibt.

Um die Beobachtungen systematisch zu erfassen, werden die verschiedenen Faktoren in unterschiedlichen Tabellen dokumentiert (S. Tab. 1-3) und passend zu den Forschungsfragen nach Zustand, bevorzugte Straßenoberfläche und Wetterlage kategorisiert.

## **METHODIK FÜR OSNABRÜCK**

In Osnabrück gibt es keine Gelegenheit, die Beschaffenheit der Straßenoberflächen für Zufußgehende und Fahrradfahrende direkt vor Ort zu prüfen. Deshalb werden die zwei zu untersuchenden Standorte: Bierstraße und Dielingerstraße durch die Nutzung von Apple Karten, Google Maps, Google Earth und OpenStreetMap analysiert.

Mit Hilfe dieser Tools können die verschiedenen Bodenbeläge identifiziert und die Beobachtungen und Erkenntnisse aus Karlsruhe darauf bezogen werden.

**TABELLE 1**

<b>Bevorzugte Straßenoberfläche</b>	Zufußgehende	Radfahrende
Kopfsteinpflaster		
Bepflasterung		
Asphalt		
Markierungen		
Schienen		

**TABELLE 2**

<b>Zustand</b>	gut	mittel	schlecht
Kopfsteinpflaster			
Bepflasterung			
Asphalt			
Markierungen			
Schienen			

**TABELLE 3**

<b>Wetter</b>	Rutschfestigkeit (trockener und nasser Zustand)	Pfützenbildung (nasser Zustand)
Kopfsteinpflaster		
Bepflasterung		
Asphalt		
Markierungen		
Schienen		

## DURCHFÜHRUNG



ABB. 8: PFÜTZENBILDUNG BEI MATERIAL-WECHSEL

Der Zustand der Straßenoberflächen, Eigenschaften dieser bei verschiedenen Wetterlagen und die Präferenzen der Radfahrenden und Zufußgehenden, sowie Unannehmlichkeiten und Verletzungsgefahren wurden an verschiedenen Tagen beobachtet und schriftlich festgehalten. Dazu wurde die Anzahl der Zufußgehende und Radfahrende gezählt und beobachtet bei wie vielen dieser Teilnehmer Unannehmlichkeiten aufgetreten sind.

Anschließend wurden anhand der gesammelten Erkenntnisse die Tabellen, welche bereits bei der Methodik gezeigt wurden, ausgefüllt.

### DURCHFÜHRUNG BEI REGEN

Die Durchführung bei Regenwetter fand am Freitag, den 26.01.2024 statt.

Die Gebiete Ludwigsplatz und Adlerstraße wurden jeweils für eine Stunde beobachtet.

Zunächst wurde von 15.00 Uhr bis 16 Uhr die Adlerstraße und dann von 16:15 Uhr bis 17:15 der Ludwigsplatz beobachtet, analysiert und dokumentiert.



ABB. 9: INNENSTADT KARLSRUHE, WALDSTRASSE , BEI SONNENSCHIN

### DURCHFÜHRUNG BEI SONNE:

Die Durchführung bei sonnigem Wetter fand am Samstag den 24.02.2024 statt.

Wie zuvor, wurden die beiden Gebiete, Ludwigsplatz und Adlerstraße, jeweils für eine Stunde beobachtet.

Zunächst wurde wieder von 15.00 Uhr bis 16 Uhr die Adlerstraße und dann von 16:15 Uhr bis 17:15 der Ludwigsplatz beobachtet, analysiert und dokumentiert.

### DURCHFÜHRUNG FÜR OSNABRÜCK:

Es wurden mithilfe von Apple Karten und Open Street Maps, Kartierungen erstellt, welche zeigen, welche Arten von Straßenoberflächen in verschiedenen Gebieten vorhanden sind.

Auf diese Straßenoberflächen wurden dann die Erkenntnisse aus Karlsruhe bezogen.

## K 1 ANALYSEKARTE

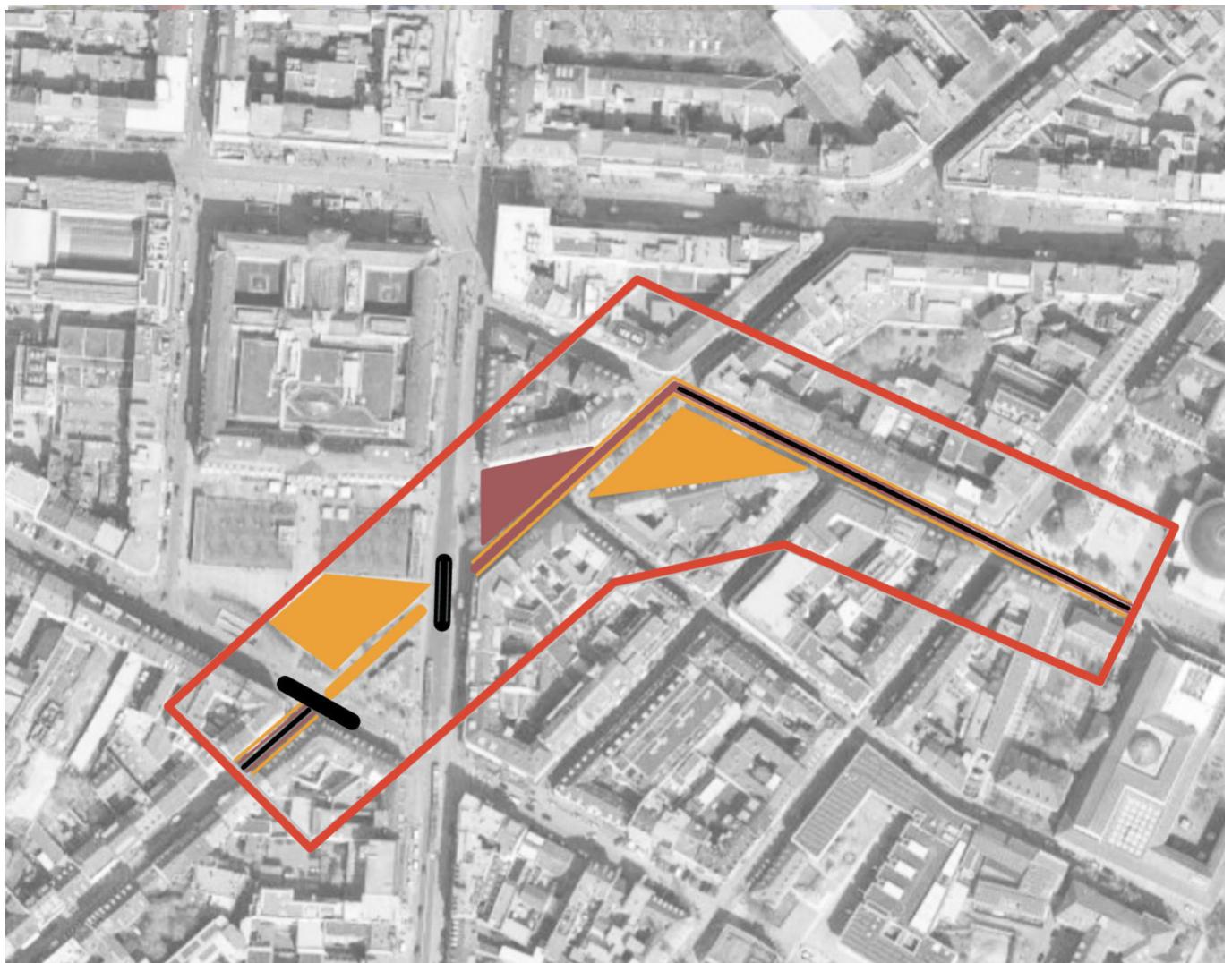


ABB. 10: KARTIERUNG DES LUDWIGSPLATZES

### LEGENDE

■ Kopfsteinpflaster

■ Pflasterung

■ Asphalt

■ Schienen

## **ERKENNTNISSE K1**

Freitag, 26.01. 2024, 16:15 Uhr bis 17:15 Uhr :

Am Ludwigsplatz wurden innerhalb einer Stunde 94 Radfahrende und 121 Zufußgehende gesichtet.

Von den 94 Radfahrenden sind insgesamt acht, die bremsen mussten und sind auf Kopfsteinpflaster leicht gerutscht.

Außerdem wurde beobachtet, dass sechs Radfahrende vor den Schienen abgestiegen sind und ihr Fahrrad geschoben haben. Davon haben zwei Radfahrende auch nach den Schienen, im Bereich des Kopfsteinpflasters, ihr Fahrrad geschoben und sind erst wieder im Bereich von Asphalt mit dem Fahrrad weitergefahren.

Die Zufußgehenden sind mit verschiedenen Herausforderungen konfrontiert worden. Lockere Steine auf dem Kopfsteinpflaster stellen eine potenzielle Stolperfalle dar, so dass beobachtet werden konnte, wie zwei Zufußgehende gestolpert sind.

Insbesondere in Bereichen mit Straßenbahnschienen wurde beobachtet, dass manche Zufußgehenden bewusst versuchen, zwischen den Schienen zu gehen, anstatt auf ihnen zu laufen.

Insbesondere bei körperlich eingeschränkten Menschen konnten Unannehmlichkeiten bei Erhöhungen von Straßenoberflächen festgestellt werden, beispielsweise bei Kopfsteinpflastern und Schienen.

Samstag 24.02.2024, 16:15 Uhr bis 17:15 Uhr:

Am Ludwigsplatz wurden innerhalb einer Stunde 233 Radfahrende und 302 Zufußgehende gesichtet.

Bei den Radfahrenden konnten keine genauen Unannehmlichkeiten beobachtet werden.

Die Zufußgehenden wurden wie zuvor mit lockeren Kopfsteinpflastern und Unebenheiten konfrontiert, weshalb sich beobachten lies, dass vier Zufußgehende gestolpert sind.

## K 2 ANALYSEKARTE



ABB. 11: KARTIERUNG DER ADLERSTRASSE

### LEGENDE

■ Kopfsteinpflaster

■ Pflasterung

■ Asphalt

■ Schienen

## **ERKENNTNISSE K2**

Freitag, 26.01. 2024, 15:00 Uhr bis 16:00 Uhr :

An der Adlerstraße wurden, innerhalb einer Stunde 64 Radfahrende und 67 Zufußgehende gesichtet.

In dem Gebiet bevorzugten die Radfahrenden oft Bepflasterung gegenüber Kopfsteinpflaster, eine bewusste Wahl, um das Risiko des Rutschens zu verringern, dabei wechselten acht Radfahrende ihre Straßenposition, um weiterhin auf Bepflasterung zu fahren.

Einige Radfahrende haben die Erfahrung gemacht, dass bei nasser Fahrbahn das Rad den Kontakt mit der Fahrbahn verliert und auf dem Wasser gleitet, auch bekannt als Aquaplaning, was zu gefährlichen Situationen führen kann.

Die Zufußgehenden sind hier verschont geblieben.

Samstag 24.02. 2024, 15:00 Uhr bis 16:00 Uhr:

An der Adlerstraße wurden innerhalb einer Stunde 139 Radfahrende und 148 Zufußgehende gesichtet.

Von den hier beobachteten 139 Radfahrenden sind alle bis auf einen Radfahrenden, der über einen zu hohen Kopfsteinpflaster gefahren und gestürzt ist, unversehrt geblieben.

Die Zufußgehenden sind diesmal unversehrt geblieben.

## 01 ANALYSEKARTE

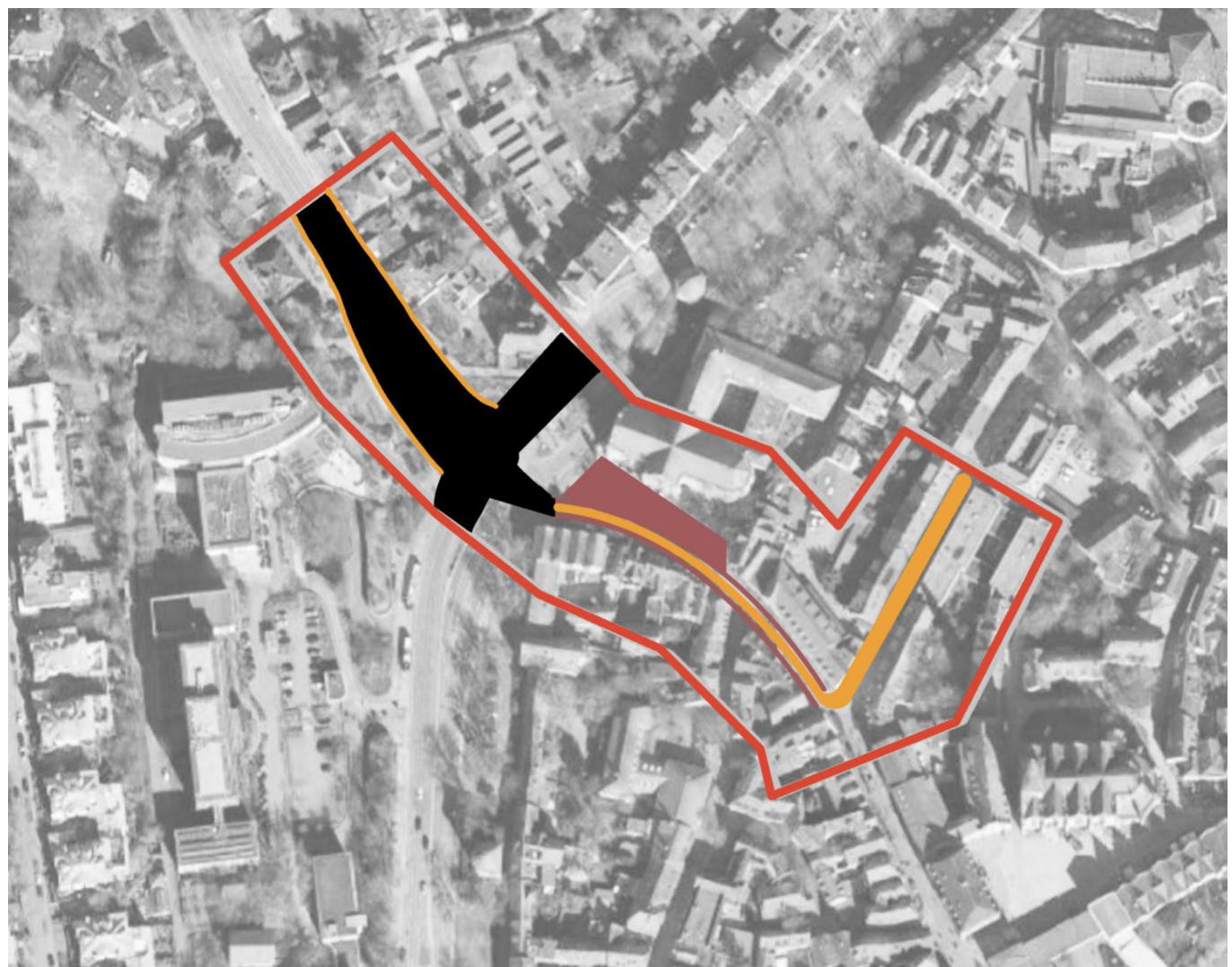


ABB. 12: KARTIERUNG VON DER BIERSTRASSE

### LEGENDE

■ Kopfsteinpflaster

■ Pflasterung

■ Asphalt

■ Schienen

## **ERKENNTNISSE 01**

Aus der Kartierung heraus wird sichtbar, dass die Straßenoberflächen hauptsächlich aus Asphalt und Bepflasterung bestehen und einzelne Plätze mit Kopfsteinpflaster gestaltet wurden.

Von den Erkenntnissen aus Karlsruhe ist zu entnehmen, dass es keine großartigen Komplikationen mit den Straßenoberflächen Asphalt und Bepflasterung gab, weshalb man davon ausgehen kann, dass diese Straßen, sofern sie in gutem Zustand sind, gut zu belauen und befahren sind.

Anders könnte es möglicherweise an den Plätzen mit Kopfsteinpflaster aussehen, hier könnten wie bereits in Karlsruhe gesehen, Stolperfallen entstehen. Zum einen durch die natürliche Unebenheiten des Kopfsteinpflasters, aber auch durch schlechten Zustand.

Bei Regen und Sonnenschein gibt es keine großen Unterschiede außer, dass die Plätze, die mit Kopfsteinpflaster gestaltet sind, etwas rutschiger sein könnten und es durch schlechte Zustände zu Pfützenbildung bei Regen kommen kann.

## O 2 ANALYSEKARTE

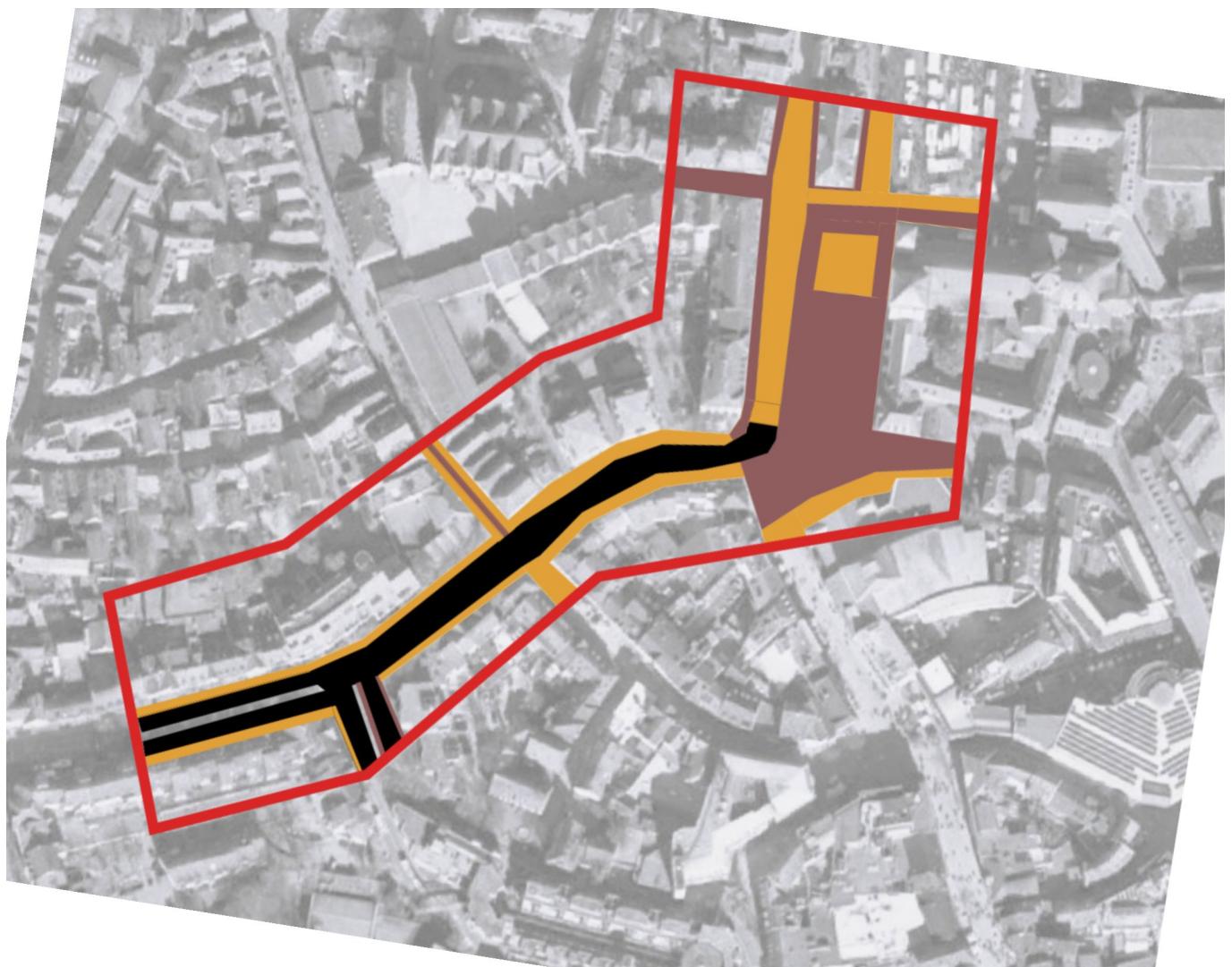


ABB. 13: KARTIERUNG VON DER DIELINGERSTRASSE

### LEGENDE

■ Kopfsteinpflaster

■ Pflasterung

■ Asphalt

■ Schienen

## **ERKENNTNISSE 02**

Die Straßenoberflächen der Dielingerstraße bestehen, wie aus der Kartierung sichtbar, größtenteils wieder aus Asphalt und Bepflasterung und nur an vereinzelten Plätzen und Gehwegen aus Kopfsteinpflaster.

Auch hier lässt sich anhand der Erkenntnisse aus Karlsruhe, wieder darauf schließen, dass die Straßen sowohl für Zufußgehende als auch für Radfahrende keine großen Unannehmlichkeiten hervorbringen, sofern ein guter Zustand der Straßenoberflächen vorhanden ist.

Die Gehwege und Plätze aus Kopfsteinpflaster könnten durch ihre Unebenheiten und gegebenenfalls schlechten Zuständen, zu Stolperfällen für Zufußgehende führen.

Bei Regen und Sonnenschein gibt es auch hier keine großen Unterschiede außer, dass die Plätze und Bürgersteige, welche mit Kopfsteinpflaster gestaltet sind, etwas rutschiger sein könnten und es durch schlechte Zustände zu Pfützenbildungen bei Regen kommen könnte.

## **ERKENNTNISSE**

Die Ergebnisse der vorliegenden Forschungsarbeit deuten darauf hin, dass die Beschaffenheit der Straßenoberfläche einen Einfluss auf das Stressempfinden von Radfahrenden und Zufußgehenden hat.

Die Forschungsfrage „Wie beeinflusst die Straßenoberfläche das Stressempfinden der Radfahrende und Zufußgehende?“ kann durch die Untersuchung verschiedener Zustände (schlecht, mittel, gut, oder wetterbedingt) und Material der Straßenoberflächen beantwortet werden. Es zeigt sich, dass je nach Parameter das Stressempfinden der Radfahrende und Zufußgehende unterschiedlich beeinflusst wird.

Für jede Unterfrage der Forschungsfrage wurde eine Tabelle erstellt, in der Erkenntnisse dokumentiert wurden.

Die erste Tabelle zeigt die von Zufußgehenden und Radfahrenden bevorzugten Straßenoberflächen, die zweite beschreibt den Zustand der verschiedenen analysierten Straßenoberflächen und die dritte Tabelle beschreibt die Rutschfestigkeit, sowohl bei trockenem als auch bei nassem Wetter und die Pfützenbildung bei regnerischem Wetter.

Die erste Unterfrage „Welche Straßenoberfläche wird von Radfahrenden und Zufußgehenden bevorzugt?“ wird in der Tabelle 1 beantwortet, sowohl Zufußgehende als auch Radfahrende bevorzugen nach den Beobachtungen Beplasterung und Asphalt.

Die zweite Unterfrage „Welcher Zustand der Straßenoberfläche wird von Radfahrenden und Zufußgehenden präferiert?“ lässt sich mit der Tabelle 2 beantworten und daraus kann man schlussfolgern, dass der gute Zustand bei allen Straßenoberflächen bevorzugt wird.

Infolgedessen lässt sich ableiten, dass je schlechter der Zustand der Straßenoberfläche ist, desto mehr Stress wird bei Radfahrenden und Zufußgehenden verursacht.

Die dritte Unterfrage „Gibt es wetterabhängige Schwankungen bei der Wahl der Straßenoberfläche?“ wird in der dritten Tabelle beantwortet. Bei nassem (Regen, Schnee) und bei trockenem Wetter (Sonne, bewölkt) sind manche Straßenoberflächen rutschiger als andere und bei manchen bilden sich mehr Pfützen bei Regen. Pfützen auf Straßen werden hauptsächlich an den Übergängen von einer Straßenoberfläche zu einer anderen gebildet und an Unebenheiten der Fahrbahn. Sowohl Zufußgehende als auch Radfahrende versuchen Pfützen zu umgehen, um Unfälle zu vermeiden. Bei Regen vermeiden Radfahrende große Straßenmarkierungen, da sie rutschig werden können.

**TABELLE 1**

<b>Bevorzugte Straßenoberfläche</b>	Zufußgehende	Radfahrende
Kopfsteinpflaster		
Bepflasterung	x	x
Asphalt	x	x
Markierungen		
Schienen		

**TABELLE 2**

<b>Zustand</b>	gut (bei allen Straßenoberflächen bevorzugt)	mittel	schlecht
Kopfsteinpflaster		Viele Unebenheiten, ein paar lockere Steine	
Bepflasterung	meistens gut mit wenigen Unebenheiten		
Asphalt		Viele Risse, die die Fahrbahn uneben machen	
Markierungen		Teilweise schwierig zu erkennen	
Schienen	Ohne Beschädigungen		

**TABELLE 3**

<b>Wetter</b>	Rutschfestigkeit (Trockener und nasser Zustand)	Pfützenbildung (Nasser Zustand)
Kopfsteinpflaster	Nicht rutschfest, da glatte Oberfläche	Sehr häufig, da uneben
Bepflasterung	Rutschfest, da raue Oberfläche	Häufig, da uneben
Asphalt	Rutschfest, da raue Oberfläche	tritt selten auf
Markierungen	Nicht rutschfest	Nicht vorhanden
Schienen	Nicht rutschfest, da glatte Oberfläche	Nicht vorhanden

Die verwendete Methodik basiert auf der Vorort Beobachtung und Dokumentation. Es gibt Verbesserungspotential, um auf präzisere Ergebnisse kommen zu können, da Beobachtungen ungenau sein können. Um die Methodik zu verbessern, könnte eine Umfrage an Zufußgehende und Radfahrende stattfinden, um das persönliche Empfinden dieser in einer Statistik auswerten zu können. Eine Stressmessung mit einem Stressmessgerät wäre eine weitere Möglichkeit die Methode genauer zu machen, um Daten sammeln zu können und auf genauere Ergebnisse zu kommen. Nur mit Beobachtungen zu arbeiten ist schwer und es braucht noch eine Methode, um plausible Ergebnisse herauszubekommen.

Um genauere Ergebnisse bezüglich der unterschiedlichen Wettersituationen und ihr Einfluss auf die Straßenoberflächen zu bekommen, könnte man die verschiedenen Methoden auf einen längeren Zeitraum anwenden, um jahreszeitliche Schwankungen sehen zu können.

Es gibt eine Forschungslücke bei dem behandelten Thema dieser Forschungsarbeit, was die eigene Forschung erschwert. Es ist keine Literatur dazu zu finden und im Internet gibt es wenig Informationen zu diesem Thema, da es bisher nicht erforscht wurde und es keine Forschungsarbeiten oder Analysen dazu gibt.

Zusammenfassend kann die verwendete Methode der Beobachtung verbessert werden, indem sie durch andere Techniken ergänzt wird, sowie mit einer Umfrage und einer Stressmessung mit Stressmessgerät, um mehr Daten sammeln zu können, die ausgewertet werden können und die Forschungsfragen präziser beantworten.



## **LITERATURVERZEICHNIS**

Grimm, R. (2014). Typische Straßenschäden und ihre Ursachen. <https://www.baustoffwissen.de/typische-strassenschaeden-und-ihre-ursachen-31102023> (Zugriff am 07.01 2024)

Oesterheld et.al. (2018). Beton für Straßendecken. <https://www.beton.org> (Zugriff am 05.01 2024)

O.V.. Bodenbelag für Jedermann. <https://nullbarriere.de/bodenbelag.htm> (Zugriff am 10.01 2014)

O.V.. Pflasterbeläge. <https://baukobox.de> (Zugriff am 05.01 2024)

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abb. 1: Straßenoberflächen, Eigene Fotografie, 2023

Abb. 2: Zufußgehende und Radfahrende, Eigene Fotografie, 2023

Abb. 3: Radfahrende und Zufußgehende bei Schnee, Eigene Fotografie, 2023

Abb. 4: Asphalt mit Rissen, Eigene Fotografie, 2023

Abb. 5: Pfützenbildung, Eigene Fotografie, 2023

Abb. 6: Kopfsteinpflaster, Eigene Fotografie, 2023

Abb. 7: Innenstadt Karlsruhe, Waldstraße, Eigene Fotografie, 2023

Abb. 8: Pfützenbildung bei Materialwechsel, Eigene Fotografie, 2024

Abb. 9: Innenstadt Karlsruhe, Waldstraße, bei Sonnenschein, Eigene Fotografie, 2024

Abb. 10: Kartierung des Ludwigsplatzes, Karlsruhe, Google Maps, 2023

Abb. 11: Kartierung der Adlerstraße, Karlsruhe, Google Maps, 2023

Abb. 12: Kartierung der Bierstraße, Karlsruhe, Google Maps, 2023

Abb. 13: Kartierung der Dielingerstraße, Karlsruhe Google Maps, 2023

Zähringerstr.  
112-80

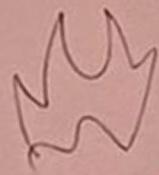
P-

gebührenfrei  
mit Parkschei-  
werktag 8-

DEFEND  
Kurdistan

MUSLIM

BBB  
KOS



SOPARKEN

**ROBIN BENTRUP**  
**MARIO PITSCHEMANN**  
**LISA PODKALICKI**

## **WILDPARKEN VON FAHRRÄDERN UND E-SCOOTERN**

Das Phänomen des sogenannten Wildparkens von Fahrrädern und E-Scooter, stellt ein zunehmendes Problem im städtischen Kontext dar. Es führt vor allem zur Beeinträchtigung der aktiven Mobilitätsteilnehmenden, sowie dessen Sicherheit und dem allgemeinen Bild einer Stadt. Die folgende Forschungsarbeit untersucht vor allem die Korrelation zwischen der Stresswahrnehmung und dem Wildparken von Fahrrädern und E-Scootern. Dies wird insbesondere in Verbindung mit dem zunehmenden Einsatz von Mikromobilität und der begrenzten Parkinfrastruktur betrachtet. Durch eine allgemeine Umfrage, sowie Beobachtungen und Kartierungen in Osnabrück und Karlsruhe wird untersucht, an welchen Orten und unter welchen Rahmenparametern, Objekte wild geparkt werden. Hierbei wird vor allem das Verhalten der aktiven Verkehrsteilnehmer\*innen und die Auswirkung wild geparkerter Objekte im urbanen Raum analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass Wildparken in vielen Fällen einen Auslöser für Stress im Straßenraum darstellt. Gleichzeitig wird der erhebliche Bedarf von angemessenen Parkmöglichkeiten für Fahrräder und E-Scooter ausgemacht. Die Untersuchungen identifizieren gängige Objekte, die für das Wildparken bevorzugt werden und stellt fest, dass unterschiedliche Wahrnehmungen basierend auf der Positionierung der geparkten Objekte bestehen. Während ein visuelles Durcheinander durch wild geparkte Objekte keinen direkten Stress auslöst, geschieht dies jedoch durch die Behinderung von Bewegungsräumen. Die Forschungsansätze sollen besonders die Bedeutung des Wildparkens als potentiellen Stressfaktor im städtischen Raum aufzeigen und einen kurzen Ausblick zum künftigen Vorgehen angeben.

## EINLEITUNG | MOTIVATION | THEMENFINDUNG

Das Wildparken von Fahrrädern und E-Scootern stellt ein zunehmendes Problem im städtischen Kontext dar [FUSS e.V., k.A.]. Eigene Beobachtungen haben gezeigt, dass Fahrräder und E-Scooter oftmals an Orten abgestellt werden, die nicht für Parkzwecke vorgesehen sind (Abb. 2). Dies kann in vielen Fällen zu Beeinträchtigungen des Fußgänger- und Radverkehrs, sowie Sicherheitsrisiken und der Verschlechterung des Stadtbildes führen. Der Zuwachs im Bereich Mikromobilität, führt demnach zu neuen Herausforderungen im Umgang mit urbanen Flächen und städtischen Räumen. Zu wenig Abstellmöglichkeiten [Remien A. 2019] führen dazu, dass mehr Fahrräder und vor allem E-Scooter zwangsläufig wildgeparkt werden müssen.

Die Thematik der Wirkung des Wildparkens auf aktive Verkehrsteilnehmende ist bisher wenig erforscht. Doch vor allem aufgrund des zunehmenden Aufkommens von Sharing-Plattformen für E-Scooter und Leihräder hat das Phänomen stark zugenommen [Pfalzgraf M. 2017].

Zu Beginn des Semesters wurden zunächst allgemeine Recherchen und Untersuchungen zur Thematik möglicher Stressfaktoren innerhalb der Stadt angestellt. Hierbei lag der Fokus zunächst auf den unterschiedlichen Stadtmobiliaren wie Schildern, Laternen, Pollern, Bänken und weiterem. In einer ersten These wurde aus eigenen Beobachtungen angenommen, dass diese die individuelle Wahrnehmung des Bewegungsraumes von Zufußgehenden und Radfahrenden beeinflussen können. Weitere Betrachtungen haben jedoch gezeigt, dass besonders wild geparkte Fahrräder (Abb. 3) und E-Scooter, auf die zuvor genannte Wahrnehmungen Einfluss nehmen können. Aus diesen Beobachtungen entstand die Fragestellung nach dem Zusammenhang von Stress und wild abgestellten Fahrrädern und E-Scootern.

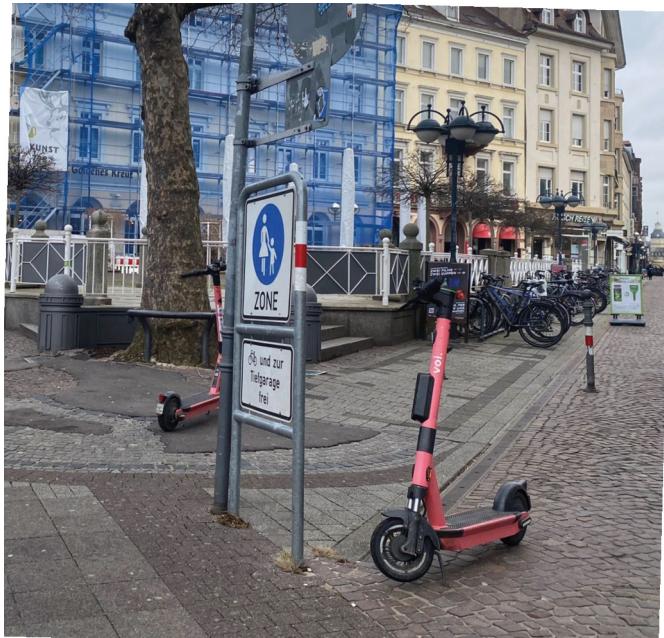


ABB. 2: WILD PARKENDE E-SCOOTER, BEGINN FUSSGÄNGERZONE

Aufgrund der potenziellen Einflussnahme auf die Stresswahrnehmung, ergibt sich in diesem Zusammenhang die Signifikanz für zukünftige stadtplanerische Prinzipien. Diese ersten Erkenntnisse stellten die Motivation dar, das Wildparken von Fahrrädern und E-Scootern als Kernthema während des Semesters näher zu

untersuchen. Ziel der Forschung ist es, einen weiteren Stressfaktor im urbanen Raum auszumachen und erste Ergebnisse darzulegen.

Anhand der Fallbeispiele Osnabrück und Karlsruhe wird aufgezeigt, wo es zum Wildparken kommt und welche Rahmenparameter das dieses begünstigen. Vor allem die aktuelle Medienpräsenz von E-Scootern [Wirth G., 2023] gibt Grund zum Anlass, auch das individuelle Verhalten der Nutzer\*innen zu analysieren und in der Erkenntnisgewinnung mit einzubeziehen. Hierbei soll die Einflussnahme wildparkender Objekte auf die Bewegungslinie von Passant\*innen beobachtet werden. Anhand einer allgemeinen Umfrage, sowie eigenen Beobachtungen und Kartierungen innerhalb der Fallstudien, werden sowohl messbare Daten als auch nichtmessbare Eindrücke gesammelt werden. Hierbei wird beides zur Argumentation in der Beantwortung der Leitfrage herangezogen. Aufgrund der fehlenden Zugänglichkeit in Osnabrück, sind nur differenzierte Herangehensweisen gegenüber Karlsruhe möglich.

Im Verlauf dieser Arbeit werden unterschiedliche Methoden angewandt, um das Wildparken als Stressfaktor im urbanen Raum nachzuweisen. Zu Beginn werden im theoretischen Teil recherchierte Grundlagen zum Forschungsstand und der gesetzlichen Lage dargestellt. Im Anschluss wird der empirische Teil der Arbeit in Form von einer allgemeinen Umfrage, eigenen Beobachtungen und Kartierungen der Fallstudien untersucht. Es wird gezeigt, welches Stadtmobilien das Wildparken begünstigt, ob es die Lauflinie von aktiven Verkehrsteilnehmenden beeinflusst und an welchen Orten, welche Parameter dieses Phänomen begünstigen. Die Ergebnisse aus den einzelnen Methodiken und Fallbeispielen werden zusammengefasst.

Anschließend werden in einer vergleichenden Betrachtung alle Erkenntnisse der zuvor angestellten Untersuchungen miteinander verglichen und allgemeine Ergebnisse herausgearbeitet.



ABB. 3: WILD PARKENDE FAHRRÄDER, ERBPRINZENSTRASSE, KARLSRUHE

# FORSCHUNGSFRAGE

## **WIE WIRKT SICH DAS WILDPARKEN VON FAHRRÄDERN UND E-SCOOTERN AUF DIE STRESSWAHRNEHMUNG VON AKTIVEN MOBILITÄTSTEILNEHMENDEN AUS?**

Die Hauptfrage beschäftigt sich mit der Hypothese, dass wild parkende Fahrräder und E-Scooter ein Stressfaktor für aktive Mobilitätsteilnehmenden sein kann. Im Folgenden wird der Beantwortung dieser Frage nachgegangen und versucht, Methoden in diesem Kontext zu entwickeln. Hierzu muss jedoch zunächst die Begrifflichkeit des Wildparkens definiert werden. Diese wurde auf Basis vorangegangener Recherchen wie folgt definiert:

„Man spricht von einem sogenannten „Wildparken“, wenn Fahrräder (oder E-Scooter) im öffentlichen Raum an nicht dafür vorgesehenen Plätzen - wie zum Beispiel Fahrradständern oder Fahrradparkplätzen – abgestellt werden und somit einen Störfaktor in jeglicher Hinsicht darstellen.“ (Eigene Definition, 2024)

Auch bei der Begrifflichkeit eines aktiven Mobilitätsteilnehmers muss beachtet werden, dass dies ausschließlich Zufußgehende und Radfahrende meint und Autofahrende in diesem Zusammenhang ausschließt.

Die Fragestellung zielt darauf hinaus, sich im Zuge des Seminars mit dem Stressfaktor “Wildparken” im Kontext von aktiven Verkehrsteilnehmenden auseinander zu setzen. Um Thesen in der Beantwortung der Forschungsfrage aufzustellen zu können, sollen als Hilfestellung kleine Unterfragen formuliert werden. Diese fungieren als Leitfaden und geben die thematischen Richtungen an, mit denen sich im späteren Verlauf der Forschungsarbeit unterstützend befasst werden soll.

## **FÜHRT WILDPARKEN ZUM VERLASSEN DER BEWEGUNGSLINIE VON AKTIVEN MOBILITÄTSTEILNEHMENDE?**

Vorerst gilt es den Fokus auf die Mobilitätsteilnehmenden selbst zu legen. Hierbei soll untersucht werden, inwiefern wild geparkte Objekte die Routine beim Laufen oder Rad fahren aktiv verändern können. Es gilt also herauszufinden, bis zu welchem Grad wild geparkte Fahrräder oder E-Scooter als Hindernis wahrgenommen werden. Gleichzeitig soll beobachtet werden, in welchem Umfang Lage und Modell des wildgeparkten Objektes darauf einen Einfluss haben können.

## **WELCHES STADTMOBILIAR BEGÜNSTIGT DAS WILDPARKEN?**

Die städtische Infrastruktur kann unter gezielten Betrachtungen ein wesentlicher Faktor im Zusammenhang mit Wildparken sein. Erste Beobachtungen haben gezeigt, dass besonders festes Stadtmobilier wie Straßenschilder, Sitzgelegenheiten, Poller, Zäune oder Bäume als Abstellmöglichkeiten für Fahrräder oder E-Scooter selbstverständlich genutzt werden. Um herauszufinden, ob sich Wildparken tatsächlich auf die Stresswahrnehmung im Straßenraum auswirkt, soll in einer Unterfrage nachgegangen werden, welches Stadtmobilier das Wildparken überhaupt begünstigt und warum. In diesem Zusammenhang werden bereits bestehende Abstellmöglichkeiten aufgegriffen und thematisiert. Hierbei stellt sich unter anderem die Frage, welche Rolle die Bereitstellung von ausreichend und gut platzierten Abstellmöglichkeiten spielt.

## **AN WELCHEN ORTEN TRITT WILDPARKEN VERMEHRT AUF UND WELCHE RAHMENPARAMETER BEGÜNSTIGEN DIESES PHÄNOMEN?**

Neben den städtischen Infrastrukturen ist weiterhin interessant, an welchen Orten das Wildparken im Straßenraum vermehrt auftritt. Hierbei spielt besonders die Platzierung der Transportmittel im Straßenraum eine Rolle. Bei der Positionierung der Fahrräder und E-Scooter ist hierbei zu klären, ob die Gründe für das Wildparken in bestimmten Fällen ortsgebunden oder abhängig von bestimmten Gegebenheiten sind. Diesbezüglich gilt es ebenso Nutzungen in den Erdgeschosszonen oder bei Gelegenheit auch Veranstaltungen in die Untersuchungen miteinzubeziehen. Auch vorhandene und nicht vorhandene Parkmöglichkeiten werden hierzu untersucht. Die Frage zielt darauf aus, bestimmte Anlässe für das Wildparken an verschiedenen Orten zu ergründen.

# HINTERGRUND | STAND DER FORSCHUNG

## WILDPARKEN IN DER FORSCHUNG

Der Begriff des sogenannten Wildparkens ist kein gängiger wissenschaftlicher Ausdruck. Vielmehr scheint das Wildparken im umgangssprachlichen Gebrauch vorgefunden zu werden. Auf Grund dessen wurde eine eigene Begriffsdefinition erarbeitet, die gleichzeitig den Untersuchungsrahmen genauer definiert (siehe S. 6).

In einer Vielzahl von Studien und Leitfäden des ADFC's (bspw. Abb. 4) oder durch den Staat geförderten kommunalen Projekte (Abb. 5), finden sich ganze Maßnahmenkataloge, die sich vor allem mit der Frage einer erfolgreichen Umsetzung des Fahrradparkens auseinandersetzen. Hierbei werden sowohl bauliche- als auch rechtliche Grundlagen thematisiert und präzise Bedarfsanalysen durchgeführt.

Die Hintergründe der betrachteten Forschungsstände behandeln vielmehr den ästhetischen Wert, die visuelle-, wie auch funktionale Attraktivität der aktuellen Abstellmöglichkeiten von Fahrrädern. Aus unterschiedlichsten Bedarfsanalysen werden Lösungsansätze für das Fahrradparken herauskristallisiert, deren optimale Umsetzung oftmals Ziel der Forschung zu sein scheint.

In einem Großteil der Leitfäden ist während der Untersuchung aufgefallen, dass in vielen Fällen nur kurz auf den Missstand falsch parkender Fahrräder aufmerksam gemacht wird (siehe bspw. BMDV, 2023. Stadt Bayreuth, 2016). Hierbei ist weniger definiert, worin dieser Missstand liegt und welche Auswirkungen er haben kann. Mit diesem Fokus wurde sich im Laufe der eigenen Forschungen und Recherchen näher beschäftigt. In diesem Kontext sollen auch Sharing-Systeme und Leih-Fahrräder als weiterer Parameter miteinbezogen werden.

In einer weiteren Betrachtung ist aufgefallen, dass trotz der Aktualität der Thematik, vor allem E-Scooter in vielen der Leitbilder nicht aufgeführt werden. Jedoch ist deutlich festzustellen, dass durch die Einführung dieser, im Jahr 2019 (Gürleyen, 2021), ein weiteres Transportmittel hinzugekommen ist, welches das Aufkommen von wild geparkten Objekten weiter erhöht. Vor allem zahlreiche Zeitungsartikel (Abb. 6, Abb. 7) bilden eine erste Grundlage in den eigenen Untersuchungen. In diesem Zusammenhang sind zur Thematik wild parkender E-Scooter keine Ergebnisse vorzufinden und werden aufgrund der Aktualität, ebenso in den eigenen Forschungen miteinbezogen. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Vermutung besteht, in naher Zukunft weitere Forschungen in diesem Bereich und gegebenenfalls erste Ergebnisse und Maßnahmen zu erwarten sind.

ADFC - Dossier  
Leitfaden für Kommunen und Aktive



FAHRRÄDER ABSTELLEN – ZU HAUSE UND IM ÖFFENTLICHEN RAUM  
ABB. 4: LEITFÄDEN (ADFC, 2020)



ABB. 5: LEITFÄDEN (BMDV, 2023)

## **GESETZLICHE GRUNDLAGEN**

Vorab ist anzumerken, dass die Thematik des Wildparkens durch eine eher allgemein gehaltene Gesetzeslage nur oberflächlich behandelt werden kann. Nur gelegentlich finden sich Verordnungstexte auf kommunaler Ebene, die beispielsweise bestimmte Zonierungen für das Abstellen von E-Scootern definieren oder Gesetzestexte, die in diesem Zusammenhang individuell interpretiert werden können. Im Folgenden werden die gesetzlichen Umstände näher beschrieben.

In der Straßenverkehrsordnung (StVO) wird das Fahrrad als Fahrzeug beschrieben und hat demnach im Straßenverkehr ähnliche Rechte wie z.B. Autos. In § 32 Abs. 1 StVO wird geregelt, dass auch Fahrräder auf ausgewiesenen Parkflächen, sowie am rechten Straßenrand geparkt werden dürfen. Allerdings muss darauf geachtet werden, dass platzsparend geparkt wird und somit ein PKW-Stellplatz durch mehrere Fahrräder genutzt werden kann (Bundesamt für Justiz, 2013). Auf öffentlichen Flächen, Gehwegen, an Straßenmobiliar und in Fußgängerzonen, gibt es kein allgemeines Parkverbot für Fahrräder. Dies wurde 2004 durch ein Urteil des Bundesverwaltungsgerichts bestätigt, da es für ein Parkverbot keine Rechtsgrundlage gibt und das Fahrrad als Gemeingebrauch gilt. Jedoch muss darauf geachtet werden, dass abgestellte Fahrräder keine Personen behindern, platzsparend geparkt und sämtliche Eingänge und Zufahrten freigehalten werden. Zudem können u.A. Schaufenster durch private Schilder vor abgestellten Fahrrädern geschützt werden. Außerdem dürfen Fahrräder nicht dauerhaft im öffentlichen Raum abgestellt werden (Mobilitätsmagazin, 2023). Um eine Anhäufung von Fahrrädern im öffentlichen Raum zu vermeiden, gibt es Bauvorschriften zum Errichten von Fahrradabstellmöglichkeiten im privaten Bereich. Diese werden jeweils durch die Länder geregelt. Nach § 37 Abs. 2 LBO für Baden-Württemberg müssen gut erreichbare Fahrradstellplätze geschaffen werden, wenn Radverkehr zu erwarten ist (Land Baden-Württemberg, 2019).

E-Scooter sind Elektro-Kleinbefahrzeuge und haben nach § 9-15 eKFV trotzdem die gleichen Rechte und Vorschriften im Straßenverkehr wie Fahrräder (Bundesamt für Justiz, 2019). Oftmals gibt es aber zwischen den Anbietern von Leih-E-Scootern und Kommunen Vereinbarungen, die gewisse Regelungen zur Nutzung im öffentlichen Raum vorsehen. Diese sind allerdings nicht verpflichtend. Hierbei wird z.B. geregelt, dass die E-Scooter nur in ausgewiesenen Flächen geparkt werden dürfen oder die Anbieter verpflichtet sind, kaputte oder falsch geparkte E-Scooter einzusammeln (Bussgeldkatalog, 2023).



ABB. 6: SCHLAGZEILE (FAZ, 2022)

### **Wie Bayerns Städte gegen Wildparker von E-Scootern kämpfen**

9. März 2023, 18:51 Uhr | Lesezzeit: 3 min



ABB. 7: SCHLAGZEILE (SZ, 2023)

## METHODIK

In der dargestellten Übersicht (Abb. 8) wird die Herangehensweise zur Beantwortung der vorliegenden Forschungsfrage dargestellt. Hierbei war zu Beginn die intensive Recherche und Auseinandersetzung zum Betreff Stress und später den themenbezogenen Inhalten des Wildparkens essenziell für die weitere Vorgehensweise. Dadurch konnte der eigenen Wissensstand auf das Expertenthema angepasst werden. Im Folgenden werden die unterschiedlich angewandten Methoden kurz aufgegriffen und erklärt. Dabei werden Erwartungen genannt und Problematiken, sowie Vorteile definiert:

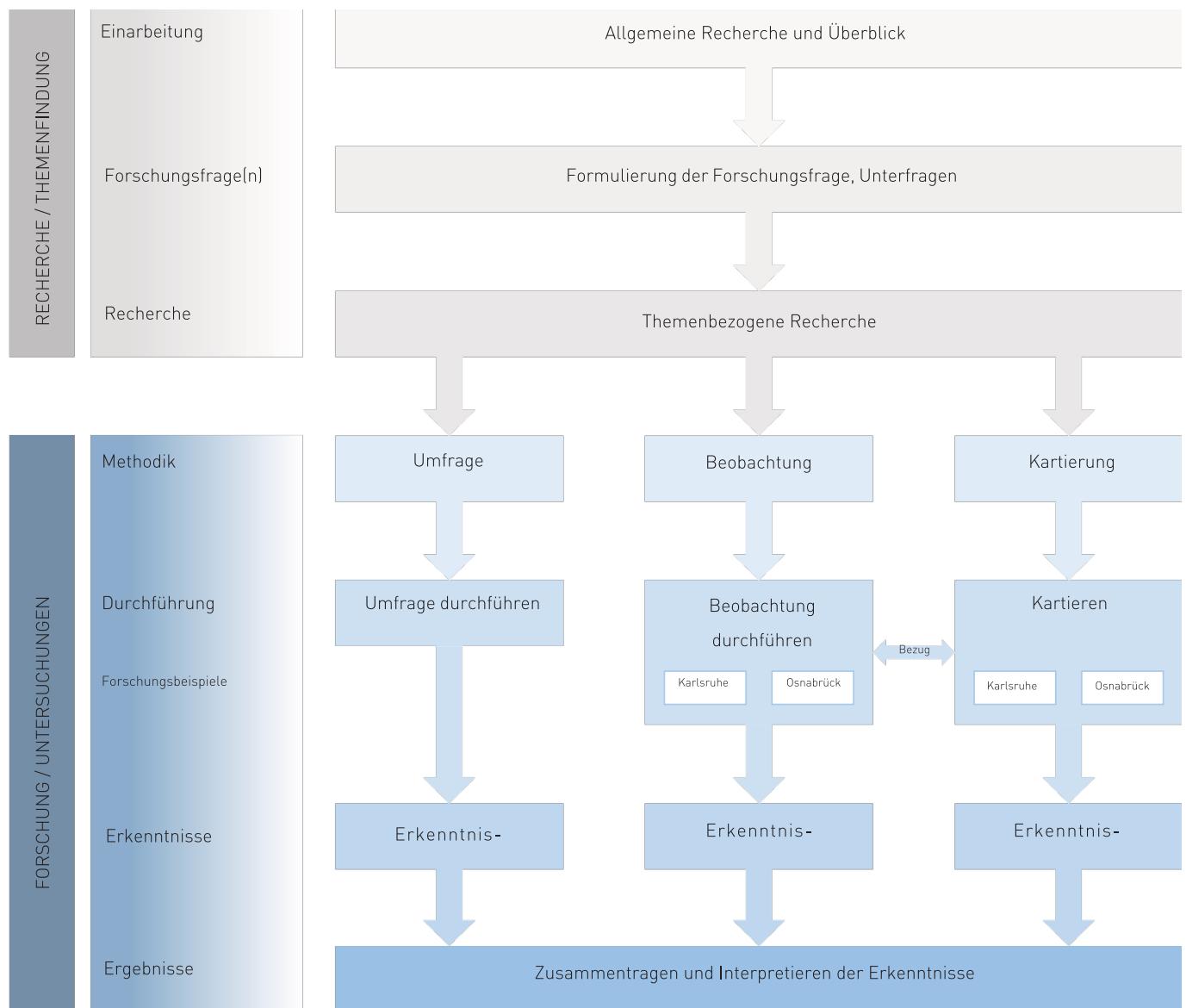


ABB. 8: METHODENDIAGRAMM

## **UMFRAGE**

Die Umfrage ist eine bewährte Methode, um mit verhältnismäßig einfachen Mitteln ein breites Bild verschiedener Personengruppen zu erhalten. Um eine Umfrage durchzuführen, müssen vorab klare Ziele gesetzt werden, um die Fragen möglichst präzise darauf zu beziehen. Die Fragen sollten verständlich formuliert sein, um ein genaues Ergebnis zu erhalten. Teilnehmende sollten möglichst nach dem Zufallsprinzip ausgewählt werden, um verzerrte Ergebnisse zu vermeiden. Wichtig ist, dass der Prozess der Umfrage standardisiert abläuft und immer die gleichen Fragen gestellt werden, um bei der Auswertung eine Vergleichbarkeit zu erhalten. Für die Analyse können statistische Methoden angewendet werden, um die Daten auszuwerten (Eckardt, 2014).

## **BEOBACHTUNG**

Als weitere Forschungsmethode ist die Beobachtung vorgesehen. Hierbei ist wichtig zu erwähnen, dass die Beobachtung von Alltagssituationen, innerhalb der Fallstudien, für die subjektive Urteilsbildung einen großen Teil in diesem Forschungsabschnitt darstellt. Die eigenen Beobachtungen sind Voraussetzung, um zu verstehen, wie sich bestimmte Handlungsweisen in unterschiedlichsten Situationen entwickeln. Eine Herausforderung hierbei ist, dass auf Basis der einzelnen Beobachtung, keine zuverlässige Aussage getroffen werden kann. Daher muss eine hohe Anzahl an Beobachtungen durchgeführt werden, um ein validiertes Ergebnis zu erhalten, das in der späteren Auswertung zur Beantwortung der Forschungsfrage(n) beitragen kann (Eckardt, 2014).

## **KARTIERUNG**

Vor allem für die Analyse von Raumstrukturen soll die Methodik der Kartierung angewandt werden. Hierbei wird die Situation der einzelnen Fallstudien bildlich dargestellt. Besonders die Verteilung der räumlichen Erscheinungen (z.B. Stadtmobiliar) und die Abläufe von Prozessen (z.B. Wildparken) in einem definierten Raum werden festgestellt und visualisiert. Verhaltensmuster, im Bezug auf das Wildparken, die bei der Beobachtung nicht in jeder Situation zur gleichen Zeit betrachtet werden können, sollen hierbei erfasst werden. Ein Abgleich mit den Beobachtungen kann validieren, was regelmäßig auftritt und was eine einmalige Situation darstellt (Lindner, 2004).

# DURCHFÜHRUNG

## UMFRAGE

Für die Umfrage wurde das Online-Tool Google Forms (Google LLC, 2006) gewählt. Der Vorteil der Online-Umfrage ist, dass eine schnelle Verbreitung der Umfrage möglich ist, sowie dass ein standardisierter Prozess durchlaufen wird. Die Ergebnisse der Umfrage können mittels eingebauter Tools direkt grafisch ausgewertet werden.

Die Umfrage ist mehrstufig mit verschiedenen Kategorien aufgebaut. Zunächst wird nach den Angaben zur Person gefragt, die u.a. die Wohnortgröße umfasst. Hier ist zu vermuten, dass es unterschiedliche Nutzungen und Wahrnehmungen im städtischen und ländlichen Raum gibt. Des Weiteren wird erhoben, ob und was für ein Fahrrad die Befragten besitzen. Aufgrund eigener Beobachtungen und Erfahrungen ist zu vermuten, dass sich die Abstellvarianten von teuren Fahrrädern und günstigen Fahrrädern unterscheiden.

Sofern die befragte Person ein Fahrrad besitzt, geht es in der Umfrage weiter mit Fragen zu unterschiedlichen Situationen. Diese sind zuhause, bei der Arbeit, an der Bildungsstätten und bei Freizeitbeschäftigungen, wie z.B. Einkaufen oder Essen gehen. Alle Situationen sind stets gleich aufgebaut. Zunächst wird gefragt, ob die Person gelegentlich mit dem Fahrrad zum jeweiligen Ort fährt und wo das Fahrrad abgestellt wird. Wenn das Fahrrad im öffentlichen Raum abgestellt wird, wird zudem gefragt, wo es dort platziert bzw. angeschlossen wird. Daraus lässt sich Rückschlüsse ziehen, wo der Bedarf an Fahrradstellplätzen hoch ist und wo ein Stellplatzmangel vorherrscht. Außerdem werden beliebte Objekte zum Wildparken eruiert und zudem danach gefragt, welche Punkte einem beim Abstellen des Fahrrades wichtig sind und auf was geachtet wird (Abb.9).

Anschließend werden die gleichen Fragen hinsichtlich Sharing-Systemen wiederholt. Da diese nicht angeschlossen werden müssen, könnte sich hier ein anderes Ergebnis herauskristallisieren.

Zum Abschluss der Umfrage erfolgt ein visueller Vergleich von verschiedenen Situationen. Zunächst wird in einer Situation gefragt, wie die Teilnehmenden ihr Rad abstellen würden. Daraus lässt sich vermutlich eine Tendenz ableiten, welche Objekte das Wildparken begünstigen. Danach wird gefragt, welche der drei bis vier gezeigten Abstellmöglichkeiten als störend empfunden werden (Abb.10). Dabei wurde immer ein Blickwinkel eines Szenario in der Stadt gezeigt, in denen ein Fahrrad oder E-Scooter unterschiedlich abgestellt wurde.

**Abstellen des Fahrrades**

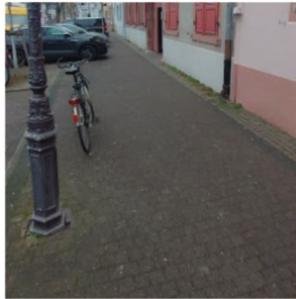
Auf was achtest du beim Abstellen deines Fahrrades? (Mehrachnennung möglich) \*

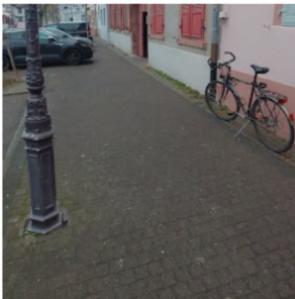
Sicher Anketten an einem Fahrradständer  
 Sicher Anketten an einem beliebigen Objekt  
 Platzsparendes Parken  
 Fußgängerweg freihalten  
 Wenn dort schon Fahrräder stehen, kann ich meins dazu stellen  
 Sonstiges: \_\_\_\_\_

ABB. 9: AUSSCHNITT AUS EIGENER UMFRAGE

Welche Abstellmöglichkeiten empfindest du als störend? (Mehrachauswahl möglich) \*

  Option 1

  Option 2

  Option 3

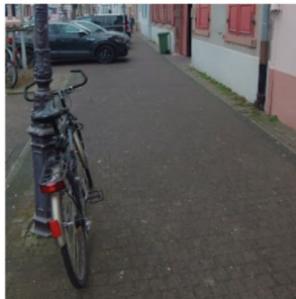
  Option 4

ABB. 10: AUSSCHNITT AUS EIGENER UMFRAGE

## BEOBACHTUNGEN

Zunächst wurden für die durchzuführenden Beobachtung ein Katalog erarbeitet (Abb. 11). Hierin sollen Beobachtungen zu verschiedenen Tagen und Uhrzeiten so festgehalten werden, dass diese gut miteinander vergleichbar sind und die gleichen Parameter beinhalten. Der Katalog beinhaltet die grundlegenden Aspekte zum Thema Wildparken. Neben beispielsweise der Ermittlung der Anzahl wild geparkter Fahrräder oder E-Scooter, sollen ebenso spezifische Verhaltensweisen von aktiven Verkehrsteilnehmenden genauer betrachtet werden. Auch den Zusammenhängen von Wildparkern und Erdgeschoss-Nutzungen soll durch das ermitteln der grundlegenden Funktionen nachgegangen werden. Hierbei wird zwischen öffentlichen und privaten Nutzungen unterschieden. Bei der Begehung werden die einzelnen Fallstudien nach Bedarf in unterschiedliche Zonierungen unterteilt. Es wird besonders zwischen Fußgängerzone, verkehrsberuhigtem Bereich und stark befahrener Straße unterschieden.

Beobachtungsgebiet:	Beobachtungsbeginn:	Beobachtungsende:	Datum:	Wetter:
Kategorie	Anzahl	Besonderheiten/genauere Informationen		
richtig geparkte Fahrräder				
falsch geparkte Fahrräder				
richtig geparkte E-Scooter				
falsch geparkte E-Scooter				
Abstellmöglichkeiten				
Verkehrsteilnehmer				
durchs Wildparken gestörte Verkehrsteilnehmer				
öffentliche EG_Funktionen				
allgemeine Besonderheiten				

ABB. 11: BEOBACHTUNGSKATALOG

## KARTIERUNG

Beim Kartieren wurde in den einzelnen Gebieten jeweils das dauerhafte Stadtmobilier festgehalten. Zudem wurden Fahrradständer mit Hilfe des Mobilitätsportals Karlsruhe (Abb. 12) sowie durch (digitale) Begehungen lokalisiert. Um eventuelle Zusammenhänge mit den Erdgeschossfunktionen zu erhalten, gab es eine Einteilung in öffentliche und private Funktionen. Im nächsten Schritt wurden die wildgeparkten Objekte aus den einzelnen Beobachtungen der Gebieten in jeweils einer Karte übereinander gelegt, um so Hot-Spots für das Wildparken auszumachen und diese mit dem Stadtmobilier sowie den Erdgeschossnutzungen in Verbindung bringen zu können. Da in Osnabrück ausschließlich eine digitale Beobachtung möglich war, wurden die wild geparkten Objekte hier lediglich als Verdachtsmomente definiert. Bei einer vergleichende Betrachtung der Kartierungen sollen gebietsübergreifende Gemeinsamkeiten festgestellt werden, um dann zuverlässige Aussagen bezüglich des Wildparkens treffen zu können.

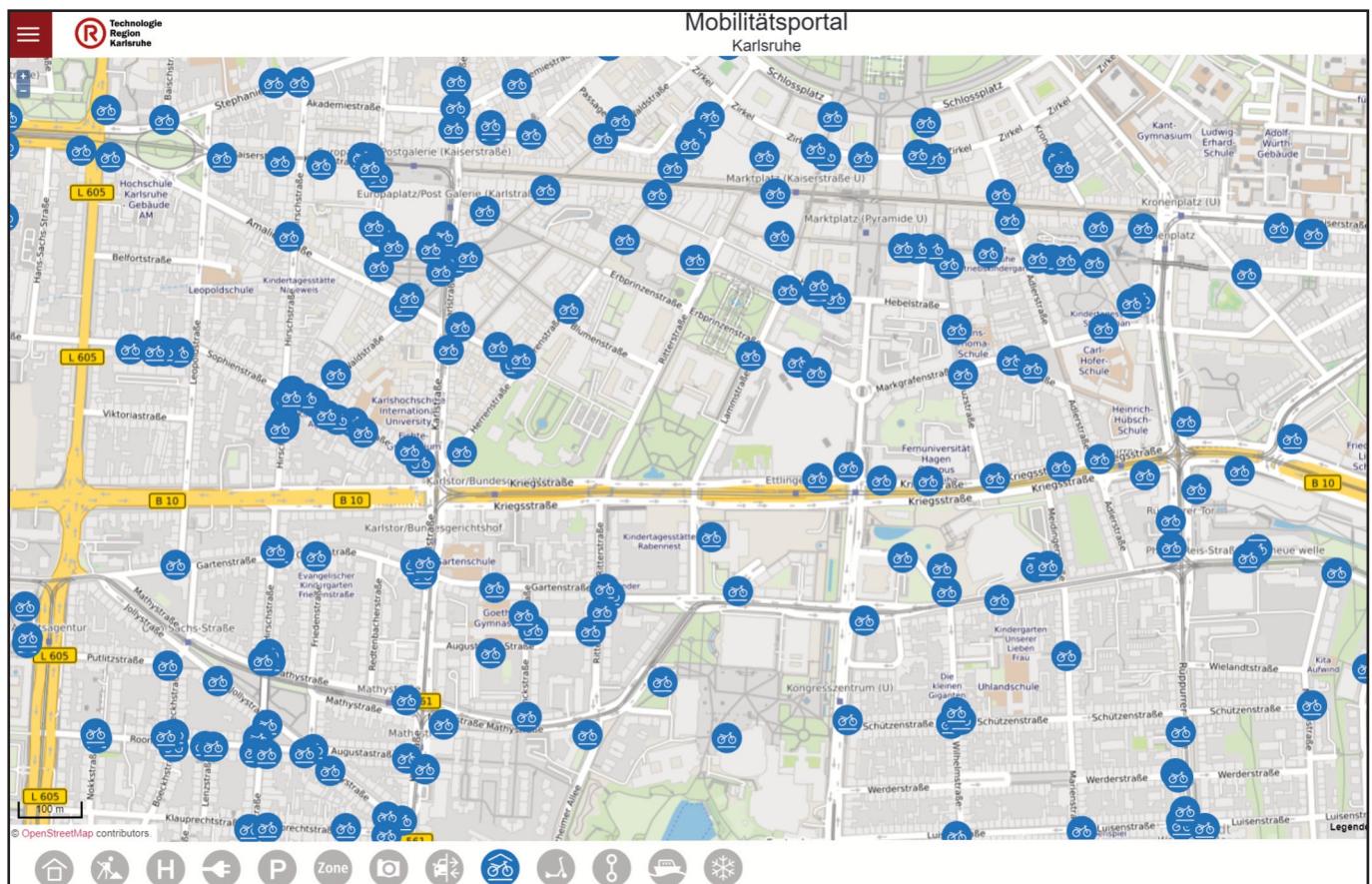


ABB. 12: FAHRRADSTÄNDER KARLSRUHE (MOBILITÄTSPORTAL KARLSRUHE, 2024)



#### LEGENDE

<span style="color: red;">■</span>	Verdachtsfälle Wildparken	<span style="background-color: #e0e0e0; border: 1px solid black; padding: 2px;">■</span>	Poller/Elektrokästen
<span style="background-color: #e0e0e0; border: 1px solid black; padding: 2px;">■</span>	öffentlich	<span style="color: darkblue;">■</span>	Hecken/Zäune
<span style="color: green;">■</span>	Bäume	<span style="color: blue;">■</span>	Fahrradständer
<span style="color: orange;">■</span>	Schilder/Ampeln/Laternen	<span style="background-color: #e0e0e0; border: 1px solid black; padding: 2px;">■</span>	privat

## ERKENNTNISSE 01

Das Untersuchungsgebiet 01 in Osnabrück konnte nur mit Hilfe von Kartendiensten Apple Maps, Google Maps, sowie dem durchs Fachgebiet bereitgestellten Video untersucht werden. In Abbildung 13 wurde jegliches Stadtmobiliar, das zum Wildparken einladen könnte, festgehalten. Zudem wurden wildparkende Fahrräder und E-Scooter im Untersuchungsgebiet markiert. Da die geringe Anzahl an Beobachtungen nicht zu einem validierten Ergebnis führen kann, jedoch eine Tendenz aufzeigt, wurden die wildgeparkten Objekte in Abbildung 13 nur als Verdachtsmomente festgehalten. Auffällig ist, dass gerade in der Natruper Straße nur vereinzelt wildparkende Objekte vorzufinden sind. Dies könnte zum einen daran liegen, dass es dort deutlich weniger Stadtmobiliar gibt, welches zum Wildparken einlädt und zum anderen, dass es eine stärker befahrene Straße ist. Zudem sind in diesem Bereich keine öffentlichen Funktionen vorhanden, die einen Grund zum Parken in der Umgebung liefern. Sobald man die Straße Natruper-Tor-Wall überquert und in die Bierstraße kommt, ändert sich das Bild schlagartig. Die Straße ist deutlich enger und weniger stark befahren. Außerdem sind fast ausschließlich öffentliche Funktionen im Erdgeschossbereich vorzufinden und am Straßenrand sind eine Vielzahl von Stadtmobiliar wie Poller oder Schilder zu beobachten. Dies wirkt sich auch auf die Anzahl der wildgeparkten Objekte aus. Wie in Abbildung 13 ersichtlich, sind in diesem Bereich eine deutlich höhere Anzahl an Verdachtsmomenten auszumachen. Insbesondere an der Kreuzung mit der Straße Große Gildewart ist eine deutliche Anhäufung an einem Zaun zu erkennen (Abb. 16). Folgt man dem weiteren Straßenverlauf, so sind in regelmäßigen Abständen Verdachtsmomente für das Wildparken anzutreffen. Diese befinden sich nahezu ausschließlich an Schildern und Laternen (Abb. 14) oder an Bäumen (Abb. 15). Abschließend kann man sagen, dass in diesem Gebiet das Wildparken vermutlich mit der Erdgeschossfunktion, sowie dem vorhandenen Stadtmobiliar zusammenhängt. Insbesondere Bäume oder Straßenschilder scheinen zum Wildparken zu verleiten. Zudem ist erwähnenswert, dass alle vorhandenen Abstellmöglichkeiten in dem Gebiet genutzt werden, diese jedoch in ihrer Anzahl nicht ausreichen scheinen.



ABB. 14: WILDPARKER AN SCHILD, 01 (APPLE MAPS, 2024)



ABB. 15: WILDPARKER AN BAUM, 01 (APPLE MAPS, 2024)



ABB. 16: WILDPARKER AM ZAUN, 01 (APPLE MAPS, 2024)



ABB. 17: KARTIERUNG 02



#### LEGENDE

<span style="color: red;">■</span>	Verdachtsfälle Wildparken	<span style="background-color: #e0e0e0; border: 1px solid black; padding: 2px;">■</span>	Poller/Elektrokästen
<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">■</span>	öffentlich	<span style="background-color: #5555AA; border: 1px solid black; padding: 2px;">■</span>	Hecken/Zäune
<span style="background-color: #339933; border: 1px solid black; padding: 2px;">■</span>	Bäume	<span style="background-color: #3366CC; border: 1px solid black; padding: 2px;">■</span>	Fahrradständer
<span style="background-color: #FFCC00; border: 1px solid black; padding: 2px;">■</span>	Schilder/Ampeln/Laternen	<span style="background-color: #CCCCCC; border: 1px solid black; padding: 2px;">■</span>	privat

## ERKENNTNISSE 02

Beim Untersuchungsgebiet 02 gab es die gleiche Ausgangslage wie im Gebiet 01. Auch hier konnte sich ausschließlich auf Kartendienste und dem vor Ort aufgenommenem Video bezogen werden. In Abbildung 17 wurde erneut sämtliches Straßenmobilier, das zum Wildparken einladen könnte, markiert. Auffällig war dabei, dass sich entlang der Dielinger Straße eine sehr große Anzahl an Abstellmöglichkeiten für Fahrräder vorhanden sind (Abb. 18). Dies schlägt sich auch in den Verdachtsmomenten, welche im Gegensatz zum Gebiet 01 nur sehr vereinzelt auftreten (Abb. 17). Bei den wenigen wildgeparkten Fahrrädern lässt sich jedoch beobachten, dass diese entweder an Masten wie einer Laterne (Abb. 19) oder in direkter Nähe von Fahrradständern (Abb. 20) abgestellt werden. Die Erdgeschossfunktionen sind im gesamten Untersuchungsgebiet größtenteils öffentlich. Gerade die Dielinger Straße ist eine sehr stark befahrende Straße, weshalb vermutlich weniger wildgeparkt wird. Als Hauptgrund sind aber die zahlreichen Abstellmöglichkeiten zu nennen, die sich direkt am Straßenrand auf ehemaligen Autostellplätzen befinden.

Im Gegensatz zu dem Untersuchungsgebiet 01 scheinen hier also genügend Fahrradständer vorhanden. Wenn man das Gebiet weiter entlang geht, ändert sich dieses Bild nicht. Auch wenn man in die Hasestraße abbiegt, die über den Festplatz führt, sind nahezu keine wildgeparkten Objekte auffindbar, obwohl es dort zahlreiche Möglichkeiten durch beispielsweise Bäume geben würde (Abb. 17). Da die Verdachtsmomente nur eine Momentaufnahme darstellt, könnte die Situation zu einer anderen Zeit ganz anders aussehen. Aufgrund der zahlreichen Fahrradständer lässt sich jedoch vermuten, dass dieses Gebiet eher weniger mit wildgeparkten Objekten zu kämpfen hat. Dies zeigt auf, dass mit sehr einfachen Mitteln dem Wildparken entgegengewirkt werden kann.



ABB. 18: FAHRRADSTÄNDER 02 (APPLE MAPS, 2024)



ABB. 19: WILDPARKER AN LAMPE, 02 (APPLE MAPS, 2024)



ABB. 20: WILDPARKER AN FAHRRADSTÄNDER, 02 (APPLE MAPS, 2024)

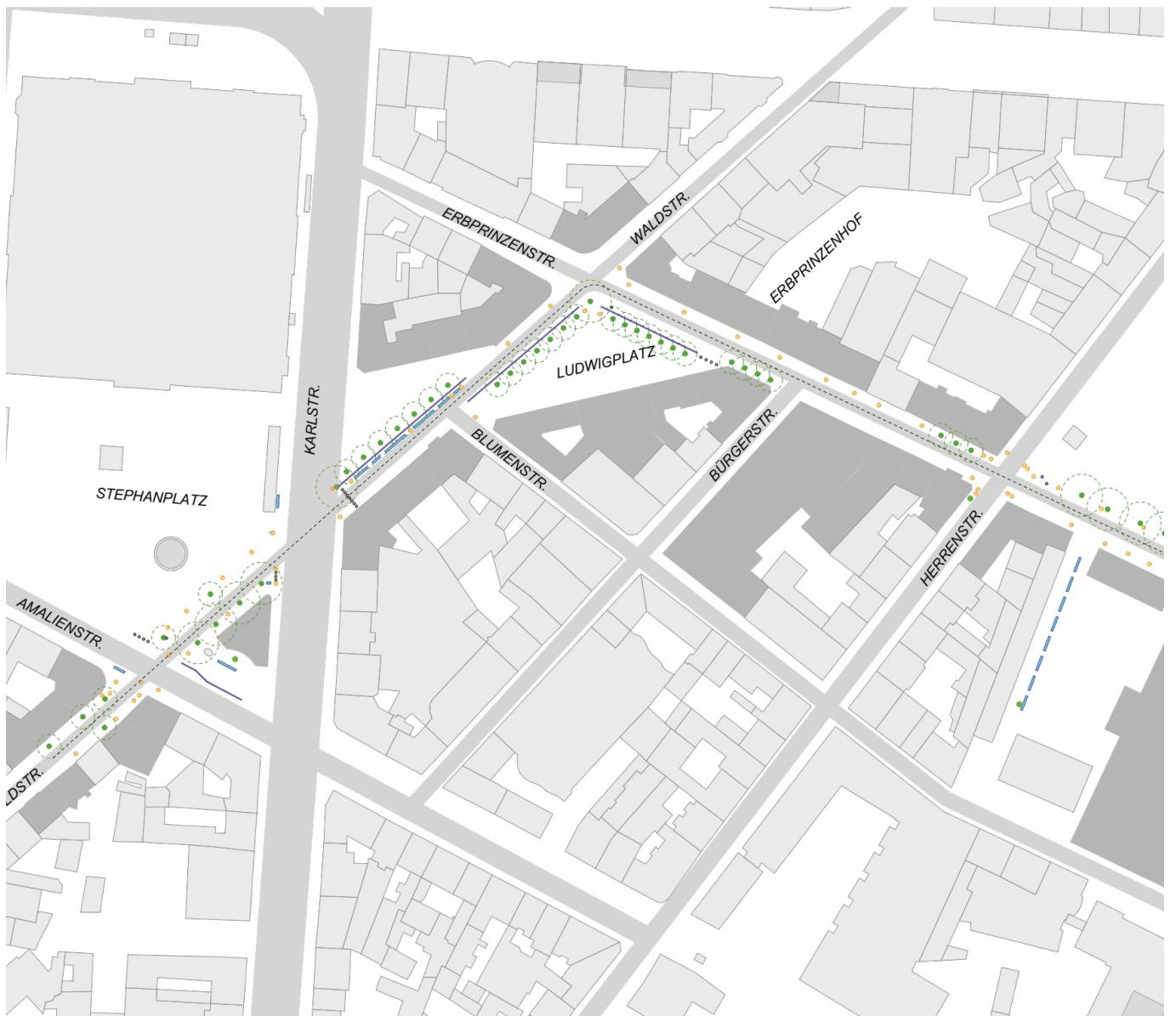


ABB. 21: KARTIERUNG STADTMOBILIAR K1



#### LEGENDE

- |   |                          |   |                      |
|---|--------------------------|---|----------------------|
| <span style="background-color: #808080; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | öffentlich               | <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>                            | Poller/Elektrokästen |
| <span style="background-color: #4CAF50; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | Bäume                    | <span style="background-color: #673AB7; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | Hecken/Zäune         |
| <span style="background-color: #FF9800; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | Schilder/Ampeln/Laternen | <span style="background-color: #2196F3; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | Fahrradständer       |
|   |                          | <span style="background-color: #BDBDBD; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | privat               |

## ERKENNTNISSE K1

Das Untersuchungsgebiet K1 befindet sich in der Innenstadt-West in Karlsruhe. Untersucht wurde dieses Gebiet mit Hilfe von Beobachtungen an einem Tag zu unterschiedlichen Zeiten. Zunächst wurde eine Kartierung des Stadtmobiliars sowie der Bäume entlang der Route (Abb. 21) vorgenommen. Dabei fällt direkt auf, dass sich öffentliche Fahrradständer nur an vereinzelten Stellen geballt befinden. So sind im westlichen Bereich des Ludwigsplatzes und an der Badischen Landesbibliothek in der Erbprinzenstraße viele Fahrradständer aneinandergereiht. Am Stephanplatz befinden sich noch vereinzelt Abstellmöglichkeiten, doch im restlichen Betrachtungsgebiet gibt es keine öffentlichen Fahrradständer. Eine hohe Frequenz der Mikromobilität ist allerdings zu erwarten, da nahezu komplett entlang der Route öffentliche Nutzungen in den Erdgeschossen untergebracht sind. Dabei lässt sich bereits vermuten, dass es in Bereichen ohne Abstellmöglichkeit gehäuft zum Wildparken führt. Laternen, Poller, Straßenschilder und Zäune können in diesen Bereichen eine zum Wildparken einladende Wirkung erzielen.

Betrachtet man nun die Kartierung der parkenden Fahrräder und E-Scooter (Abb. 25) fallen verschiedene Hotspots auf. Im Bereich der südlichen Waldstraße schien der Fahrradständer sehr beliebt und war auch zu allen Tageszeiten ausgelastet. Dies führt dazu, dass weitere Fahrräder an den Pflanzentrögen, Schildern und Laternen abgestellt wurden (Abb. 22). Auffallend dabei ist, dass morgens (9:15 Uhr) und mittags (12:30 Uhr) deutlich mehr wildgeparkte Fahrräder vorzufinden waren, als abends (19:15 Uhr). Dies lässt sich möglicherweise auf die Schließzeiten der sich dort befindenden Ladengeschäften zurückführen, die vor dem Beobachtungszeitpunkt lagen. Im Bereich des Stephanplatzes sind hingegen einige freie Fahrradstellplätze (Abb. 23) vorzufinden. In diesem Bereich gibt es vergleichsweise wenig öffentliche Nutzungen. Ein deutlicher Hotspot zeichnet sich am Ludwigsplatz ab. Obwohl dort sehr viele Fahrradständer sind, kommt es dort zu vielen wildparkenden Fahrrädern. Die Abstellmöglichkeiten sind vor Ort sehr stark ausgelastet (Abb. 24).

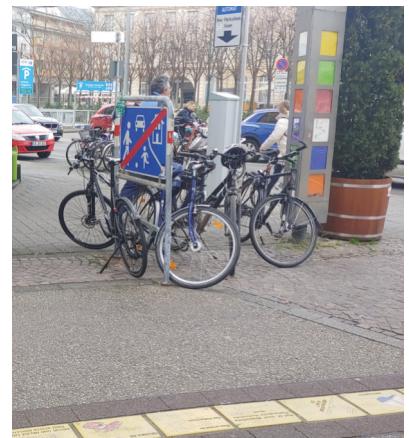


ABB. 22: SÜDLICHE WALDSTRASSE, K1



ABB. 23: STEPHANPLATZ, K1



ABB. 24: LUDWIGSPLATZ, K1

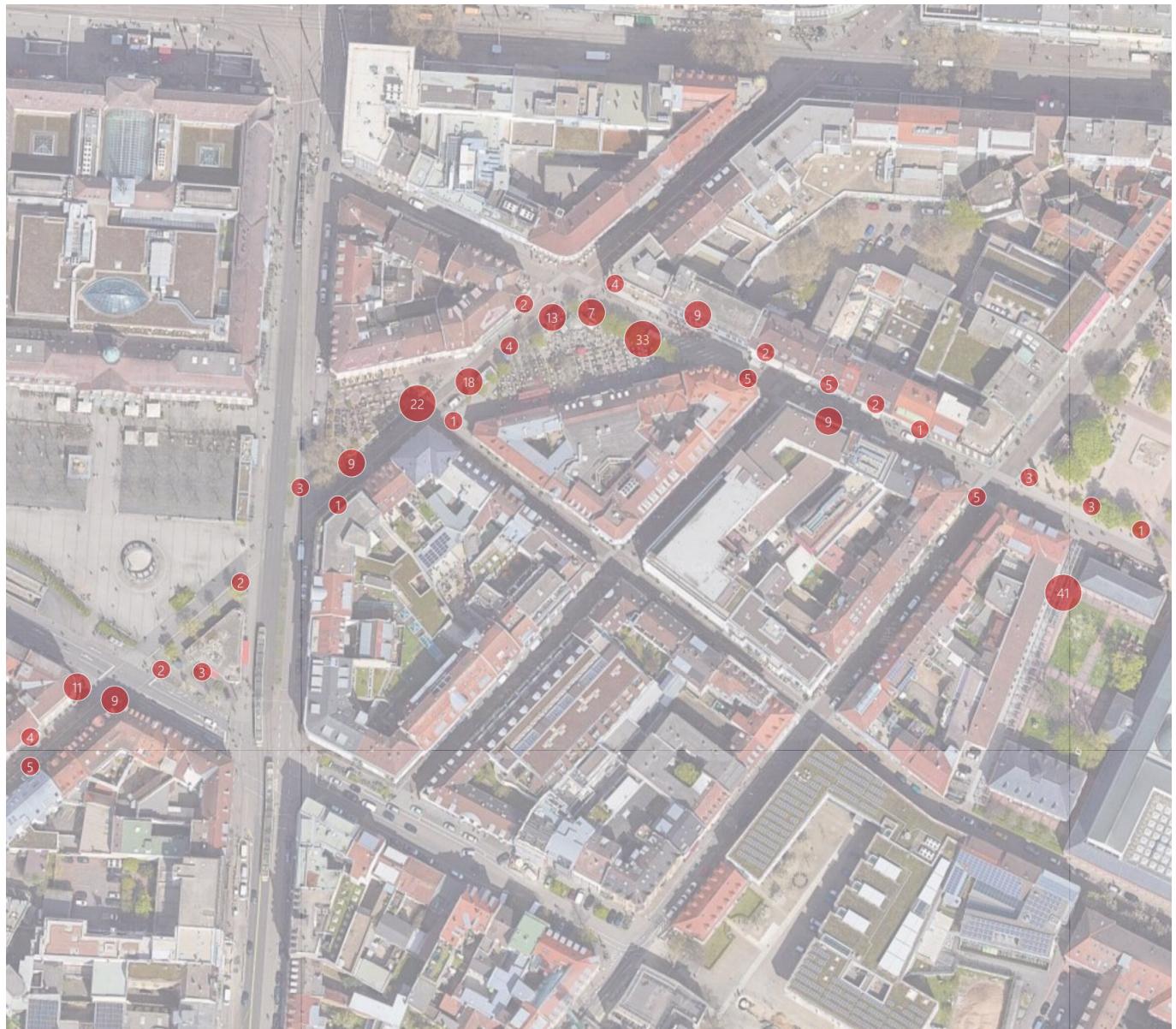


ABB. 25: KARTIERUNG WILDPARKEN K1



#### LEGENDE

- Wildgeparkte Fahrräder und E-Scooter

## ERKENNTNISSE K1

Direkt neben dem Fahrradständer wird wildgeparkt, da möglicherweise kein freier Platz gefunden wurde. Ein sehr beliebtes Objekt zum Wildparken scheint die Umzäunung des Ludwigsplatzes (Abb. 26) zu sein. Hier wird überwiegend mittags viel geparkt. In diesem Bereich findet man viele gastronomische Betriebe, aber auch einige Einkaufsmöglichkeiten.

In der Erbprinzenstraße befinden sich keine öffentlichen Abstellmöglichkeiten. Hier wird dennoch viel geparkt. Meist stehen die Fahrräder und E-Scooter geordnet an Laternen oder an den Hauswänden, doch auch einige im Weg stehende Fahrräder (Abb. 27) konnten hier beobachtet werden. Dieser Bereich ist ebenfalls geprägt von der Gastronomie und Dienstleistungen. An der Badischen Landesbibliothek wird an der Straße kaum geparkt, was möglicherweise daran liegt, dass sich vor Ort im Innenhof eine große Fahrradabstellanlage befindet. Morgens und abends ist diese auch ausreichend für Besuchende, doch am Mittag ist eine hohe Auslastung der Fahrradständer und eine Häufung an wildparkenden Fahrrädern (Abb. 28) zu beobachten.

Insgesamt wird durch die Beobachtungen deutlich, dass in diesem Betrachtungsgebiet ein hohes Aufkommen an Mikromobilität vorzufinden ist. Doch die Stellplatzanzahl wird diesem Aufkommen bei Weitem nicht gerecht. Sinnbildlich dafür ist die Zählung der Fahrräder, die an Fahrradständern geparkt wurden und wildparkenden Fahrrädern und E-Scootern. So wurden entlang der Route zum Beobachtungszeitpunkt am Morgen insgesamt 54 Fahrräder an Fahrradständern abgestellt. Allerdings waren 57 Fahrräder und E-Scooter zu diesem Zeitpunkt wildgeparkt. Die wildgeparkten Fahrräder und E-Scooter waren meist platzsparend abgestellt und an Stadtmobiliar angekettet. Umzäunungen und Laternen waren dafür die beliebtesten Objekte.



ABB. 26: LUDWIGSPLATZ, K1



ABB. 27: ERBPRINZENSTRASSE K1



ABB. 28: INNENHOF BLB, K1



ABB. 29: KARTIERUNG STADTMOBILIAR K2



#### LEGENDE

■	öffentl	□	Poller/Elektrokästen
■	Bäume	■	Hecken/Zäune
■	Schilder/Ampeln/Laternen	■	Fahrradständer
		■	privat

## ERKENNTNISSE K2

Das Untersuchungsgebiet K2 befindet sich im östlich Teil der Innenstadt Karlsruhes. Das Gebiet wurde sowohl an einem Sonntag, als auch an einem Werktag mehrfach zu jeweils unterschiedlichen Uhrzeiten betrachtet. Ebenso, wie im Gebiet K1, wurde das Stadtmobiliar, sowie Bäume entlang der zu untersuchenden Strecke in einer Karte festgehalten (Abb. 29). Hierbei sind öffentliche Fahrradständer, vor allem zu Beginn (Lidellplatz) und am Ende (Zähringerstraße) der Strecke vorzufinden. Insbesondere in der Zähringerstraße sind viele Abstellmöglichkeiten vorhanden. Dabei ist zu erwarten, dass vor allem diese beiden Fußgängerzonen einen Hauptabstellort für Fahrräder darstellen. Aufgrund fehlender Parkbereiche ist in der Zone zwischen den beiden Bereichen ein erhöhtes Aufkommen wild parkender Objekte anzunehmen. Auch am Lidellplatz ist das zu vermuten. Dies erscheint vor allem durch die Anhäufung von öffentlichen Funktionen in den Erdgeschosszonen und der etwas geringeren Anzahl an Parkmöglichkeiten für Räder und E-Scooter. Besonders Zäune, Schilder und Poller können an diesen Stellen zu einer erhöhten Zahl von wild parkenden Objekten führen (Abb.30).

Aus der darauf folgenden Kartierung (Abb. 31) gehen besonders die Wildpark-Hotspots in dieser Fallstudie hervor. Über das Gebiet sind nahezu überall wild geparkte Räder und E-Scooter auszumachen. Die Vermutung, welche Objekte zu einer erhöhten Anzahl führen, hat sich bestätigt. Grundlegend weisen beide Beobachtungstage kaum Unterschiede in der Anzahl der wild geparkten Objekte auf.

Ein nennenswerter Unterschied ist am Sonntagmorgen vorzufinden, da hier drei- bis viermal so viele E-Scooter (9 Stk., statt 2-3 Stk.) abgestellt waren, wie in den anderen Beobachtungsdurchläufen. Eine weitere Auffälligkeit ist, dass am Sonntagabend deutlich weniger wild geparkte Fahrräder vorzufinden sind (24 Stk., statt durchschn. 37 Stk.). Beide Fälle müssten in weiteren Schritten vertiefend untersucht werden, um Thesen und Aussagen nachweislich treffen zu können. Als primärer Hot-Spot, ist jedoch der Lidellplatz zu beobachten. Neben den vorhandenen Abstellmöglichkeiten, werden vor allem die Vielzahl an Zäunen oder Zaun-ähnlichen Objekten um den eigentlich Stellplatz herum genutzt – auch wenn dieser nicht vollständig ausgelastet ist. An dieser Stelle erscheint besonders die Zugänglichkeit des Fahrradständers eine entscheidende Rolle für dessen Nutzung zu spielen.



ABB. 30: ADLERSTRASSE, K2



ABB. 31: KARTIERUNG WILDPARKEN K2



#### LEGENDE

■ Wildgeparkte Fahrräder und E-Scooter

## ERKENNTNISSE K2

Diese wird durch die umgebende zaunartige Situation (Abb. 34) stark beeinträchtigt. Weitere Hot-Spots zeichnen sich zu Beginn der Strecke und an der Ecke Adlerstraße zu Zähringerstraße (Abb.32) ab. Hierbei ist anzumerken, dass vor allem zu Beginn der Strecke nur wenig Abstellmöglichkeiten für Fahrräder oder E-Scooter vorzufinden sind. An der Ecke Adlerstraße zu Zähringerstraße kann die Nähe zur Kaiserstraße ein mutmaßlichen Grund darstellen.

Das erhöhte Aufkommen von Mikromobilität im Untersuchungsgebiet ist auch hier auszumachen. Wieder deutet die Menge der wild geparkten Objekte auf eine mangelnde Anzahl an Abstellmöglichkeiten hin. In diesem Zusammenhang lässt sich sagen, dass für E-Scooter gänzlich keine Bereiche zum Parken angeboten werden (Abb. 33). Besonders in den Fußgängerzonen und in verkehrsberuhigten Bereichen, wurden die Fahrräder platzsparend abgestellt. Vor allem in den engeren Bereichen, wie Gehwegen in der Adlerstraße, stellen selbst vereinzelt geparkte Fahrräder und E-Scooter einen erhöhten Störfaktor dar. Allgemein ist anzumerken, dass zu jeder Tageszeit, sowohl Sonntags als auch Montags, ca. die Hälfte aller Fahrräder wild geparkt werden. Nach den Zählungen sind von den insgesamt 516 geparkten Fahrrädern und E-Scootern in diesem Gebiet 275 Stück wild geparkt. Alle vorhandenen Fahrradständer sind zudem belegt, woraus die Erkenntnis gewonnen werden kann, dass doppelt so viele Abstellmöglichkeiten in diesem Bereich benötigt werden.



ABB. 32: ZÄHRINGERSTRASSE, K2



ABB. 33: ZÄHRINGERSTRASSE, K2



ABB. 34: LIDEPLLPLATZ, K2

## **ERKENNTNISSE**

Im Folgenden werden die Erkenntnisse aus den einzelnen Durchführungen kurz wiedergegeben und zusammengefasst. Im Anschluss werden diese einzelnen Eindrücke miteinander verknüpft. Hierbei sollen die Forschungsfragen indirekt miteinbezogen werden.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass die gewonnenen Erkenntnisse vor allem in den Wintermonaten zustande kamen - ausgenommen ist hierbei die Umfrage, die allgemein gehalten wurde. Es lässt sich vermuten, dass sich die Ergebnisse auch über den restlichen Verlauf des Jahres bestätigen. Jedoch kann hierzu aktuell keine zuverlässige Aussage getroffen werden. Es gilt die Thematik über einen längeren Zeitraum weiter zu untersuchen, da die Annahme im Raum steht, dass es vor allem in den Sommermonaten zu einem stärkerem Aufkommen von wild parkenden Objekten kommen könnte.

### **ERKENNTNISSE DER UMFRAGE**

An der Umfrage zum Thema Wildparken haben in einem Zeitraum von sieben Tagen insgesamt 44 Personen im Alter zwischen 21 und 36 Jahren teilgenommen. Überwiegend handelte es sich um Studierende. Über 85% davon gaben an, in Städten mit mind. 50 000 Einwohner\*innen zu leben. Knapp 90% besitzen ein Fahrrad und über 63% davon bezeichnen den Wert des Rades als günstig bis sehr günstig (weniger als 400 Euro).

Aus der Umfrage ergab sich, dass das Problem des Wildparkens nicht im eigenen Zuhause entsteht. Nur 5% stellen ihr Fahrrad vor dem Haus auf öffentlichen Flächen ab. An Bildungsstätten scheint es ebenso kein Problem zu geben, da nach Angaben genügend Fahrradstellplätze vorhanden zu sein scheinen. Über 95% der Personen, die mit dem Rad zu Bildungseinrichtungen fahren gaben hierbei an, an Fahrradständern zu parken.

Ein anderes Bild zeichnet sind jedoch bei Arbeitsstätten ab. Über 60% der Befragten fahren gelegentlich mit dem Rad zur Arbeit, davon parkt jede zweite Person im öffentlichen Raum.

Den größten Bedarf an Fahrradständern gibt es jedoch bei Freizeitbeschäftigungen. Über 92% der Befragten fahren zum Sport, Einkaufen, Essen gehen oder für sonstige Aktivitäten mit dem Rad in die Stadt. Über 97% gaben an, bei Fahrradständern zu parken, sofern eine Abstellmöglichkeit vorhanden ist. Allerdings stellt laut Umfrage jede zweite Person ihr Rad gelegentlich an Stadtmobiliaren ab.

Jede dritte Person gab an, ab und zu irgendwo auf dem Gehweg oder in der Fußgängerzone zu parken.

Zu den beliebtesten Objekten zum Wildparken gehört vor allem der Zaun, gefolgt von der Straßenlaterne. Ca. zwei von drei Personen achten beim Abstellen auf das sichere Anketten an einem Fahrradständer bzw. an Stadtmobiliar. Ebenso darauf, dass Fußgängerwege freigehalten werden. Knapp die Hälfte der Befragten nimmt Rücksicht auf platzsparendes Parken.

Über 63% der Befragten nutzen Sharing-Systeme. Diese werden von über 42% willkürlich auf dem Gehweg oder in der Fußgängerzone abgestellt. Weniger als ein Drittel lässt das Leihrad bzw. der Leih-E-Scooter wieder an einer dafür vorgesehenen Station zurück. Etwa 50% stellt das Fahrzeug an einen öffentlichen Fahrradständer ab.

Bei den zu vergleichenden Situationen ergab sich im Gesamten ein einheitliches Bild. Wird das Fahrrad oder der E-Scooter parallel zum Gehweg in Laufrichtung abgestellt, dann werden diese als wenig störend empfunden. Im Gegensatz dazu, geht aus der Umfrage hervor, dass ein schräg oder orthogonal zur Laufrichtung stehendes Rad als störend wahrgenommen wird. In der abgebildeten Szene wird das parallel parkende Fahrrad (Abb. 35) nur von unter 10% und das in den Weg ragende Fahrrad (Abb. 36) von 90% der Befragten als störend wahrgenommen. Des Weiteren werden Fahrräder und E-Scooter, welche straßenseitig auf dem Gehweg geparkt werden (Abb. 37) deutlich mehr als störend empfunden (über 90%) als wandseitig parkend (unter 5%) (Abb. 38), obwohl die Durchgangsbreite gleich bleibt. Ein weiterer grundlegender Störfaktor ist ein Fahrrad, das in der Nähe eines Fahrradständers geparkt wird, aber nicht direkt daran steht.

Aus der Umfrage stellt sich grundsätzlich heraus, dass im öffentlichen Bereich, insbesondere in der Nähe von Arbeitsstätten, Einkaufsmöglichkeiten, Gastronomien und weiteren Freizeitbeschäftigungs möglichkeiten ein großer Bedarf an Fahrradabstellmöglichkeiten herrscht. Dieser scheint laut Umfrage aktuell nicht gedeckt werden zu können. Somit kommt es besonders in den zuvor genannten Bereichen zum Wildparken. Vor allem Stadtmobiliare begünstigen zudem das Wildparken, wenn hieran eine sichere Ankettungsmöglichkeit gegeben ist. Bei Sharing-Systemen hat sich deutlich eine geringere Rücksicht auf andere Verkehrsteilnehmende herausgestellt, was unter anderem auf das integrierte Schloss und die Tatsache, dass es sich nicht um Privatbesitz handelt, zurückzuführen ist.



ABB. 35: FOTO UMFRADE



ABB. 36: FOTO UMFRADE



ABB. 37: FOTO UMFRADE

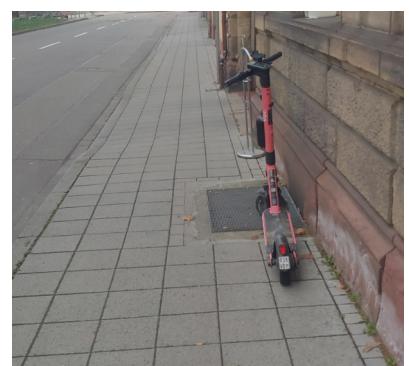


ABB. 38: FOTO UMFRADE

Im Gegensatz zur vorangegangenen Umfrage, haben sich die Beobachtungen auf Basis eines selbst zusammengestellten Kataloges (siehe S. 15), sowie die Kartierungen direkt auf die Fallstudien bezogen. Im Folgenden werden die Erkenntnisse beider Methoden zusammengefasst, da diese im Untersuchungsprozess stark miteinander verknüpft waren.

### **ERKENNTNISSE DER BEOBSCHAUUNGEN UND DER KARTIERUNGEN**

Durch die Beobachtungen konnte eine Vielzahl an Erkenntnissen gewonnen werden, die in den einzelnen Gebieten gleichermaßen vorzu finden waren. Viele dieser Eindrücke decken sich mit den Ergebnissen der zuvor geführten Umfrage.

Auf Basis des Beobachtungskataloges hat sich vor allem in den Karlsruher Fallbeispielen herauskristallisiert, dass die Verhaltensweisen sowohl von Wildparkenden als auch die Reaktion der aktiven Mobilitätsteilnehmende auf diese, in unterschiedlichen Bereichen des urbanen Raumes abweichen. Hierbei wurden für die individuellen Fallbeispiele – sowohl Karlsruhe als auch Osnabrück – unterschiedliche Zonen definiert. Diese unterteilen sich in Fußgängerzonen, verkehrsberuhigte Bereiche und stark von Autos befahrene Straßen. Es hat sich gezeigt, dass vor allem in den Bereichen der Fußgängerzonen, Bewegungslinien weniger durch wild parkende Fahrzeuge beeinflusst werden als in stark befahrenen Straßen. Dabei spielt vor allem der zur Verfügung stehende (Bewegungs-) Raum für aktive Mobilitätsteilnehmende und Wildparker eine entscheidende Rolle. Dieser entscheidet oftmals, ob wildgeparkte Objekte als Störfaktor wahrgenommen und aktiv aus dem Weg gegangen werden muss.

Des Weiteren hat sich gezeigt, dass die Funktion der Erdgeschosszonen eine entscheidende Rolle für wild geparkte Objekte spielt. Vor allem zur Mittagszeit (11.00-15.00 Uhr) geben Gastronomie oder Funktionen für den täglichen Bedarf, Radfahrende Grund zum Anlass ihr Fahrrad direkt vor der entsprechenden Ladenfläche – wie beispielsweise Cafés – abzustellen. Dies war in allen zuvor definierten Zonen auszumachen. Vermehrt jedoch in den Fußgängerzonen mit belebten Erdgeschosszonen. Somit haben sich beispielsweise im Gebiet K1 der Luwigsplatz und in K2 der Lidellplatz als "Wildpark-Hotspots" herausgestellt.

Bezieht man sich im weiteren Verlauf auf das Stadtmobiliar, haben sich folgende Erkenntnisse ergeben:

Beliebte Orte zum Wildparken, sind insbesondere Zäune, Poller, Laternen oder Straßenschilder. Hierbei handelt es sich überwiegend um Privatfahrzeuge, die an den Objekten angekettet werden. Ein vermehrtes Aufkommen ist vor allem in der Nähe von Fahrradständern auszumachen. Vorbildlicherweise werden viele der wild geparkten Räder weitgehend platzsparend und auf der Seite geparkt, wodurch sie einen geringeren Störfaktor darstellen (Abb. 38). Leihobjekte, wie NextBikes oder E-Scooter, hingegen sind in vielen Fällen willkürlicher platziert und beeinträchtigen oftmals den aktiven Verkehrsteilnehmer (Abb. 36).

In einem späteren Verlauf wurden einige der Beobachtungen kartiert. Diese verbildlichen und bestätigen vor allem die Beobachtungen, welches Stadtmobilier das Wildparken begünstigen (siehe im Absatz zuvor).

Bildlich dargestellt wird auch die Aussage bestätigt, dass sich "Wildpark-Hotspots" vor allem in den verkehrsberuhigten Bereichen, beziehungsweise in Fußgängerzonen, mit öffentlichen Erdgeschossfunktionen ergeben. Besonders das Beispiel O2 hat aufgezeigt, wie aktiv gegen vermehrt auftretendes Wildparken vorgegangen werden kann. Die Untersuchung der zur Verfügung stehenden Medien hat in Ansätzen gezeigt, dass die Nutzung und das regelmäßige Angebot von PKW-Stellplätzen als Abstellmöglichkeiten für Fahrräder gut funktionieren kann. Dies hat das Aufkommen von wild parkenden Objekten innerhalb des Gebietes deutlich verringert. Ähnlich denkbar wäre eine solche Lösung auf für E-Scooter.

Aus den angestellten Beobachtungen, sowie der Kartierung haben sich vor allem Bereiche herausgestellt, in denen Wildparken vermehrt auftritt. Hierbei haben die einzelnen Fallbeispiele einen entscheidenden Beitrag dazu geleistet, allgemeine Erkenntnisse zu formulieren. Interessanterweise haben sich viele der Phänomene oftmals in mehreren Gebieten gleichzeitig abgespielt. Dies vereinfacht das Treffen allgemeiner Aussagen. Um die zuvor genannten Thesen jedoch weiter zu stützen sind weitere Untersuchungen essenziell.

Bei Sharing-Systemen hat sich deutlich eine geringere Rücksicht auf andere Verkehrsteilnehmende herausgestellt, was unter anderem auf das integrierte Schloss und die Tatsache, dass es sich nicht um Privatbesitz handelt, zurückzuführen ist.

## **BEANTWORTUNG DER LEITFRAGE ALS FAZIT**

Die zuvor gewonnenen Erkenntnisse sollen im Folgenden zur Beantwortung der Leitfrage, wie sich das Wildparken von Fahrrädern und E-Scooter auf die Stresswahrnehmung von aktiven Mobilitätsteilnehmenden auswirkt, beitragen.

Das Phänomen des Wildparkens hat sich gehäuft nachweisen lassen. Hierbei wurden zuvor Gründe, Orte und Rahmenparameter genauer erläutert. Es lässt sich sagen, dass die Aspekte, in bestimmten Situationen, Stress bei aktiven Verkehrsteilnehmenden auslösen können. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die wildgeparkten Objekte sich zu einem Störfaktor entwickeln. Ein entscheidender Bestandteil ist, ob die wildgeparkten Objekte so stehen, dass die ursprünglichen Bewegungslinien verlassen werden müssen. Falls dies nicht der Fall ist, werden die Objekte als weniger störend empfunden (siehe Umfrageergebnisse). Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Ort und die damit einhergehende Einsehbarkeit der wildgeparkten Objekte. Insbesondere bei schwer einsehbaren oder unvorhersehbaren Situationen, wie beispielsweise ein wildgeparkter E-Scooter, hinter einer Gebäudeecke, konnte eine erhöhter Stressfaktor beobachtet werden. Das rein optische Bild hingegen, das durch das Wildparken entsteht, wird nicht als Stressauslöser in betracht gezogen.

Abschließend kann man festhalten, dass wildgeparkte Objekte, die als Störfaktor wahrgenommen werden, auch zur Stressauslösung bei den aktiven Verkehrsteilnehmenden führen können. Stehen diese jedoch nicht im Weg, werden die wildgeparkten Objekte trotz des "unschönen Bildes" zumeist nicht als Stress auslösend empfunden. Aufgrund der subjektiven Wahrnehmung von Stress, kann es hier bei einzelnen Personen Abweichungen in der Wahrnehmung geben.

## **AUSBLICK**

In diesem Zusammenhang kann festgehalten werden, dass in Zukunft noch weitere Untersuchungen zum Thema des Wildparkens für die Gewinnung weiterer Erkenntnisse angestellt werden können. Vor allem Probedurchläufe mit ausgewählten Teilnehmenden auf den Strecken der Fallbeispiele, könnte ein weiterer Schritt in der Forschung darstellen. Insbesondere subjektive Parameter könnten dadurch mehr in die Argumentation miteinbezogen werden. Hierbei kann die Erarbeitung eines größeren Datensatzes Aussagen spezifischer beleben und Hintergründe genauer geprüft werden.

Die ersten Ansätze der eigenen Forschung haben sich abschließend jedoch als produktiv herausgestellt, um den Parameter des Wildparkens als möglichen Stressfaktor zu definieren.

## LITERATURVERZEICHNIS

Bundesamt für Justiz (2013). Straßenverkehrsordnung (StVO) § 32 Verkehrshindernisse. [https://www.gesetze-im-internet.de/stvo\\_2013/\\_32.html](https://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/_32.html) (Zugriff am 20.11.2023)

Bundesamt für Justiz (2019). Verordnung über die Teilnahme von Elektrokleinstfahrzeugen am Straßenverkehr (Elektrokleinstfahrzeuge-Verordnung – eKFV). <https://www.gesetze-im-internet.de/ekfv/BJNR075610019.html> (Zugriff am 20.11.2023)

Bussgeldkatalog (2023). E-Scooter fahren: Der Kampf um die Straße. <https://www.bussgeldkatalog.de/e-scooter/> (Zugriff am 20.11.2023)

Eckardt, F. (2014). Stadtforschung: Gegenstand und Methoden. Springer-Verlag. Wiesbaden.

FUSS e.V. (k.A.). Abgestellte Fährräder und E-Roller. o.O. <https://www.gehwege-frei.de/weitere-aspekte/abgestellte-fahrraeder.html> (Zugriff am 05. März 2024)

Google LLC (2006). Google Forms. <https://docs.google.com/forms/> (Zugriff am 29.01.2024)

Groves, R. et al. (2009). Survey Methodology. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken.

Gürleyen M. (2021). Fahrspaß oder Müllproblem?. o.O. <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbraucher/e-scooter-wegwerfprodukt-101.html> (06.03.2024)

Land Baden-Württemberg (2019). § 37 Stellplätze für Kraftfahrzeuge und Fahrräder, Garagen. <https://www.landesrecht-bw.de/bsbw/document/jlr-BauOBW2010rahmen/part/X> (Zugriff am 20.11.2023)

Lindner, R. (2004). Walks on the wild side: eine Geschichte der Stadtforschung. Campus Verlag. New York.

Mobilitätsmagazin (2023). Fahrrad parken: Wo dürfen Sie Ihren Drahtesel abstellen?. <https://www.bussgeldkatalog.org/fahrrad-parken/> (Zugriff am 20.11.2023)

Pfalzgraf M. (2017). Fahrrad-Chaos in Chinas Mega-Städten. o.O. <https://www.deutschlandfunk.de/bike-sharing-booomt-fahrrad-chaos-in-chinas-mega-staedten-100.html> (Zugriff am 05. März 2024)

Plies, R. (2023). Fahrradstadt Karlsruhe: So gut ist das Radnetz wirklich. <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/karlsruhe/adfc-entwicklung-fahrradnetz-karlsruhe-100.html> (Zugriff am 26.02.2024)

Remien A. (2019). Fehlende Stellplätze. Wohin bloß mit dem Fahrrad?. o.O. <https://www.sueddeutsche.de/auto/fahrrad-abstellplaetze-immobilien-1.4477527xs> (Zugriff am 26.02.2024)

Slocum, T. et al. (2009). Thematic Cartography and Geographic Visualization. Prentice Hall. Upper Saddle River.

Wirth G. (2023). Umfrage: Fußgänger stören sich stark an E-Scootern. o.O. <https://www.br.de/nachrichten/deutschland-welt/umfrage-fussgaenger-stoeren-sich-stark-an-e-scootern,TwLqXDI> (Zugriff am 05. März 2024)

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

- Abb. 1: Titelbild Wildparken.
- Abb. 2: Wildparkende E-Scooter, Beginn Fußgängerzone.
- Abb. 3: Wildparkende Fahrräder, Erbprinzenstraße Karlsruhe.
- Abb. 4: Leitfaden (ADFC, 2020). [https://www.adfc.de/fileadmin/user\\_upload/Expertenbereich/Politik\\_und\\_Verwaltung/Download/Fahrraeder\\_Abstellen\\_ADFC-Leitfaden\\_Abstellen\\_fuer\\_Kommunen\\_und\\_Aktive.pdf](https://www.adfc.de/fileadmin/user_upload/Expertenbereich/Politik_und_Verwaltung/Download/Fahrraeder_Abstellen_ADFC-Leitfaden_Abstellen_fuer_Kommunen_und_Aktive.pdf) (Zugriff am 20.01.2023)
- Abb. 5: Leitfaden (BMDV, 2023). <https://radparken.info/downloads/leitfaeden-studien/radparken-leitfaden-2023.pdf>
- Abb. 6: Schlagzeile (FAZ, 2022). <https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/e-scooter-wie-deutsche-staedte-gegen-wildes-parken-vorgehen-18023015.html> (Zugriff am 20.01.2023)
- Abb. 7: Schlagzeile (SZ, 2023). <https://www.sueddeutsche.de/bayern/nuernberg-e-scooter-augsburg-regensburg-abstellen-1.5765975> (Zugriff am 20.01.2023)
- Abb. 8: Methodendiagramm.
- Abb. 9: Eigene Umfrage.
- Abb. 10: Eigene Umfrage.
- Abb. 11: Beobachtungskatalog.
- Abb. 12: Fahrradständer Karlsruhe (Mobilitätsportal Karlsruhe, 2024).
- Abb. 13: Kartierung O1.
- Abb. 14: Wildparker am Schild, O1 (Apple Maps, 2024).
- Abb. 15: Wildparker am Baum, O1 (Apple Maps, 2024).
- Abb. 16: Wildparker an Beet, O1 (Apple Maps, 2024).
- Abb. 17: Kartierung O2.
- Abb. 18: Fahrradständer, O2 (Apple Maps, 2024).
- Abb. 19: Wildparker am Lampe, O2 (Apple Maps, 2024).
- Abb. 20: Wildparker an Fahrradständer, O2 (Apple Maps, 2024).
- Abb. 21: Kartierung Stadtmobiliar, K1.
- Abb. 22: Südliche Waldstraße, K1.
- Abb. 23: Stephanplatz, K1.
- Abb. 24: Ludwigsplatz, K1.
- Abb. 25: Kartierung Wildparken K1.
- Abb. 26: Ludwigsplatz, K1.
- Abb. 27: Erbprinzenstraße, K1.
- Abb. 28: Innenhof BLB, K1.
- Abb. 29: Kartierung Stadtmobiliar K2.
- Abb. 30: Adlerstraße, K2.
- Abb. 31: Kartierung Wildparken K2.
- Abb. 32: Zähringerstraße, K2.

Abb. 33: Zähringerstraße, K2.

Abb. 34: Lidellplatz, K2.

Abb. 35: Foto Umfrage.

Abb. 36: Foto Umfrage.

Abb. 37: Foto Umfrage.

Abb. 38: Foto Umfrage.



ABB. 1. TAG-NACHT-VERGLEICH-ZÄHRINGERSTRASSE

**CÉLINE MARTIN  
LINDA REISTER  
LUCÍA TROJAN**

## **STRESSFAKTOR ÖFFENTLICHE BELEUCHTUNG**

Die vorliegende Forschungsarbeit untersucht den Zusammenhang zwischen öffentlicher Beleuchtung und dem subjektiven Stressempfinden von Radfahrenden und Zufußgehenden.

Da die öffentliche Beleuchtung, die oft als selbstverständlicher Bestandteil städtischer Umgebungen betrachtet wird, eine bedeutsame Rolle im Wohlbefinden und der Sicherheit von Verkehrsteilnehmenden spielt.

Die Wahrnehmung von Licht prägt unseren Alltag in vielfältiger Weise. In dunklen Gassen erzeugt spärliches Licht eine beklemmende Atmosphäre, während grelle Reklametafeln mit Überlichtung eine hektische Stimmung auslösen. Gute Sichtverhältnisse schaffen Sicherheit und Klarheit, während eine schlechte Sicht Unsicherheiten hervorrufen. Unterschiedliche Lichteinflüsse, von warmem Sonnenuntergangslicht bis zu kaltem Neonlicht, beeinflussen unsere Emotionen und prägen die Stimmung unterschiedlicher Orte. Licht ist somit ein Schlüsselement, das unsere täglichen Wahrnehmungen formt.

Ziel dieser Studie ist, eine umfassende Perspektive auf das Spannungsfeld Stressmessungen und nächtliche Umgebung liefert. Insbesondere wird der Einfluss von Licht auf Zufußgehende und Radfahrende analysiert, um die potenziellen Auswirkungen auf deren Wohlbefinden und Sicherheit besser zu verstehen. Die Messung des Einflusses von Licht auf Zufußgehende und Radfahrende bei Nacht zielt darauf ab, die Wechselwirkungen zwischen Beleuchtung und Stressniveau zu erfassen. Das Verständnis dieser Zusammenhänge könnte perspektivisch dazu beitragen nicht nur die Grundlagenforschung im Bereich Stress zu erweitern, sondern auch konkrete Anwendungen für die Gestaltung sicherer und stressfreier urbaner Umgebungen zu ermöglichen.

## EINLEITUNG | MOTIVATION | THEMENFINDUNG

Die Untersuchung des Stressfaktors öffentliche Beleuchtung nimmt eine zentrale Rolle in der Erforschung städtischer Umgebungen ein. Im Rahmen dieser Arbeit wird herausgearbeitet, dass die Rolle der Beleuchtung nicht nur als gestaltendes Element für die städtischen Erfahrungen zu verstehen ist, sondern insbesondere hinsichtlich der Auswirkungen auf das Wohlbefinden von Zufußgehenden und Radfahrenden eine wichtige Stellung einnimmt. In einer zunehmend urbanisierten Welt gewinnt die öffentliche Beleuchtung nicht nur als Sicherheitsaspekt, sondern auch als Einflussfaktor auf die emotionale Erfahrung des urbanen Lebensraums an Relevanz. Diese Forschung widmet sich der systematischen Analyse möglicher Stressfaktoren, die durch verschiedene Aspekte der Beleuchtung in städtischen Gebieten hervorgerufen werden können. Der Fokus liegt dabei auf einem breiten Spektrum an Analysen und Messungen, unter anderem die von künstlicher Beleuchtungsinstallationen. Die es so weit ermöglichen mit dem gewählten Ansatz eine ganzheitliche Perspektive auf den Einfluss der öffentlichen Beleuchtung auf das Stresserleben zu gewinnen. Dabei eröffnet die Frage nach dem "Was?", "Warum?" und "Womit?" in Bezug auf die städtische Beleuchtung, ein komplexes Feld. Welche Art von Beleuchtung ist notwendig, um die Bedürfnisse der BürgerInnen zu erfüllen?

Warum ist die Gestaltung der Lichtverhältnisse in der Stadt von so großer Bedeutung? Und womit lässt sich eine effektive, nachhaltige und zugleich ästhetisch ansprechende städtische Beleuchtung realisieren?

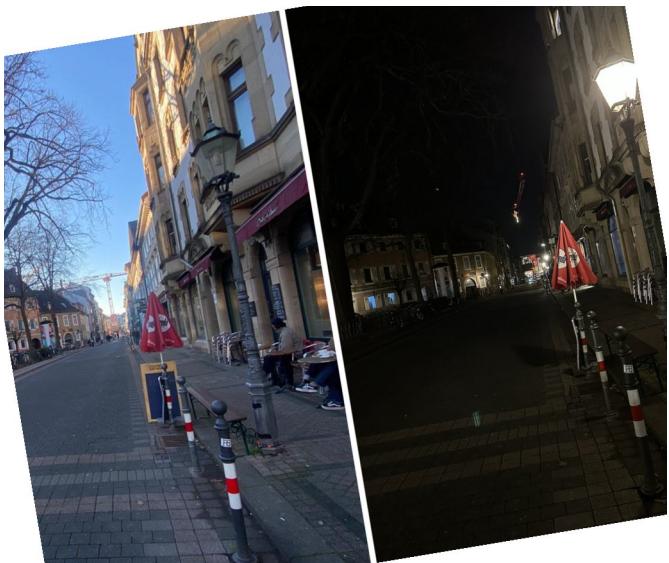


ABB. 2: TAG-NACHT-VERGLEICH MARKGRAFENSTRASSE

### MOTIVATION

Diese dunklen Zonen stellen nicht nur ein Sicherheitsrisiko für Zufußgehende und Radfahrende dar, sondern sind auch in Bezug auf Kriminalität ein drängender Aspekt, der einer dringenden Lösungen bedarf.

Die Untersuchung der nächtlichen öffentlichen Beleuchtung zielt darauf ab, herauszufinden, unter welchen Beleuchtungssituationen in welchem Kontext Stress ausgelöst wird. Hierbei wird nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität des Lichts berücksichtigt. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen als Grundlage für fundierte Empfehlungen dienen, um in

zukünftigen städtischen Planungen eine gezielte und positive Beeinflussung des nächtlichen Wohlbefindens der BewohnerInnen zu erreichen.

Die Idee, Stressempfinden auch nachts zu betrachten, entstand aus der Erkenntnis, dass bisherige Forschungen hauptsächlich den Tag ~~Blieb Zieldatum für die nächtliche Messungen. Beleuchteten Raum während die nommen, wie beispielsweise als Laternenmasten. Die Frage, ob das Licht einen Einfluss auf den menschlichen Stresslevel hat, führte dazu, den Fokus gezielt auf nächtliche Stressmessungen zu lenken, insbesondere unter Berücksichtigung der Beleuchtung (siehe Abb. 2). Zufußgehende und Radfahrende sind dabei besonders relevant, da sie in urbanen Gebieten oft nachts unterwegs sind und dabei ei-~~

## THEMENFINDUNG

ner Vielzahl von Lichtquellen ausgesetzt sind.



ABB. 3: TAG-NACHT-VERGLEICH-ZÄHRINGERSTRASSE

## **FORSCHUNGSFRAGE**

### **WIE WIRKT SICH DIE VERWENDUNG KÜNSTLICHER BELEUCHTUNG AUF DAS STRESSNIVEAU VON RADFAHRENDEM UND ZUFUSSGEHENDEN AUS?**

Um das Thema Licht und Stress im Straßenverkehr genauer zu untersuchen, wurde die folgende Fragestellung gewählt, um zunächst Lichtquellen im Allgemeinen zu betrachten. Im Rahmen der übergeordneten Forschungsfrage wurden potenziellen Auswirkungen von Licht auf Radfahrende und Zufußgehende betrachtet. Im Rahmen der übergeordneten Forschungsfrage wurden potenzielle Auswirkungen von Licht auf Radfahrende und Zufußgehende betrachtet sowie Licht in verschiedene Kategorien, wie funktionales und dekoratives Licht eingeteilt. Eine vertiefte Recherche wurde durchgeführt, um insbesondere zu rechtlichen Grundlagen der Straßenbeleuchtung sowie zu verschiedenen Arten von Beleuchtung, Erkenntnisse zu erlangen. Dabei sollten vor allem unterschiedliche Lichtstärken, Farben und Beleuchtungsformen betrachtet werden.

### **WELCHEN EINFLUSS HABEN DIE VERSCHIEDENEN BELEUCHTUNGSFORMEN UND IHRE PLATZIERUNG IM STADTRAUM AUF ZUFUSSGEHENDER UND RADFAHRENDE?**

Diese Frage erforscht die Auswirkungen verschiedener Beleuchtungsformen und ihrer Anordnung auf das Stressverhalten von Zufußgehenden und Radfahrenden. Die Analyse konzentriert sich auf die Wechselwirkungen zwischen Lichtarten und deren Eigenschaften (Helligkeit, Lichtfarbe usw.) auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmenden. Die Relevanz der Positionierung von Beleuchtungssystemen wird ebenfalls betrachtet, um mögliche Schlussfolgerungen zu ziehen, beispielsweise bezüglich unzureichender Helligkeit aufgrund ungenügender Abstände zwischen den Leuchten. Das übergeordnete Ziel ist die Schaffung einer Grundlage für sichere und effektive Beleuchtungssysteme im Straßenverkehr, mit dem Fokus auf der Identifizierung potenzieller Verbesserungen für die Sicherheit und den Komfort von Zufußgehenden und Radfahrenden.

## **WIE BEEINFLUSST DIE HELLIGKEIT DES STRADTAUMES DAS VERHALTEN VON RADFAHRENDEN UND ZUFUSSGEHENDEN?**

Durch diese Frage soll der direkte Einfluss der Helligkeit in einer Straßenumgebung auf das Verhalten von Radfahrenden und Zufußgehenden ermittelt werden. Durch die Fokussierung auf ein so konkretes Element ermöglicht diese Fragestellung eine präzise Untersuchung der direkten Beziehung zwischen der Helligkeit des Straßenraums und dem Verhalten von Zufußgehenden und Radfahrenden. Zudem sollen Erkenntnisse darüber gewonnen werden, ab wann angenommen werden kann, dass eine Stresssituation durch Helligkeit verursacht wird, beispielsweise durch Blendung bei einem zu hohen Helligkeitsgrad. Das Ziel besteht darin, Einblicke zu gewinnen, die helfen können, das optimale Beleuchtungsniveau für eine sichere und komfortable Verkehrsumgebung zu bestimmen.

## **WIE WERDEN VERSCHIEDENE BELEUCHTUNGSSITUATIONEN SUBJEKTIV VON MENSCHEN WAHRGENOMMEN?**

Die Wahl dieser Frage zielt darauf ab, das subjektive Erleben von Menschen in Bezug auf die Beleuchtungssituation zu verstehen, indem ihre persönliche Wahrnehmung und Empfindung in den Fokus gerückt wird. Die Fragestellung ermöglicht die Untersuchung der individuellen Perspektiven, Eindrücke und Emotionen der Menschen. In Bezug auf die beleuchtete Umgebung sowie die Ermittlung von Situationen, welche begründen, warum sie Stress empfinden. Letztendlich zielt diese Frage darauf ab, Einblicke in die individuellen Bedürfnisse und Präferenzen der Menschen bezüglich der Beleuchtung zu gewinnen. Dies soll dazu dienen, die Gestaltung von Beleuchtungssystemen besser an die Bedürfnisse und das Wohlbefinden auf dem Fahrrad, bzw. zu Fuß zu steigern.

## HINTERGRUND | STAND DER FORSCHUNG

Im Rahmen der Untersuchung urbaner Arten der Fortbewegung wie Radfahren und Zufußgehen entstand eine tiefe Sensibilität für die vielfältigen Einflüsse der städtischen Umgebung auf Emotionen. Das Zusammenspiel von Bewegung, Licht und urbaner Architektur während des Radfahrens und Zufußgehens waren die Gründe, über die physische Dimension hinaus nach den verborgenen Stressoren zu suchen, die sich in emotionalen Wahrnehmung manifestieren. Insbesondere hat die Rolle der Beleuchtung als omnipräsent Element in urbanen Szenarien das Augenmerk auf sich ziehen können. Durch persönliche Beobachtungen und Reflexionen über eigene Reaktionen auf unterschiedliche Lichtverhältnisse stieg die Motivation, tiefer in diese Thematik einzutauchen. Diese introspektiven Erfahrungen bilden den Ausgangspunkt der Forschungsreise, die darauf abzielt, die komplexen Zusammenhänge zwischen Beleuchtung, urbaner Mobilität und emotionaler Resonanz aufzudecken.

## RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Die rechtlichen Grundlagen für die Beleuchtung im städtischen Raum variieren auf verschiedenen Ebenen, sowohl landes- als auch bundesweit. Es gibt eine Unterscheidung zwischen der allgemeinen Beleuchtungspflicht und spezifischen Vorgaben für Umfang und Art der Straßenbeleuchtung.

Auf Landesebene regelt das Straßengesetz (StrG) die allgemeine Beleuchtungspflicht innerhalb geschlossener Ortslagen durch die Gemeinden. Zusätzlich gibt das Naturschutzgesetz (NatSchG) Vorgaben zur technischen Ausgestaltung insektenfreundlicher Beleuchtungsanlagen vor.

Auf Bundesebene enthält das Bundesfernstraßengesetz (FStrG) keine spezifischen Regelungen zur Straßenbeleuchtung. Hier greift die Straßenverkehrsordnung (StVO) (siehe Abb. 3), die die Verpflichtung des Straßenbaulastträgers zur Beleuchtung von Verkehrszeichen,



ABB. 4: STVO-RECHTSBUCH

Verkehrseinrichtungen und Fußgängerüberwegen regelt.

Die Anforderungen an die Beleuchtungsgestaltung sind im Kommunalrecht verankert und fallen unter die selbstständige kommunale Aufgabe im Rahmen der allgemeinen Daseinsvorsorge.

Normative Vorgaben für die Umsetzung sind in der DIN (EN) 13 201 festgelegt, die lichttechnische Anforderungen und Anlagenwerte definiert. Die DIN 13201-1 und DIN EN 13201, Teile 2 bis 5, behandeln spezifisch die Anforderungen an die Straßenbeleuchtung. Adaptive Beleuchtungsanlagen ermöglichen eine flexible Anpassung an verkehrs- und wetterbedingte Gegebenheiten, was eine effiziente Nutzung von Energie, Sicherheit für Verkehrsteilnehmende und Unterstützung des Naturschutzes durch gezielte Anpassung des Lichts an die jeweiligen Umweltbedingungen fördert (DIN 13 201, 2021).

## HINTERGRUNDINFORMATION

In den letzten Jahrzehnten gewann urbane Mobilität durch wachsenden Verkehr und städtische Entwicklung an Bedeutung. Radfahren und Zufußgehen reflektieren nicht nur alternative Fortbewegungsmittel, sondern auch individuelle Lebensstile (J. Huang-Lachmann, 2023). Die Forschung fokussiert sich auf die Beleuchtung als potenziellen Stressor in städtischen Gebieten, besonders beim Radfahren und Zufußgehen (siehe Abb. 4). Ziel ist es, den durch Licht induzierten Stress bei Radfahrern und Fußgängern zu verstehen. Frühere Studien zeigen den Einfluss der Beleuchtung auf das emotionale Wohlbefinden, es fehlen jedoch spezifische Erkenntnisse zum Erleben dieser Einflüsse während der Fortbewegung in urbanen Gebieten. Der hier gewählte Forschungsansatz zielt darauf ab, Emotionen von Radfahrenden und Zufußgehenden in Verbindung mit verschiedenen Lichtbedingungen zu analysieren. Innovative Methoden sollen Muster und Trends in der emotionalen Reaktion auf Beleuchtung in urbanen Umgebungen identifizieren, um das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Licht und Stress zu vertiefen und Anwendungen für eine verbesserte städtische Gestaltung zu liefern.

## METHODIK

Um die komplexen Zusammenhänge des "Stressfaktors öffentliche Beleuchtung" für Zufußgehende und Fahrradfahrende zu untersuchen, kamen verschiedene Methodiken zum Einsatz, die eine umfassende Analyse der relevanten Faktoren ermöglichen. Der im Rahmen dieser Forschungsarbeit zur Anwendung kommende Methodenbaukasten berücksichtigt sowohl objektive als auch subjektive Daten zu sammeln, um ein ganzheitliches Verständnis der Auswirkungen der öffentlichen Beleuchtung auf das Stresserleben der Verkehrsteilnehmer zu erlangen.

### EIGENE BEOBSCHAUUNGEN

Die Methodik der eigenen Beobachtungen ist eine Forschungsstrategie (nach Eckardt, 2014), bei der der Forschende persönlich vor Ort ist, um Phänomene direkt zu beobachten und Informationen aus erster Hand zu sammeln. Dieser Ansatz ermöglicht es, reale Bedingungen zu erfassen, Verhaltensweisen zu beobachten und im Kontext zu verstehen. Eigene Beobachtungen tragen dazu bei, die subjektive Perspektive der Forscher in die Analyse einzubeziehen, sodass unterschiedliche Beobachtende aufgrund ihrer individuellen Betrachtungsweise und Wahrnehmung verschiedene Eindrücke als Ergebnis präsentieren, welche jeweils betrachtet werden können.



ABB. 5: STRESSSENSOR MESSUNG

### STRESSSENOREN MESSUNG

Die Stresssensor-Messung ist eine Methodik (nach Haug und Zeile), die auf der Verwendung physiologischer Sensoren basiert, um den Stresslevel einer Person objektiv zu messen. Diese Sensoren erfassen physiologische Parameter wie (Hautleitfähigkeit und Körpertemperatur) die mit Stressreaktionen im Körper korrelieren (siehe Abb.5). Die Methode ermöglicht eine quantitative Bewertung des Stressniveaus, unabhängig von subjektiven Berichten. In der Forschung zum "Stressfaktor öffentliche Beleuchtung" kann diese Methodik verwendet werden, um die direkten Auswirkungen von Beleuchtungsszenarien auf den Stresslevel von Zufußgehenden und Fahrradfahrenden zu analysieren.

## MAPPING MIT ABSTANDSMESSUNGEN

Die Mapping-Methodik (nach Eckhardt, 2014) beinhaltet die visuelle Darstellung von Informationen auf Karten oder räumlichen Diagrammen. Im Kontext der Untersuchung des "Stressfaktors öffentliche Beleuchtung" könnte Mapping in Kombination mit Abstandsmessungen genutzt werden, um Standorte und Eigenschaften von Beleuchtungselementen in städtischen Gebieten zu lokalisieren (siehe Abb. 6). Dies ermöglicht die Identifikation von räumlichen Mustern und Zusammenhängen zwischen öffentlicher Beleuchtung und potenziellen Stressfaktoren für Zufußgehende und Fahrradfahrenden.



ABB. 6: ABSTANDSMESSUNG

## TYPLOGISIERUNG

Die Methodik der Typologisierung beinhaltet die systematische Klassifizierung von Objekten oder Informationen in verschiedene Typen oder Kategorien. Im Rahmen der Forschung zum "Stressfaktor öffentliche Beleuchtung" könnte die Typologisierung dazu dienen, unterschiedliche Beleuchtungsszenarien in Stadtgebieten oder spezifische Merkmale der Beleuchtungselemente in klar definierte Typen zu unterteilen. Diese Kategorisierung ermöglicht es, die Vielfalt von Beleuchtungseinflüssen zu strukturieren und Unterschiede in ihrer Wirkung auf den Stress von Zufußgehenden und Radfahrenden zu identifizieren.

## RECHERCHE

Die Methodik der Recherche umfasst die systematische Suche nach relevanten Informationen, Daten und Erkenntnissen zu einem bestimmten Thema (siehe Abb. 7). Ziel ist es, eine fundierte Basis an bereits verfügbarem Wissen zu gewinnen, um die Forschungsfrage zu kontextualisieren.



ABB. 7: RECHERCHE

# DURCHFÜHRUNG



ABB. 8: LUX-MESSGERÄT

## MESSUNGEN: LUX-MESSUNGEN

Die Methodik der Lux-Messungen beinhaltet die Erfassung der Lichtstärke oder Beleuchtungsstärke in Lux, an bestimmten Orten oder in bestimmten Umgebungen (siehe Abb. 8). Im Kontext der Forschung zum "Stressfaktor öffentliche Beleuchtung" könnten lux-Messungen eingesetzt werden, um die Intensität und die Streuung des Lichts in verschiedenen städtischen Bereichen zu untersuchen und zu dokumentieren. Dies ermöglicht eine objektive Bewertung der Lichtverhältnisse und unterstützt die Analyse möglicher Zusammenhänge zwischen der Beleuchtung und dem Stressniveau von Zufußgehenden und Radfahrenden.

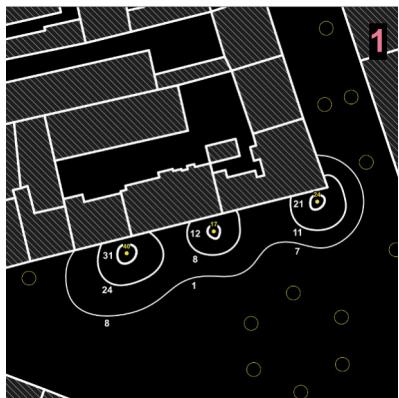


ABB. 9: LICHTSTREUUNG SITUATION 1

## ERFASSUNG DER LICHTSTREUUNG

In diesem Zusammenhang werden mittels des Lux-Messgeräts verschiedene Aspekte der Beleuchtung erfasst. Durch die Messung in Abständen von jeweils 2 m, 5 m und 10 m ist es möglich, einen groben Überblick über die Ausstrahlung der Beleuchtung zu gewinnen. Diese Methodik dient außerdem dazu, das präzise Feststellen des Verblässens des Lichts bei den einzelnen Laternen zu ermöglichen (siehe Abb. 9).



ABB. 10: BEFRAGUNG

## BEFRAGUNG

Die Methodik der Befragung ist eine Forschungsstrategie, bei der Personen direkt befragt werden, um ihre Meinungen, Erfahrungen und Einschätzungen zu einem bestimmten Thema zu erhalten (siehe Abb. 10). Im Kontext der Forschung zum "Stressfaktor öffentliche Beleuchtung" könnten Befragungen dazu verwendet werden, die subjektive Wahrnehmung von Zufußgehenden und Fahrradfahrenden hinsichtlich der öffentlichen Beleuchtung zu erfassen (siehe Abb. 12 & 13). Dies ermöglicht es, individuelle Perspektiven und Meinungen zu identifizieren und in die Analyse der potenziellen Stressfaktoren einzubeziehen. Ein Auszug des hierbei verwendeten Fragebogens ist in der Abb. 11 zu sehen.

## UMFRAGEBOGEN

Umfrage:

„Wie erleben Menschen die Beleuchtungssituation in ihrer persönlichen Wahrnehmung?“

Daten des Befragten:

Ort: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_ Geschlecht: \_\_\_\_\_ Alter: \_\_\_\_\_

Frage 1:

Wie sicher fühlen Sie sich mit der Beleuchtungssituation?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Sehr unsicher		
			Sehr sicher		

Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
----------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Frage 2:

Wie hoch schätzen Sie das Unfallrisiko aufgrund der Beleuchtungssituation ein?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Sehr niedrig		
			hoch		

Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
----------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Frage 3:

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung als blendend?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			angenehm		
			blendet stark		

Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
----------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Frage 4:

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung an dieser Stelle als zu dunkel?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			angenehm		
			finster		

Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
----------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Frage 5:

Inwieweit empfinden Sie die Positionierung der Leuchten als störend/behindernd?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Nicht störend		
			sehr störend		

Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
----------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

ABB. 11: UMFRAGEBOGEN

Situation 1:



ABB. 12: SITUATION 1 MARKGRAFENSTRASSE

Situation 2:



ABB. 13: SITUATION 2 ZÄHRINGERSTRASSE

## DURCHFÜHRUNG IN KARLSRUHE



ABB. 14: ABLAUFSTRECKE

Die Anwendung der unterschiedlichen Methoden erfolgte in den verschiedenen Gebieten in Karlsruhe und Osnabrück auf vielfältige Weise. Für die genaue Analyse der in dieser Forschung betrachteten Gebiete in Karlsruhe wurden die oben genannten Methodiken angewendet.

### BEOBSACHTUNGEN

Zu Beginn des Seminars wurden zunächst die zwei Untersuchungsgebiete in Karlsruhe betrachteten. Für einen ersten Eindruck der Beleuchtungssituation in diesen Gebieten, wurden eben diese sowohl bei Tag (am 18.12.2023 um 14:45-15:15) als auch bei Nacht (am 18.12.2023 um 19:45-20:15) abgelaufen. Dabei wurden erste Dokumentationen von besonders auffälligen Beleuchtungssituationen in Fotos festgehalten (siehe Abb. 15).

Im nächsten Schritt wurde eine feste Laufroute festgelegt die beiden Ge-



ABB. 15: TAG-NACHT-VERGLEICH K2

### STRESSENOREN-MESSUNG

biete durchquert, um einen erneuten Ablauf der Gebiete durchzuführen (siehe Abb. 14). Dieses Mal wurde den Personen jedoch ein Stresssensor um das linke Handgelenk umgebunden, um während des Laufens die Stressreaktion des Körpers auf die Beleuchtungssituationen zu erfassen. Drei Personen wurden Mitte Januar 2024 unabhängig vonein-

ander bei Dunkelheit losgeschickt, um die festgelegte Route abzulaufen, wobei die Stresslevel der Personen erfasst wurden.

### MAPPING MIT ABSTANDMESSUNGEN

Des Weiteren wurden auch Messungen angestellt, um die Abstände der sich innerhalb des Gebiets befindenden Leuchten zu bestimmen. Hierzu wurden die Entfernungsmessungen mithilfe des Zählens von Fußschritten ermittelt, welche wiederum in konkrete Meterangaben umgerechnet wurden (siehe Abb. 16). Dadurch war es dann möglich die ermittelten Abstände der Leuchten in ein CAD-Programm zu übertragen und eine Karte zu erstellen (siehe Abb. 17 & 18).



ABB. 16: SCHRITTCÄHLUNG

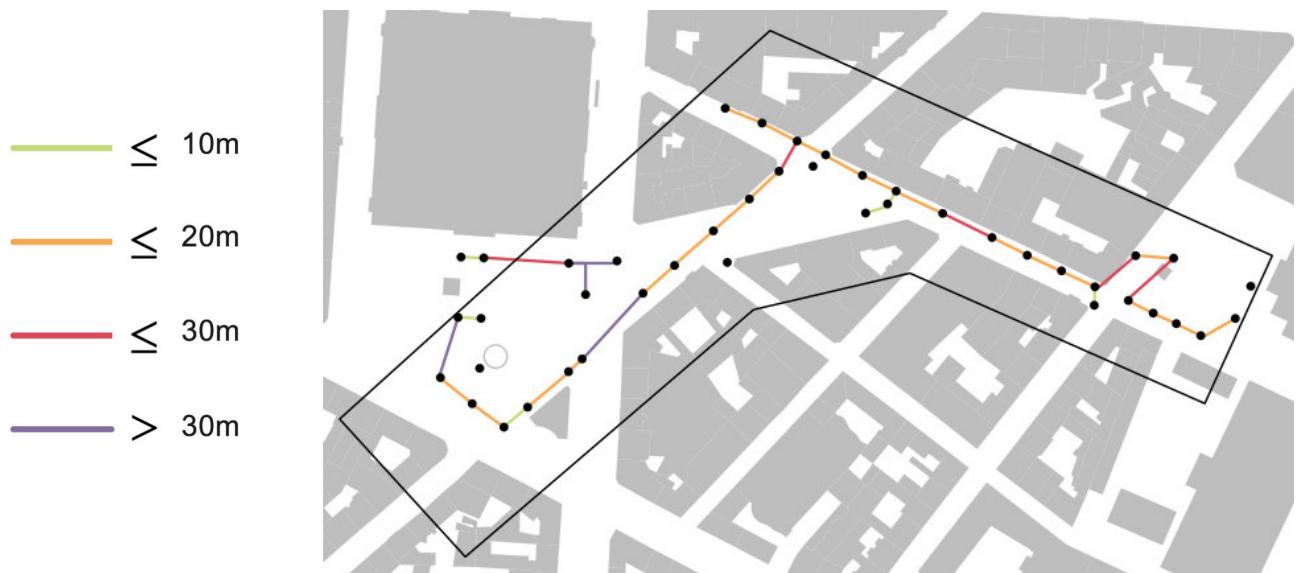


ABB. 17: LATERNENABSTAND K1

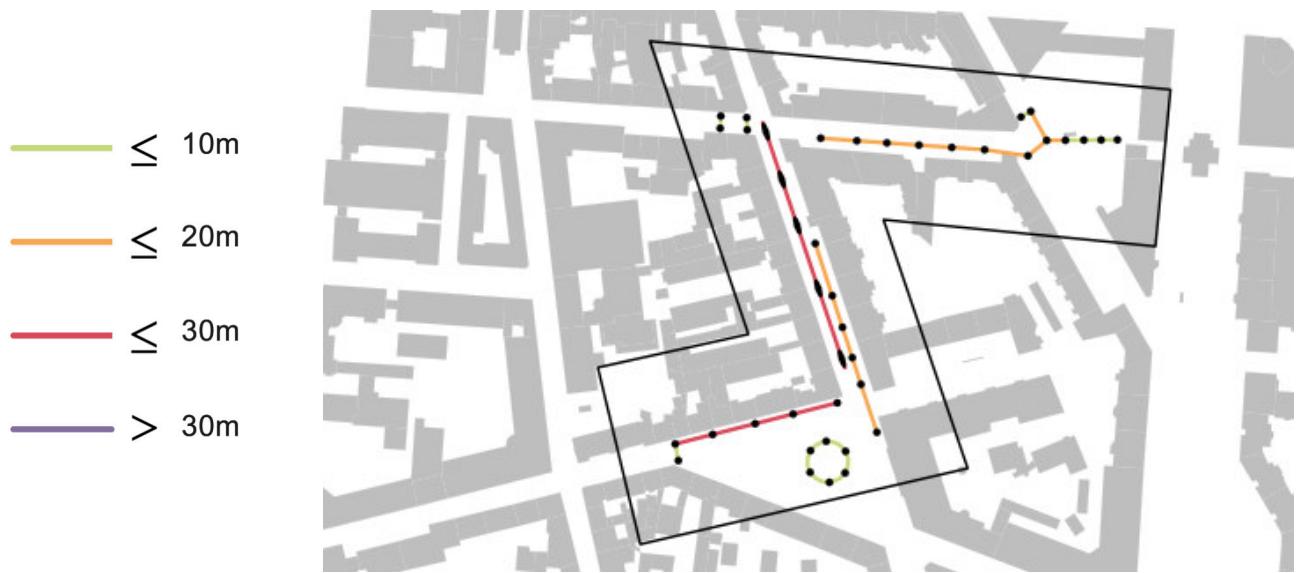


ABB. 18: LATERNENABSTAND K2



ABB. 19: TYPOLOGISIERUNG K1

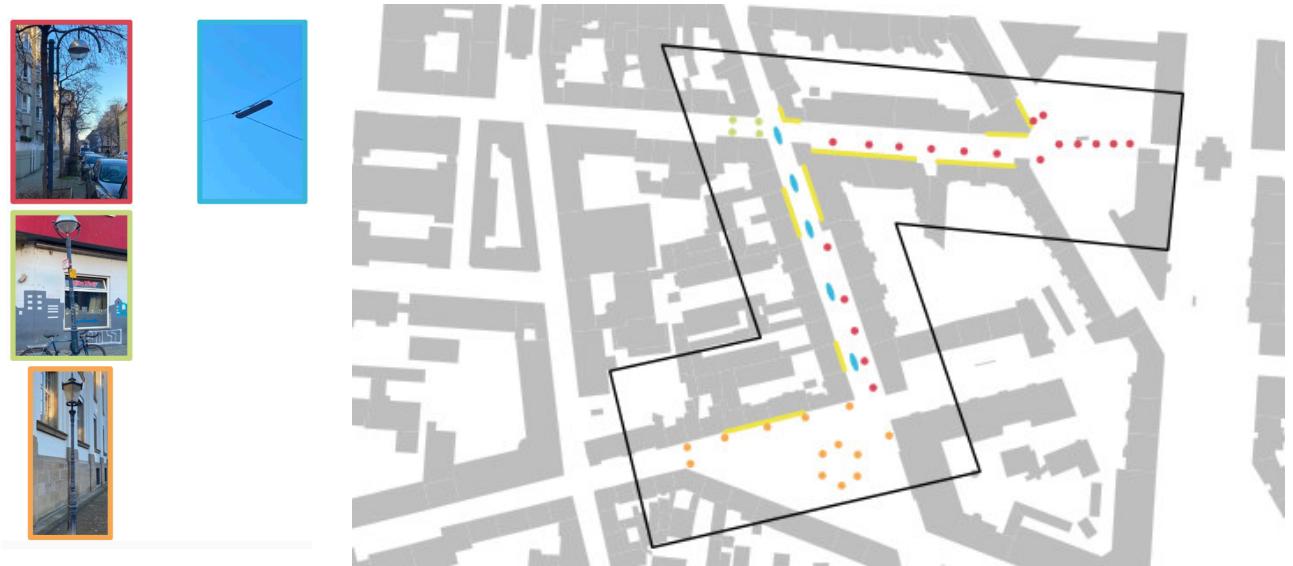


ABB. 20: TYPOLOGISIERUNG K2

## **TYPLOGISIERUNG**

Anschluss darauf erfolgte die Typologisierung der einzelnen Leuchten. Dabei wurden die Gebiete erneut bei Tag und bei Nacht abgelaufen, um sämtliche Leuchten mittels Mobiltelefons zu erfassen und zu dokumentieren. Im Anschluss wurden diese in verschiedene Beleuchtungstypen kategorisiert und eingeordnet. Abschließend wurden diese Dokumentationen ebenfalls in das CAD-programm übertragen und erneut eine Karte erstellt, welche wiederum zeigt, welche, sich im Gebiet befindende Leuchte, zu welcher Kategorie zugehörig ist (siehe Abb. 29 & 20). Dazu wurde versucht mithilfe von Buch und Internetrecherchen mehr über die verschiedenen Leuchtentypen herauszufinden.

## **LUX-MESSUNG**

Eine weitere Methodik, die zum Einsatz kam, war die Lux-Messung. Dabei wurde die Helligkeit jeder der sich im Gebiet befindenden Laternen, mithilfe eines Lux-Messgerätes bei Dunkelheit gemessen und schriftlich dokumentiert. Nachträglich wurden die Ergebnisse wiederum in eine mit CAD erstellte Karte übertragen, um die Helligkeit, die von den Leuchten ausgehen darzustellen.

## **ERFASSUNG DER LICHTSTREUUNG**

Des Weiteren wurden noch vertiefende Lux-Messungen angestellt, um bei bereits bei der ersten nächtlichen Begehung aufgefallenen Lichtsituationen genauer zu betrachten. Hierzu wurden Messungen in Abständen von jeweils 2m, 5m und 10m zu der betrachteten Leuchte, durchgeführt.

## **UMFRAGE**

Zum Abschluss wurde eine öffentliche Befragung durchgeführt, wobei mehrere PassantInnen in Karlsruhe zu zwei verschiedene Beleuchtungssituationen befragt wurden. Dazu wurde ihnen ein Fragebogen mit 5 Fragen überreicht, um deren Wahrnehmung auf einer Skala von 1 bis 5 zu dokumentieren. Dies würde ein erweitertes Bild der subjektiven Wahrnehmung von Beleuchtungssituationen schaffen.

# DURCHFÜHRUNG IN OSNABRÜCK



ABB. 21: KARTEN (APPLE, 2020)

Betrachtet man hingegen Osnabrück, so werden bereits die ersten Unterschiede deutlich sichtbar. Bei der detaillierten Untersuchung von Osnabrück kamen die bereits erwähnten Methoden zum Einsatz, jedoch in modifizierter Form, da eine direkte Analyse vor Ort nicht durchgeführt wurde, sondern eine Fernanalyse vorgenommen wurde.

## BEOBACHTUNGEN

Die Methodik der eigenen Beobachtung musste zunächst angepasst werden, sodass nur eine digitale Begehung mithilfe von Apple Karten möglich war (siehe Abb. 21). Diese ermöglichte jedoch nur eine eingeschränkte Einsicht in die Raumsituation bei Tageslicht, während ein Eindruck von den Lichtverhältnissen bei Nacht nicht gewonnen werden konnte.

## MAPPING MIT ABSTANDMESSUNGEN

Dennoch konnten durch die digitale Begehung und die Betrachtung von Luftbildern die Leuchten in den Untersuchungsgebieten erfasst und grob in eine Karte durch ein CAD-Programm eingetragen werden. Auf dieser Grundlage konnten die Abstände zwischen den Leuchten geschätzt und wiederum in einer Karte festgehalten werden (siehe Abb. 22 & 23).

## TYPOLOGISIERUNG

Für die Typologisierung der erfassten Leuchten wurde erneut die digitale Begehung als Hilfsmittel genutzt, um die einzelnen Leuchtentypen zu dokumentieren und zu kategorisieren. Diese Daten wurden dann in eine mit einem CAD-Programm erstellte Karte eingetragen. Dabei wurde versucht, mithilfe von Buch- und Internetrecherchen mehr über die verschiedenen Leuchtentypen zu erfahren (siehe Abb. 24 & 25).



ABB. 22: LATERNENABSTAND 01



ABB. 23: LATERNENABSTAND 02

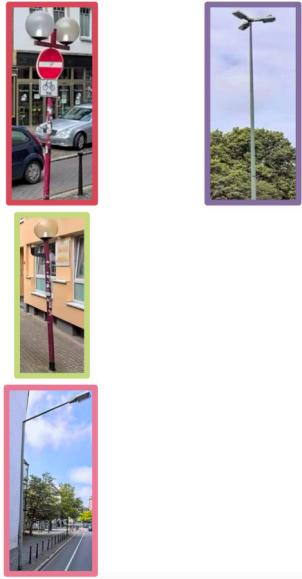


ABB. 24: TYPOLOGISIERUNG 01



ABB. 25: TYPOLOGISIERUNG 02

## **LUX-MESSUNG**

Die Methodik der Luxmessung konnte nicht direkt vor Ort durchgeführt werden. Stattdessen wurden die kategorisierten Leuchten in beiden Städten innerhalb der Gebiete verglichen. Die Lux-Messungen, die in Karlsruhe durchgeführt wurden, wurden auf ähnliche Lampenarten in Osnabrück übertragen. Um dies zu veranschaulichen, wurde eine Karte erstellt, die die theoretischen Lichtverhältnisse in den Untersuchungsgebieten von Osnabrück zeigt.

## **ERFASSUNG DER LICHTSTREUUNG**

Das gleiche Vorgehen wurde auch für die Erfassung der Lichtstreuung angewendet, um einen groben Überblick über die theoretischen Beleuchtungssituationen vor Ort zu erhalten. Stresssensormessungen vor Ort waren ebenfalls nicht möglich. Basierend auf den übertragenen Luxmesswerten und den Erfahrungswerten aus der Stressmessung in Karlsruhe können jedoch hypothetische Stresssituationen vermutet werden.

## **UMFRAGE**

Eine Befragung von PassantInnen wurde nicht durchgeführt, da dies sowohl konkrete Nachtsituationen vor Ort als auch die physische Anwesenheit erfordert hätte.

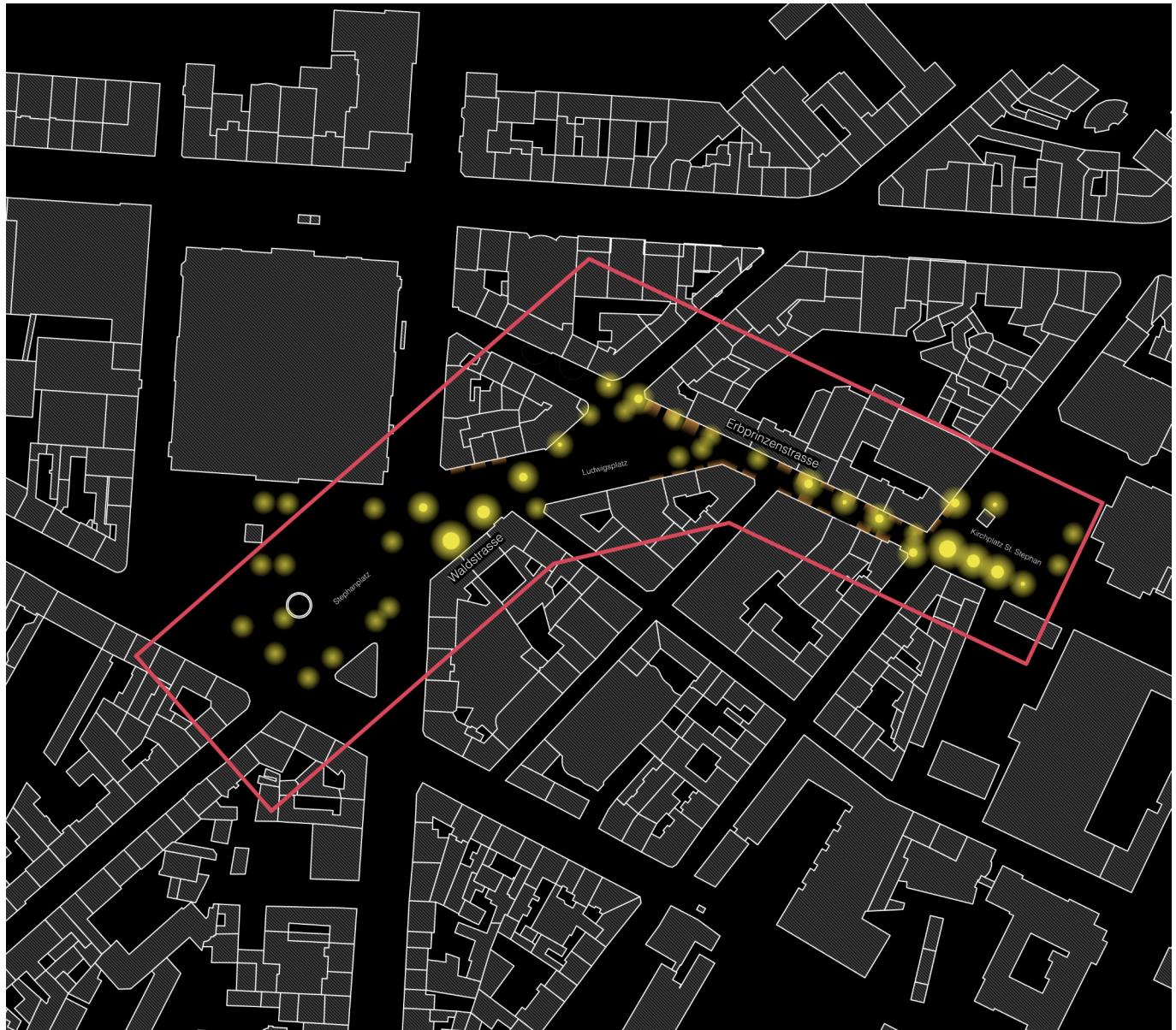


ABB. 26: LICHTSTREUUNG K1

#### LEGENDE



## **ERKENNTNISSE K1 LUDWIGSPLATZ**

Bei der Betrachtung des Gebiets K1 in Karlsruhe, welches sich von der Erbprinzenstraße vorbei am Ludwigsplatz, bis zum Stephansplatz erstreckt (siehe Abb. 26), wurde zunächst eine Begehung bei Nacht durchgeführt. Hierbei wurde durch eigene Beobachtung festgestellt, dass der Ludwigsplatz und der Stephansplatz eher dunkel wirken, wobei im Gegenteil dazu die Einkaufsstraße mit vielen Restaurants und Läden hell erleuchtet ist. Bei der Erfassung von Stressniveaus durch eigene Stresssensor-Messungen wird eine erhöhte Stressreaktion entlang der intensiv beleuchteten Einkaufsstraße gemessen (siehe Abb. 33), welche vermutlich auf Blendung und sensorische Überreizung durch Lichteinflüsse, wie beispielsweise auch von Reklametafeln und Schaufenstern ausgeht, zurückzuführen ist. Im Gegensatz dazu zeigt die Stressbelastung auf dunkleren Plätzen keinen bedeutenden Anstieg. Bei der Anwendung der Mapping-Methode in Verbindung mit Abstandsmessungen zeigt auf, dass die dunklen Plätze unregelmäßig mit Laternen ausgestattet sind oder sich die vorhandenen Leuchten in ungleichen Abständen zueinander befinden (siehe Abb. 17). Im Kontrast dazu wird der Raum, in dem die Leuchten gleichmäßig und in kürzeren Abständen positioniert sind als heller wahrgenommen. Wie in diesem Gebiet die Erbprinzenstraße, wo alle Leuchten im nahezu selben Abstand stehen. Die Typologisierung im erforschten Areal identifiziert vier verschiedene Leuchtentypen, die in Gruppen zusammenstehen (siehe Abb. 19). Dunklere Plätze zeichnen sich durch Leuchten in Form von Stelen aus (siehe Abb. 19, rosa Leuchten), während in der frequentierten Einkaufsstraße vorwiegend runde Leuchten (siehe Abb. 19, rote Leuchten) vorhanden sind. Zudem gibt es noch zwei weitere Arten, die jedoch in geringer Zahl auftauchen. Die Luxmessungen (siehe Abb. 26) verdeutlichen, dass die verschiedenen Leuchtentypen sich nicht nur in der Form unterscheiden, sondern auch unterschiedliche Lichtstärken aufweisen. Rote Leuchten in der Erbprinzenstraße strahlen eine höhere Luxanzahl aus im Vergleich zu den rosa Leuchten auf dem Ludwigsplatz, was die unterschiedliche Wahrnehmung der Beleuchtungssituation erklärt. Bedauerlicherweise wurde in diesem Gebiet keine externe Befragung Dritter durchgeführt, wodurch Erkenntnisse aus dieser Perspektive fehlen.

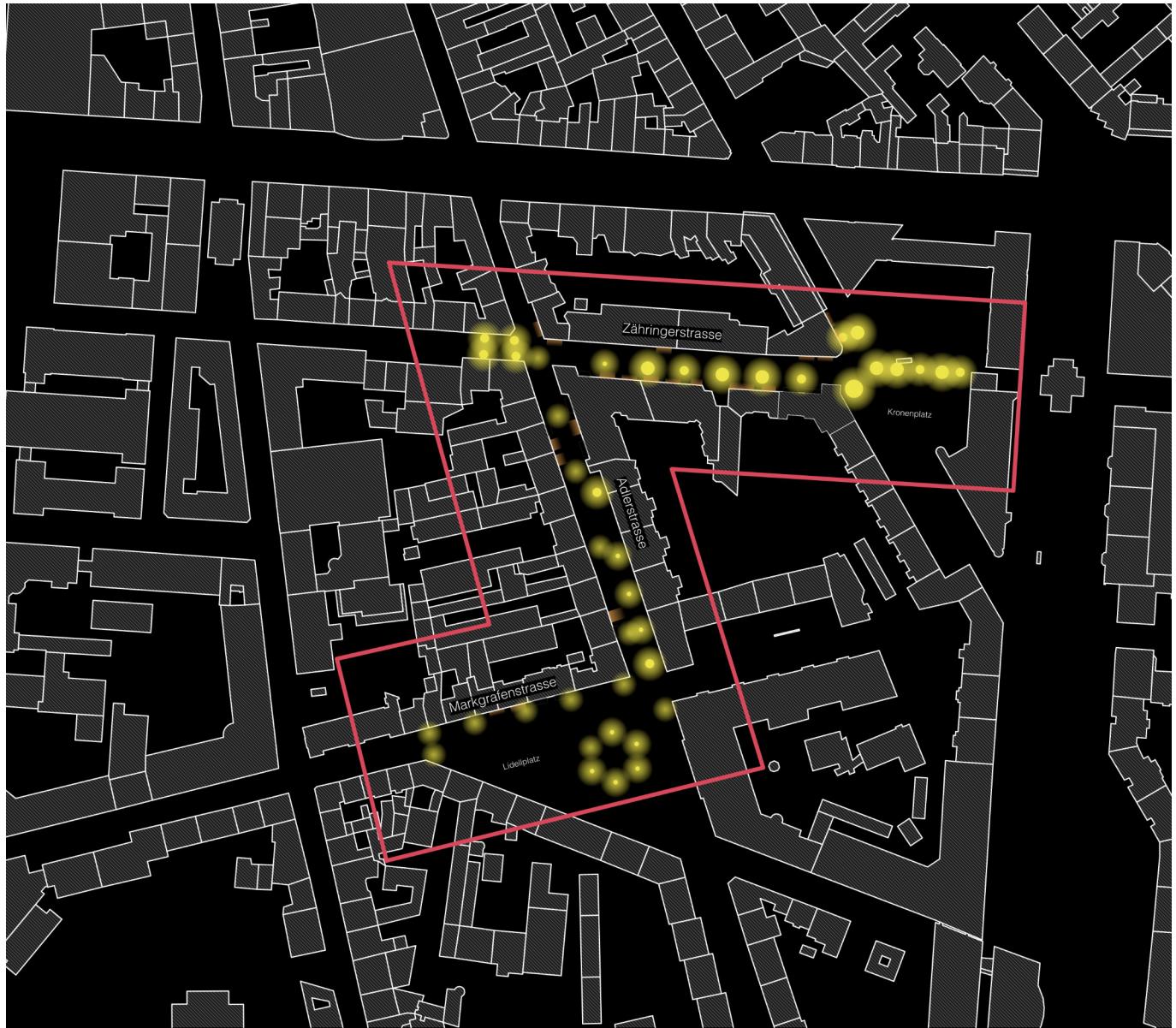


ABB. 27: LICHTSTREUUNG K2

#### LEGENDE



## **ERKENNTNISSE K2 LIDELLPLATZ**

Nach einer eingehenden Untersuchung des Gebiets K2 in Karlsruhe konnten bedeutsame Erkenntnisse gewonnen werden. Bereits beim Durchqueren der drei Straßen fielen erste Beobachtungen auf, die auf problematische Situationen hindeuteten. Insbesondere in der Nacht zeigte sich, dass bestimmte Bereiche unzureichend beleuchtet waren und daher eine zu geringe Helligkeit aufwiesen. Eine weitere Erkenntnis basierte auf der Abstandsmessung der Laternen (siehe Abb. 18). Obwohl in der Zähringerstraße viele Laternen mit geringem Abstand vorhanden waren, teils sogar mit einer hohen Lux-Anzahl, erschien die Straße dennoch sehr dunkel. Dies liegt daran, dass sich alle Laternen auf derselben Straßenseite befinden, was dazu führt, dass eine Seite gut beleuchtet ist, während die andere Seite nahezu dunkel bleibt. Im Gegensatz dazu ist die Adlerstraße trotz einer geringeren Lux-Anzahl angenehmer zu durchqueren, da die Laternen gleichmäßig verteilt sind und zusätzliche Beleuchtung oberhalb der Straße vorhanden ist. Eine weitere problematische Beleuchtungssituation findet sich in der Markgrafenstraße, wo nur auf einer Seite Laternen mit geringem Lux-Anteil vorhanden sind und der Abstand zwischen ihnen größer ist (siehe Abb. 27). Dies führt dazu, dass dieser Bereich der dunkelste und persönlich unangenehmste Ort ist, aufgrund der hohen Dunkelheit und eingeschränkten Sichtbarkeit. Bei der Typologisierung der Laternen fiel auf, dass es vier verschiedene Arten gibt (siehe Abb. 20), die jeweils in Gruppen verteilt sind. Eine genaue Betrachtung der Laterntypologisierung zeigt, dass in der Zähringerstraße die roten und grünen, in der Adlerstraße die blauen und roten Laternen, und in der Markgrafenstraße die orangenen Laternen vorhanden sind. Bei genauerem Hinsehen auf die Abbildung 27 wird deutlich, dass jede Laternenart eine unterschiedliche Lux-Anzahl aufweist und somit beispielsweise die Markgrafenstraße deutlich dunkler beleuchtet wird als die Zähringerstraße.

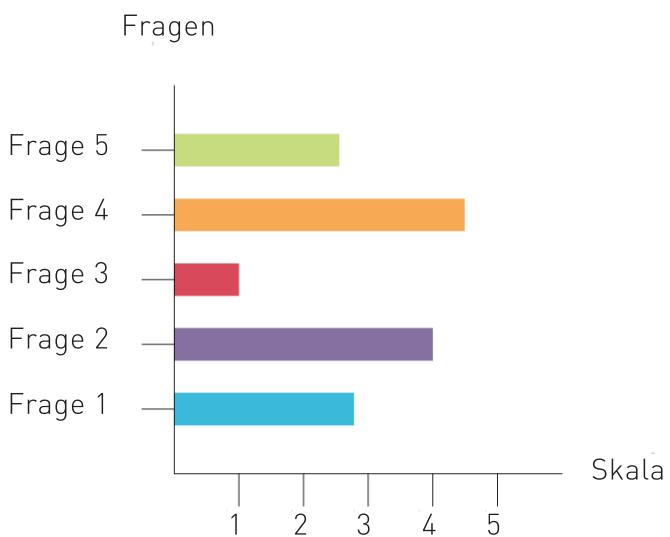


ABB. 28: AUSWERTUNG SITUATION 1

Infolgedessen wurde eine Stressmessung durchgeführt, die bei Dunkelheit erfolgte. Die Ergebnisse der Messung bestätigten die problematischen Beleuchtungssituationen, insbesondere in der Zähringerstraße, wo eine erhöhte Stressmessung auf ein Unwohlsein hindeutet (siehe Abb. 30). Eine leichte Zunahme des Unsicherheitsgefühls ist auch in der Ecke der Markgrafenstraße zu erkennen. Wichtig ist zu betonen, dass diese Messungen nicht nur die Beleuchtung der Laternen berücksichtigen, sondern auch zusätzliche Problemfaktoren wie Blendung von Radfahrern oder Hindernisse mit einbezogen werden.

Schließlich bestätigte die Umfrage unter individuellen PassantInnen in Karlsruhe die eigenen Beobachtungen des Gebiets K2. Anhand von Auswertungen von zwei Beleuchtungssituationen wurden mehrfache Meinungen und Beurteilungen eingeholt, die das Unsicherheitsgefühl und das Unwohlsein aufgrund der Dunkelheit bestätigten (siehe Abb. 28 & 29).

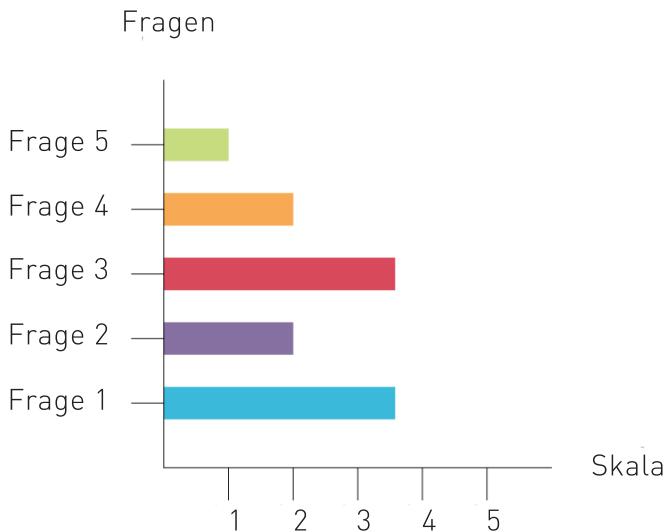


ABB. 29: AUSWERTUNG SITUATION 2

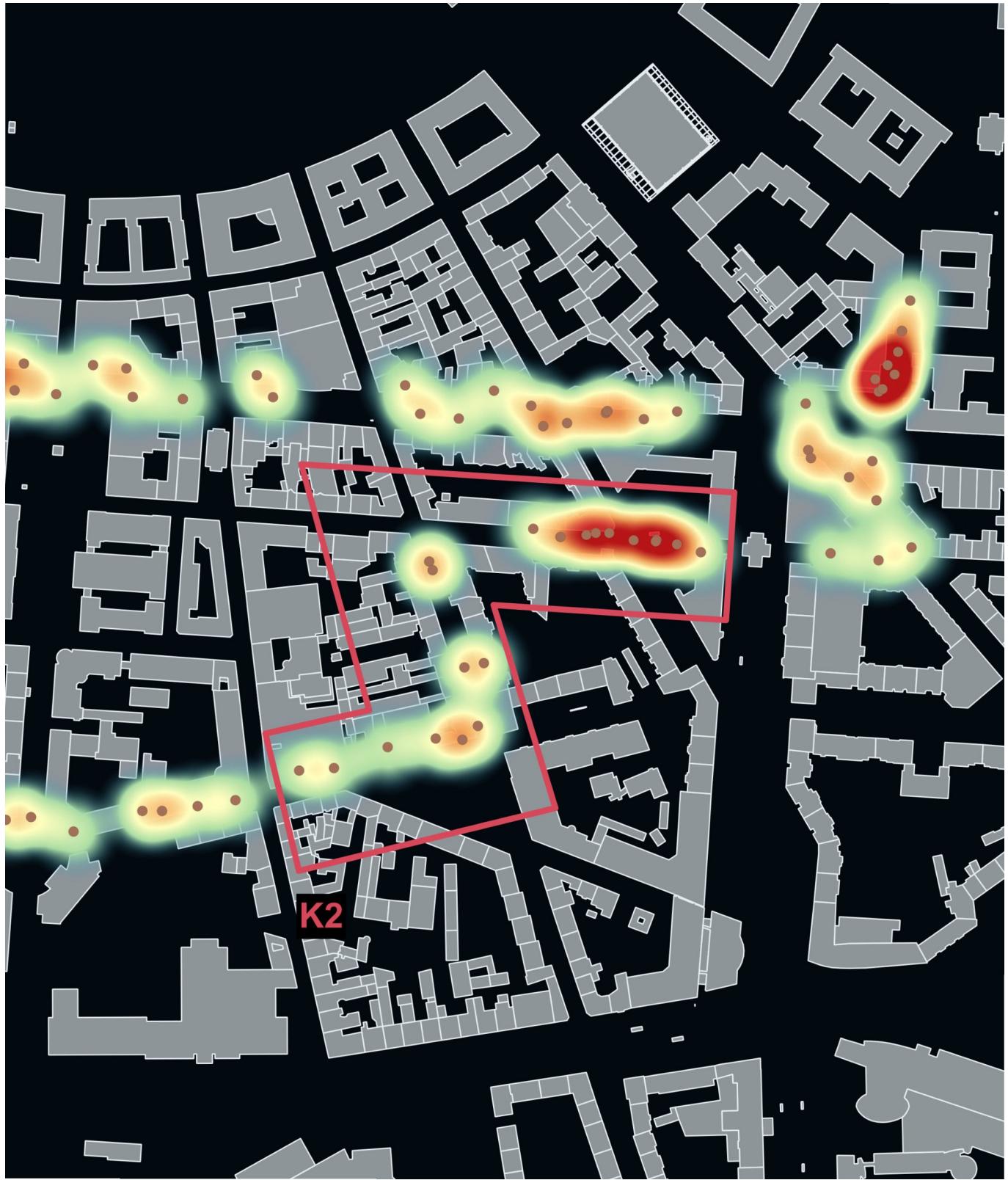


ABB. 30: STRESSSENSORENMESUNG K2



ABB. 31: HYPOTHETISCHE LICHTSTREUUNG 01

#### LEGENDE

Hypothetische Annahmen:



## HYPOTHESE 01 BIERSTRASSE

In Bezug auf das Gebiet O1 in Osnabrück lassen sich aufgrund unzureichender Informationen nur partielle Erkenntnisse ableiten. Wie bereits während der Durchführung betont wurde, konnten keine Nachtbeobachtungen durchgeführt werden, da ein Durchlauf in Osnabrück nicht möglich war. Die einzige Erkenntnis, die aus der digitalen Beobachtung gewonnen werden konnte, bezieht sich auf die hohe Anzahl von Laternen innerhalb der Bierstraße. Grobe Vermutungen können zudem hinsichtlich der Stresssensorenmessung angestellt werden. Es lässt sich stark vermuten, dass die hohe Laternenanzahl in der Bierstraße möglicherweise zu einem geringeren Stressniveau führt. Eine potenziell stressauslösende Situation könnte die Kreuzung der Natruperstraße aufgrund des Verkehrs oder auch die Lohstraße aufgrund der geringen Laternen- und Luxanzahl sein, was auf ein Unwohlbefinden aufgrund der Dunkelheit hinweisen könnte. Bei der Betrachtung der Abstandsmessungen der Laternen (siehe Abb. 22) fällt auf, dass die Abstände stark variieren. Innerhalb der Bierstraße gibt es eine kleine Gasse mit vielen dicht beieinander liegenden Laternen, die einen Abstand von weniger als 10 Metern zueinander haben. Hierbei ist der deutliche Kontrast zur Lohstraße und der Natruperstraße zu betonen, wo die Distanz zwischen den Laternen teilweise über 30 Meter beträgt, was eine unzureichende Beleuchtung der Straße nicht ausschließen kann. Bei der Typologisierung der Laternen zeigt sich, dass es vier verschiedene Laternenarten gibt, die zudem gruppenhaft verteilt sind (siehe Abb. 24). Es fällt auf, dass eine hohe Anzahl von lila Laternen vorhanden ist, gefolgt von den roten, blauen und schließlich den orangenen Laternen. Aufgrund der fehlenden Luxmessung vor Ort können hier nur Vermutungen angestellt werden. Es ist zu erwähnen, dass die Laternenarten von Osnabrück mit Karlsruhe verglichen wurden, und daraufhin diesen ähnlichen Werte zugeordnet wurden. Daraus lässt sich schließen, dass die Bierstraße trotz einer geringen Luxanzahl aufgrund der hohen Laternenanzahl sehr hell beleuchtet ist und es kaum unbeleuchtete Stellen gibt (siehe Abb. 31). Die Natruperstraße hingegen weist trotz einer sehr hohen Luxanzahl aufgrund des großen Abstands zwischen den Laternen einige nicht beleuchtete Bereiche auf, wobei die Situation dennoch klar erkennbar ist. Die Lohstraße hingegen verfügt über eine geringe Luxanzahl und ebenfalls eine niedrige Anzahl an Laternen. Somit ist diese Straße nur schwach beleuchtet und weist teilweise dunkle Situationen auf.



ABB. 32: HYPOTHETISCHE LICHTSTREUUNG 02

#### LEGENDE

Hypothetische Annahmen:



## HYPOTHESE 02 DIELINGERSTRASSE

Die Untersuchung des Gebiets 02 in Osnabrück, das sich entlang des Domhofs, der Lortzingstraße und der Dielingerstraße erstreckt, wurde aufgrund von Distanzbeschränkungen hauptsächlich aus der Ferne durchgeführt. Dies führte zu einer begrenzten Erkenntnislage, da Beobachtungen vor Ort nur digital durch Apple Karten möglich waren. Die digitale Begehung ermöglichte zwar eine grobe Zuordnung der Laternen durch die Verortung auf Luftbildern und eine Schätzung der Abstände, jedoch konnte keine detaillierte Erfassung der nächtlichen Beleuchtungssituation und nur eingeschränkt eine der Tageslichtsituation vorgenommen werden. Trotz dieser Einschränkungen konnte die Methodik der Verortung der Laternen grob angewendet werden, um Erkenntnisse zu gewinnen (siehe Abb. 23). Im Bereich des Domhofs befindet sich eine hohe Anzahl von Laternen, die in regelmäßigen kurzen Abständen positioniert sind, was auf eine wohl ausreichende Beleuchtung dieser Straße hindeutet. Die Lortzingstraße hingegen weist weniger Leuchten auf, die zudem in variierenden Abständen und größeren Entfernungslagen zueinander positioniert sind, was auf eine möglicherweise geringere Beleuchtung schließen lässt. In der Dielingerstraße waren wieder mehr Laternen zu finden, die in regelmäßigen Abständen platziert waren. Jedoch befanden sich am Ende der Straße die Laternen nur einseitig, was auf eine ungleichmäßige Beleuchtung hindeutet. Die digitale Begehung ermöglichte auch die Typologisierung der Leuchten (siehe Abb. 25), wobei sechs verschiedene Leuchtentypen in diesem Gebiet identifiziert wurden. Es stellte sich heraus, dass die runden Leuchten (rote Leuchten) vorherrschen. Weitere Erkenntnisse, wie sie durch Stressmessungen, Befragungen oder Lux-Messungen gewonnen werden könnten, wurden lediglich aufgrund von Daten aus Karlsruhe auf Osnabrück übertragen (siehe Abb. 32). Aufgrund dieser Übertragung wird vermutet, dass wie im Fall der Erbprinzenstraße in Karlsruhe auch die Straße Domhof, durch Blendung oder Reizüberflutung durch zu viel Licht, Stress auslösen könnte. Aber auch am linken Ende der Dielingerstraße die nur auf einer Seite beleuchtet wird könnte ein erhöhtes Stresslevel ausgelöst werden. Statt konkrete Luxmessungen vor Ort durchzuführen, wurden Lux-Werte, die in Karlsruhe für bestimmte Lampentypen gemessen wurden, auf ähnliche in Osnabrück gefundene Leuchtentypen übertragen, um eine hypothetische Einschätzung der Beleuchtungssituation zu erhalten (siehe Abb. 32).

# ERKENNTNISSE

Mithilfe des oben vorgestellten Methodenmix wurden die nachfolgend vorgestellten Erkenntnisse generiert. Zusätzlich werden die Methoden auf zukünftige Erhebungen evaluiert und eine Empfehlung ausgesprochen, wie sinnvoll diese in der Anwendung sind.

## BEOBACHTUNGEN

Bereits bei den Beobachtungen der verschiedenen Gebiete konnten erste Eindrücke und Erkenntnisse gewonnen werden. Dabei wurden erste Beleuchtungsprobleme identifiziert und genauer analysiert. Es ist erwähnenswert, dass die Beobachtungsmethode in Karlsruhe sehr erfolgreich war. Im Gegensatz dazu ließ sich diese Methode nicht vollständig auf Osnabrück übertragen, da dort nur digitale Begehungen der Gebiete möglich waren, wodurch lediglich Vermutungen angestellt werden konnten.

## STRESSSENSOREN-MESSUNG

In Bezug auf die nächste Methode, die Messung von Stresssensoren, war wiederum nur in Karlsruhe erfolgreich, da vor Ort in Osnabrück keine Messungen durchgeführt werden konnten. In Karlsruhe wurden zusätzliche Erkenntnisse gewonnen, indem vermutete Beleuchtungssituationen als problematisch bestätigt wurden. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass bei dieser Messung nicht nur Erkenntnisse zur Beleuchtung gesammelt wurden. Jeder Mensch reagiert individuell auf seine Umgebung, was bedeutet, dass auch Stressfaktoren wie Lärm, Hindernisse und Verkehr die Messwerte beeinflussen können.

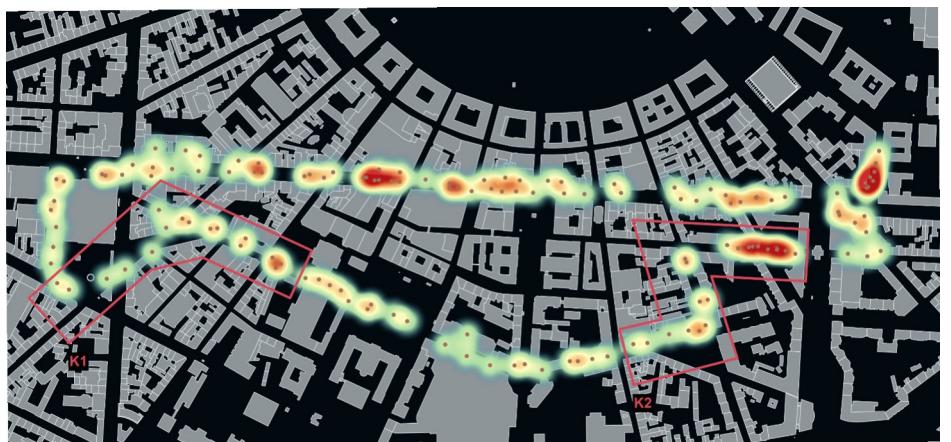


ABB. 33: STRESSSENSORENMESUNG

## **MAPPING MIT ABSTANDMESSUNGEN**

Die Mapping-Methode durch Abstandsmessung erwies sich als sehr hilfreich, um einen Überblick über die Positionierung der Laternen und deren Maßstab zu erhalten. Zusätzliche Erkenntnisse wurden durch die Beobachtung des Abstands der Laternen gewonnen, wobei festgestellt wurde, dass möglicherweise einige Laternenabstände zu groß sind und es dadurch zu unbeleuchteten Stellen kommt.

## **TYPLOGISIERUNG**

Die Typologisierung der Laternen sowie deren Lux-Messung halfen ebenfalls, weiteres Wissen zu gewinnen. Es wurde festgestellt, dass in jedem Gebiet und in jeder Straße unterschiedliche Laternenarten vorhanden sind, die sich zudem in Gruppen befinden. Jede Laternenart hat auch eine unterschiedliche Luxanzahl, was zu unterschiedlich hell beleuchteten Straßen führt.

## **LUX-MESSUNGEN**

Die Lux-Messungen und die Erfassung der Lichtstreuung lieferten detaillierte Informationen über Licht. Eine wichtige Erkenntnis war, dass Licht stark streuen und sich weit verbreiten kann, abhängig von der Luxanzahl der Beleuchtung.

## **UMFRAGE**

Abschließend wurden durch Umfragen viele, wenn auch ähnliche Erkenntnisse gewonnen. Diese bestätigten unsere Wahrnehmung der Beleuchtungssituationen und möglichen Beleuchtungsmangel.

## **BEDEUTUNG DER BELEUCHTUNG**

Generell lässt sich sagen, dass Beleuchtung äußerst vielfältig ist und sich in Farbe, Luxanzahl und Position im öffentlichen Raum unterscheidet. Jedoch ist eine eindeutige Stressauslösung durch die Beleuchtung nicht feststellbar. Um möglicherweise bessere Ergebnisse zu erzielen, könnte eine weitere Stresssensor-Messung bei fehlender Beleuchtung durchgeführt werden, um die Wichtigkeit der Beleuchtung für das Stressempfinden feststellen zu können (siehe Abb. 33). Allerdings ist klar, dass die Beleuchtung eine bedeutende Rolle in unserem Alltag spielt, da wir ständig auf Licht angewiesen sind, um uns insbesondere nachts sicher fortzubewegen.

## **ENDERGEBNIS**

Unsere Untersuchungen ergaben, dass sich künstliche Beleuchtung vor allem auf das Wohlbefinden der Radfahrenden und Zufußgehenden auswirkt, was ein möglicher Stressfaktor ist. Allerdings konnten Stressmessungen dies nicht immer bestätigen, da diese nicht an vermeintlich unwohlen Beleuchtungssituationen ein erhöhtes Stress Level dokumentiert haben. Allerdings konnte man feststellen, dass das Stresslevel vor allem bei sehr hellen Beleuchtungssituationen stark angestiegen ist, dies kann ein Hinweis darauf sein, dass Stress schneller von Blendung beziehungsweise Reizüberflutung durch Licht ausgelöst wird, als von mangelnder Beleuchtung.

Bei der Betrachtung der verschiedenen Typologien und Abständen der Leuchten, wurde klar, dass diese einen erheblichen Einfluss auch die Beleuchtung eines Straßenraumes hat. Dabei wurde ebenfalls festgestellt, dass manche Leuchten sich besser und andere schlechter für die Ausleuchtung eignen, und dass die Abstände, in denen diese gesetzt werden, berücksichtigt werden müssen. Nur so kann immer eine genügende Ausleuchtung des Straßenraums gewährleistet und damit auch die Stressreaktion der Zufußgehenden und Radfahrenden gesenkt werden.

Die Frage nach einem Zusammenhang mit dem Verhalten von Zufußgehenden und Radfahrenden konnte mit dem vorgestellten Ansatz nicht beantwortet werden. Hierfür sind längere Beobachtungen nötig, die über mehrere Stunden durchgeführt werden. Dabei könnte man protokollieren wie lange eine Person sich in gewissen Beleuchtungssituationen aufhält, wodurch man die Vermutung aufstellen kann, dass eine Person sich möglicherweise schneller durch einen schlecht beleuchteten Raum bewegt, da die Dunkelheit Unwohlsein, Unsicherheit und Stress verursacht und sie die Situation schnell verlassen möchte.

Weitere Erkenntnisse wie die persönliche Wahrnehmung von bestimmten Lichtsituationen, konnten durch direkte Befragungen gesammelt werden. Dabei kam heraus, dass sich die meisten Befragten bei dunklen und nur wenigen vereinzelten Leuchten sehr unsicher fühlen, aber auch das es durch zu helle Beleuchtung den PassantInnen blendet und damit wieder stört.

Im Allgemeinen lässt sich feststellen das viele Erkenntnisse durch die angewandten Methoden gesammelt worden sind. Es aber für eine genaue Erkenntnis, besonders für das Verhalten der Zufußgehenden und Radfahrenden im Bezug auf Beleuchtung, weiterer Forschungsbedarf nötig ist.

Abschließend lässt sich sagen, dass die Beleuchtung im öffentlichen Raum eine bedeutende Rolle als Stressauslöser spielt, da sie besonders bei Dämmerung und Nacht für eine bestimmte Atmosphäre sorgt, die auf Radfahrende und Zufußgehende wirkt. Dabei sollte auch betrachtet werden, das öffentliche Beleuchtung im Straßenraum eine wichtige Sicherheitsmaßnahme für Zufußgehende und Radfahrende ist, die immer gewährleistet sein sollte, da sich durch mangelnde Beleuchtung nicht nur das Risiko für Unfälle erhöht sondern auch das Sicherheitsgefühl der PassantInnen beeinträchtigt wird. Das übergeordnete Ziel dieser Forschung besteht darin, zu ermitteln, ob die Beleuchtung im öffentlichen Raum ausreichend ist oder ob Anpassungen erforderlich sind, um den Stress in der Stadt zu reduzieren und die Sicherheit zu gewährleisten. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen auf, dass es noch Handlungsbedarf im Bereich der öffentlichen Beleuchtung gibt, um diese Ziele zu erreichen.

# ANHANG

## UMFRAGEBOGEN 1-10

### Umfrage:

„Wie erleben Menschen die Beleuchtungssituation in ihrer persönlichen Wahrnehmung?“

#### Daten des Befragten:

Ort: Karlsruhe Datum: 30.12.24 Geschlecht: w Alter: 39

#### Frage 1:

Wie sicher fühlen Sie sich mit der Beleuchtungssituation?

Situations 1 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Sehr unsicher			Sehr sicher	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

#### Frage 2:

Wie hoch schätzen Sie das Unfallrisiko aufgrund der Beleuchtungssituation ein?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input checked="" type="checkbox"/> 5
	Sehr niedrig			hoch	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

#### Frage 3:

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung als blendend?

Situations 1 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	angenehm			blendet stark	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

#### Frage 4:

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung an dieser Stelle als zu dunkel?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input checked="" type="checkbox"/> 5
	angenehm			finster	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

#### Frage 5:

Inwieweit empfinden Sie die Positionierung der Leuchten als störend/behindernd?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Nicht störend			sehr störend	
Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

ABB. 34: UMFRAGEBOGEN 1

**Umfrage:**

**„Wie erleben Menschen die Beleuchtungssituation in ihrer persönlichen Wahrnehmung?“**

**Daten des Befragten:**

Ort: Kaiserslautern Datum: 29.01.24 Geschlecht: weiblich Alter: 20

**Frage 1:**

Wie sicher fühlen Sie sich mit der Beleuchtungssituation?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				Sehr unsicher	

Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				Sehr sicher	

**Frage 2:**

Wie hoch schätzen Sie das Unfallrisiko aufgrund der Beleuchtungssituation ein?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				Sehr niedrig	

Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				hoch	

**Frage 3:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung als blendend?

Situations 1 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				angenehm	

Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				blendet stark	

**Frage 4:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung an dieser Stelle als zu dunkel?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input checked="" type="checkbox"/> 5
				angenehm	

Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				finster	

**Frage 5:**

Inwieweit empfinden Sie die Positionierung der Leuchten als störend/behindernd?

Situations 1 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				Nicht störend	

Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				sehr störend	

**Umfrage:**

„Wie erleben Menschen die Beleuchtungssituation ihrer persönlichen Wahrnehmung?“

Daten des Befragten:

Ort: Karlsruhe Datum: 29.1.24 Geschlecht: Weiblich Alter: 23

**Frage 1:**

Wie sicher fühlen Sie sich mit der Beleuchtungssituation?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Sehr unsicher			Sehr sicher	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input checked="" type="checkbox"/> 5

**Frage 2:**

Wie hoch schätzen Sie das Unfallrisiko aufgrund der Beleuchtungssituation ein?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Sehr niedrig			hoch	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Frage 3:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung als blendend?

Situations 1 :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	angenehm			blendet stark	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Frage 4:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung an dieser Stelle als zu dunkel?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	angenehm			finster	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Frage 5:**

Inwieweit empfinden Sie die Positionierung der Leuchten als störend/behindernd?

Situations 1 :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Nicht störend			sehr störend	
Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

## Umfrage:

„Wie erleben Menschen die Beleuchtungssituation in ihrer persönlichen Wahrnehmung?“

### Daten des Befragten:

Ort: Karlsruhe Datum: 29.01.24 Geschlecht: W Alter: 21

## Frage 1:

Wie sicher f&uuml;hlen Sie sich mit der Beleuchtungssituation?

Situuation 1 :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Sehr unsicher			Sehr sicher	
Situuation 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

## Frage 2:

Wie hoch schätzen Sie das Unfallrisiko aufgrund der Beleuchtungssituation ein?

Situation 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	<i>Sehr niedrig</i>			<i>hoch</i>	
Situation 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

### Frage 3:

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung als blendend?

Situat&on 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	angenehm			blendet stark	
Situat&on 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

#### Frage 4:

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung an dieser Stelle als zu dunkel ?

Situat <del>θ</del> on 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input checked="" type="checkbox"/> 5
	<i>angenehm</i>			<i>finster</i>	
Situat <del>θ</del> on 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

## Frage 5:

Inwieweit empfinden Sie die Positionierung der Leuchten als störend/behindernd ?

Situat&on 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Nicht st&renza			sehr st&renza	
Situat&on 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Umfrage:**

„Wie erleben Menschen die Beleuchtungssituation ihrer persönlichen Wahrnehmung?“

Daten des Befragten:

Ort: Karlsruhe Datum: 29.01.24 Geschlecht: männlich Alter: 22

**Frage 1:**

Wie sicher fühlen Sie sich mit der Beleuchtungssituation?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Sehr unsicher			Sehr sicher	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Frage 2:**

Wie hoch schätzen Sie das Unfallrisiko aufgrund der Beleuchtungssituation ein?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Sehr niedrig			hoch	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Frage 3:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung als blendend?

Situations 1 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	angenehm			blendet stark	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Frage 4:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung an dieser Stelle als zu dunkel?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	angenehm			finster	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Frage 5:**

Inwieweit empfinden Sie die Positionierung der Leuchten als störend/behindernd?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Nicht störend			sehr störend	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Umfrage:**

„Wie erleben Menschen die Beleuchtungssituation ihrer persönlichen Wahrnehmung?“

Daten des Befragten:

Ort: Karlsruhe Datum: 23.1.24 Geschlecht: weiblich Alter: 29

**Frage 1:**

Wie sicher fühlen Sie sich mit der Beleuchtungssituation?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Sehr unsicher		
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Sehr sicher		

**Frage 2:**

Wie hoch schätzen Sie das Unfallrisiko aufgrund der Beleuchtungssituation ein?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Sehr niedrig		
Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			hoch		

**Frage 3:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung als blendend?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			angenehm		
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			blendet stark		

**Frage 4:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung an dieser Stelle als zu dunkel?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			angenehm		
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			finster		

**Frage 5:**

Inwieweit empfinden Sie die Positionierung der Leuchten als störend/behindernd?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Nicht störend		
Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			sehr störend		

**Umfrage:**

„Wie erleben Menschen die Beleuchtungssituation ihrer persönlichen Wahrnehmung?“

Daten des Befragten:

Ort: Karlsruhe Datum: 29.1.24 Geschlecht: M Alter: 33

**Frage 1:**

Wie sicher fühlen Sie sich mit der Beleuchtungssituation?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Sehr unsicher			Sehr sicher	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input checked="" type="checkbox"/> 5

**Frage 2:**

Wie hoch schätzen Sie das Unfallrisiko aufgrund der Beleuchtungssituation ein?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Sehr niedrig			hoch	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Frage 3:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung als blendend?

Situations 1 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	angenehm			blendet stark	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Frage 4:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung an dieser Stelle als zu dunkel?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	angenehm			finster	
Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Frage 5:**

Inwieweit empfinden Sie die Positionierung der Leuchten als störend/behindernd?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Nicht störend			sehr störend	
Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Umfrage:**

„Wie erleben Menschen die Beleuchtungssituation ihrer persönlichen Wahrnehmung?“

Daten des Befragten:

Ort: Karlsruhe Datum: 23.1.24 Geschlecht: weiblich Alter: 29

**Frage 1:**

Wie sicher fühlen Sie sich mit der Beleuchtungssituation?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Sehr unsicher		
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Sehr sicher		

**Frage 2:**

Wie hoch schätzen Sie das Unfallrisiko aufgrund der Beleuchtungssituation ein?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Sehr niedrig		
Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			hoch		

**Frage 3:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung als blendend?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			angenehm		
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			blendet stark		

**Frage 4:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung an dieser Stelle als zu dunkel?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			angenehm		
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			finster		

**Frage 5:**

Inwieweit empfinden Sie die Positionierung der Leuchten als störend/behindernd?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Nicht störend		
Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			sehr störend		

**Umfrage:**

„Wie erleben Menschen die Beleuchtungssituation ihrer persönlichen Wahrnehmung?“

Daten des Befragten:

Ort: Karlsruhe Datum: 29.01.24 Geschlecht: W Alter: 50

**Frage 1:**

Wie sicher fühlen Sie sich mit der Beleuchtungssituation?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				Sehr unsicher	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input checked="" type="checkbox"/> 5
				Sehr sicher	

**Frage 2:**

Wie hoch schätzen Sie das Unfallrisiko aufgrund der Beleuchtungssituation ein?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				Sehr niedrig	
Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				hoch	

**Frage 3:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung als blendend?

Situations 1 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				angenehm	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				blendet stark	

**Frage 4:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung an dieser Stelle als zu dunkel?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				angenehm	
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				finster	

**Frage 5:**

Inwieweit empfinden Sie die Positionierung der Leuchten als störend/behindernd?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				Nicht störend	
Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
				sehr störend	

**Umfrage:**

„Wie erleben Menschen die Beleuchtungssituation in ihrer persönlichen Wahrnehmung?“

Daten des Befragten:

Ort: Karlsruhe Datum: 29.01.2024 Geschlecht: mannlich Alter: 21

**Frage 1:**

Wie sicher fühlen Sie sich mit der Beleuchtungssituation?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Sehr unsicher		
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Sehr sicher		

**Frage 2:**

Wie hoch schätzen Sie das Unfallrisiko aufgrund der Beleuchtungssituation ein?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Sehr niedrig		
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			hoch		

**Frage 3:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung als blendend?

Situations 1 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			angenehm		
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			blendet stark		

**Frage 4:**

Inwieweit empfinden Sie die Beleuchtung an dieser Stelle als zu dunkel?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			angenehm		
Situations 2 :	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			finster		

**Frage 5:**

Inwieweit empfinden Sie die Positionierung der Leuchten als störend/behindernd?

Situations 1 :	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			Nicht störend		
Situations 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
			sehr störend		

### LEUCHTKEGEL SITUATIONEN K1 LUDWIGSPLATZ

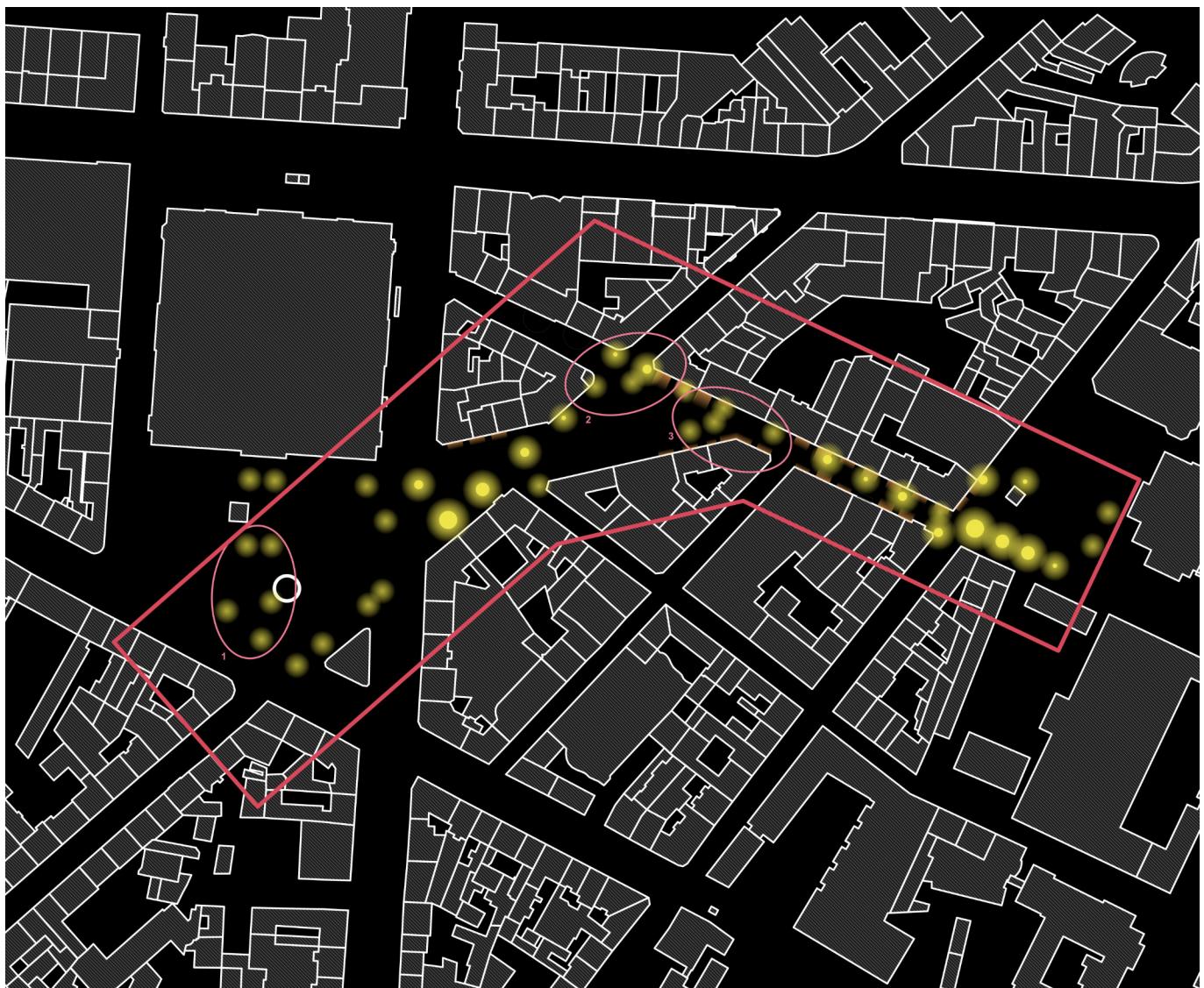


ABB. 44: LICHTSTREUUNG SITUATIONEN K1

### LEGENDE

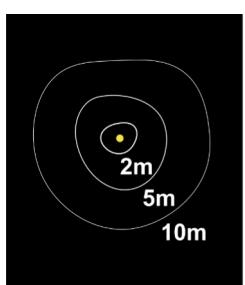




ABB. 45: LEUCHTENNUMMERIERUNG K1

## LEGENDE

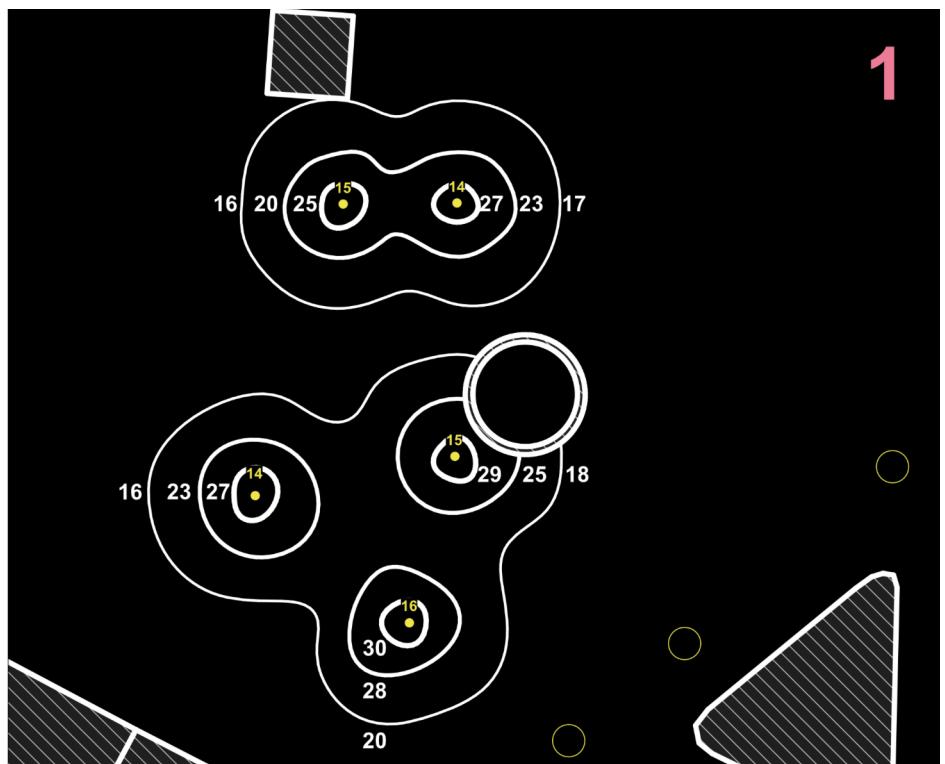
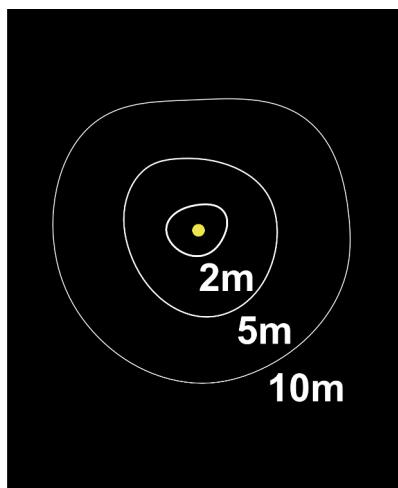


ABB. 46: LICHTSTREUUNG SITUATION 1 K1



ABB. 47: LICHTSTREUUNG SITUATION 2 K1

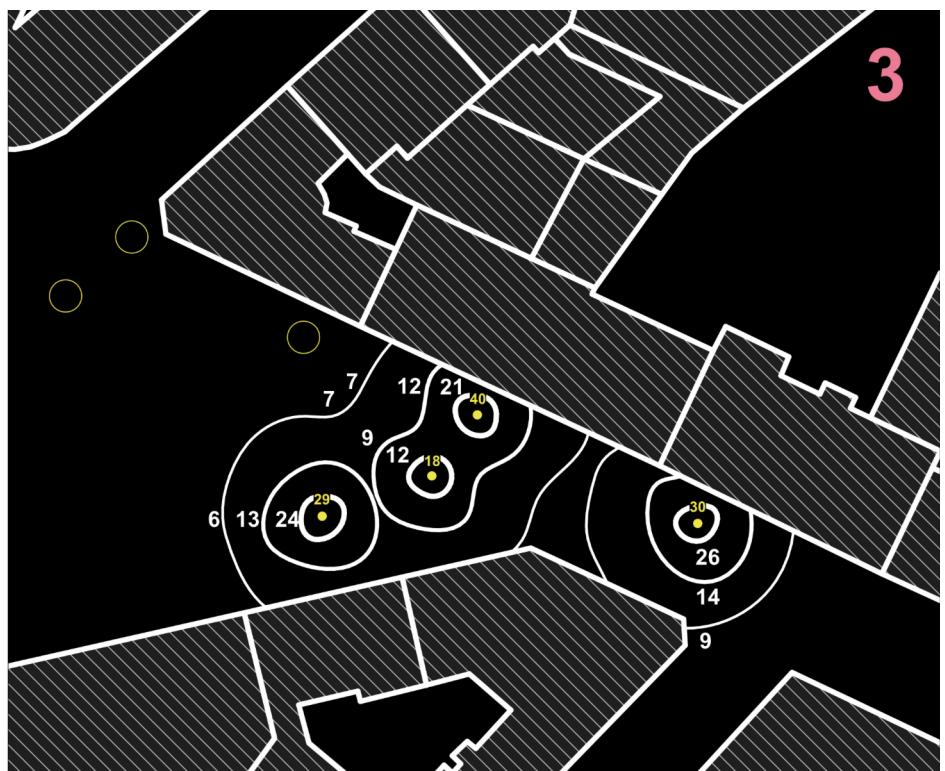
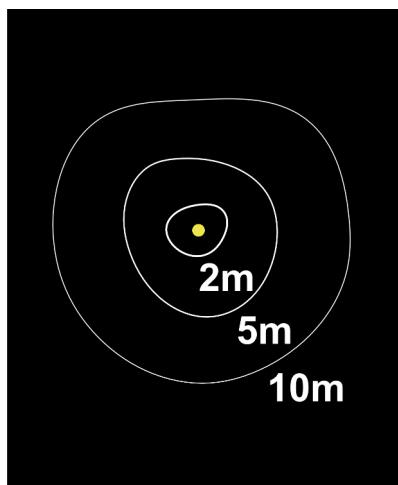


ABB. 48: LICHTSTREUUNG SITUATION 3 K1

### LEUCHTKEGEL SITUATIONEN K2 LIDELPLATZ



ABB. 49: LICHTSTREUUNG SITUATIONEN K2

#### LEGENDE

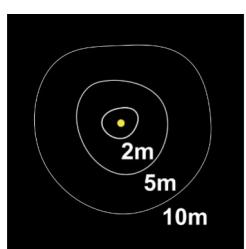


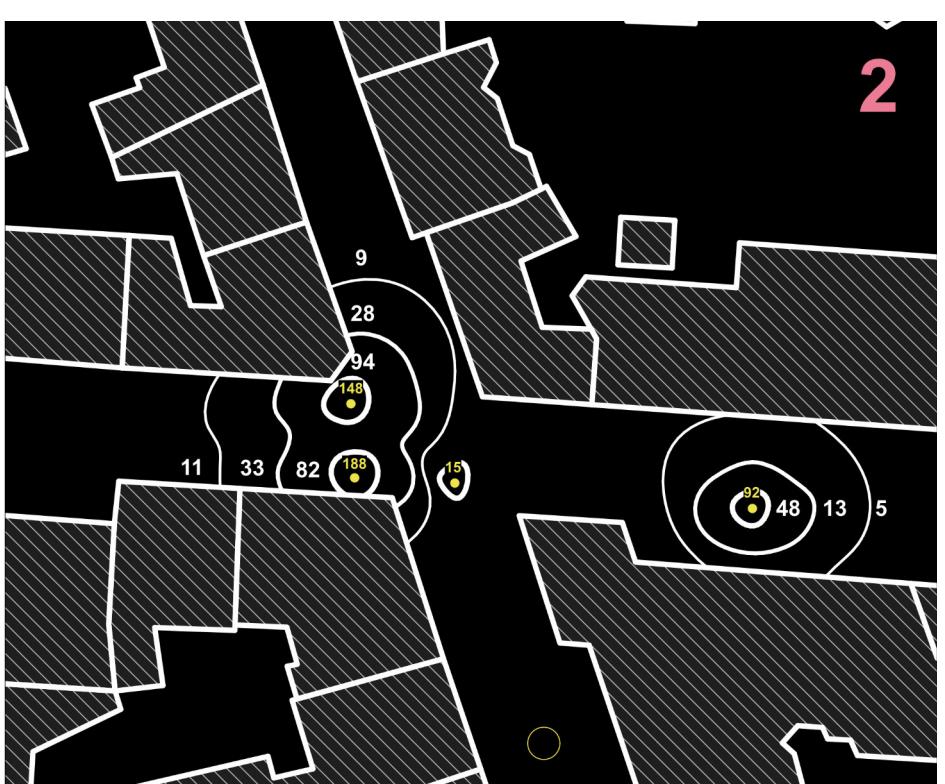
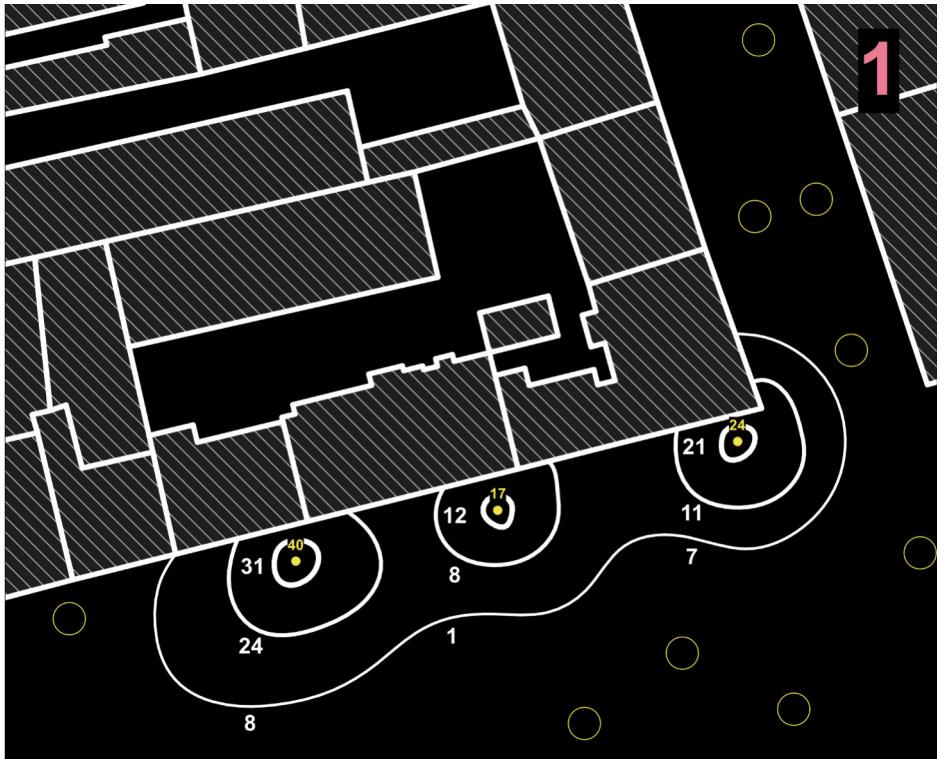
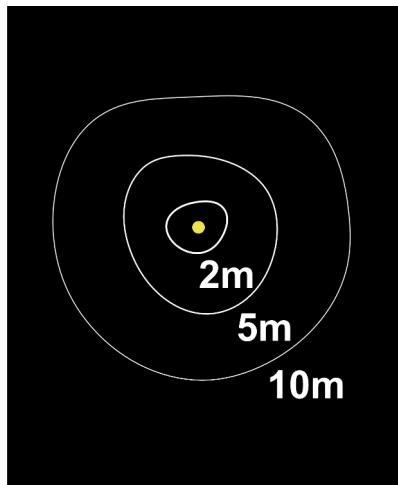


ABB. 50: LEUCHTENNUMMERIERUNG K2

## LEGENDE

Lidelpark - Lux Messung - Leuchten																																											
Nummerierung:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41		
Direkt	19	11	23	40	17	24	53	44	51	78	58	58	22	106	28	97	60	80	23	150	23	24	151	158	148	188	16	92	248	164	287	306	175	520	195	225	240	208	156	235	167		
2 Meter																																											
5 Meter																																											
10 Meter																																											

Lidelpark - Lux Messung - Schaufenster																														
Nummerierung:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Direkt	0	1	90	0	0	0	504	123	0	156	104	0	0	56	53	0	168	28	88	63	37	60	70	70	0	4	0	3	3	3



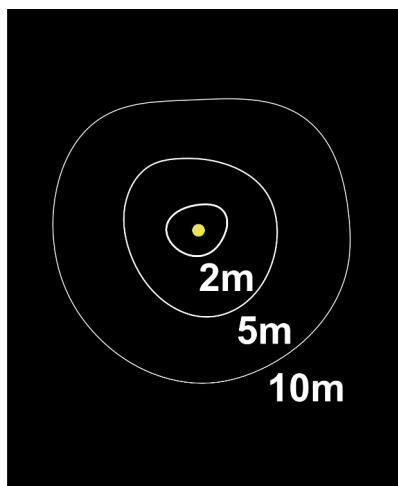


ABB. 53: LICHTSTREUUNG SITUATION 3 K2



ABB. 54: LICHTSTREUUNG SITUATION 4 K2

## LITERATURVERZEICHNIS

Huang-Lachmann, J. (2023) Fona-Mobilität der Stadt. [#main](https://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/mobilitaet-in-der-stadt.php) [Zugriff am 15.02.2024]

Eckardt, F. (2014). *Stadtforschung: Gegenstand und Methoden*. Springer VS, Wiesbaden.

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). <https://doi.org/10.1080/21650020.2023.2267636> [Zugriff am 03.03.2024]

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

- Titelbild: Stressfaktor öffentliche Beleuchtung  
Abb. 1: Tag-Nacht-Vergleich Markgrafenstrasse  
Abb. 2: Tag-Nacht-Vergleich Zähringerstrasse  
Abb. 3: StVO-Rechtsbuch  
Abb. 4: Karlsruhe Stadt Nacht  
Abb. 5: Stresssensor Messung  
Abb. 6: Abstandsmessung  
Abb. 7: Recherche  
Abb. 8: Lux-Messgerät  
Abb. 9: Lichtstreuung Situation 1  
Abb. 10: Befragung  
Abb. 11: Umfragebogen  
Abb. 12: Situation 1 Markgrafenstrasse  
Abb. 13: Situation 2 Zähringerstrasse  
Abb. 14: Ablaufstrecke  
Abb. 15: Tag-Nacht-Vergleich K2  
Abb. 16: Schrittzählung  
Abb. 17: Laternenabstand K1  
Abb. 18: Laternenabstand K2  
Abb. 19: Typologisierung K1  
Abb. 20: Typologisierung K2  
Abb. 21: Karten (Apple, 2020)  
Abb. 22: Laternenabstand O1  
Abb. 23: Laternenabstand O2  
Abb. 24: Typologisierung O1  
Abb. 25: Typologisierung O2  
Abb. 26: Lichtstreuung K1  
Abb. 27: Lichtstreuung K2  
Abb. 28: Auswertung Situation 1  
Abb. 29: Auswertung Situation 2  
Abb. 30: Stresssensorenmessung K2  
Abb. 31: Hypothetische Lichtstreuung O1  
Abb. 32: Hypothetische Lichtstreuung O2  
Abb. 33: Stresssensorenmessung

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS ANHANG**

- Abb. 34: Umfragebogen 1
- Abb. 35: Umfragebogen 2
- Abb. 36: Umfragebogen 3
- Abb. 37: Umfragebogen 4
- Abb. 38: Umfragebogen 5
- Abb. 39: Umfragebogen 6
- Abb. 40: Umfragebogen 7
- Abb. 41: Umfragebogen 8
- Abb. 42: Umfragebogen 9
- Abb. 43: Umfragebogen 10
- Abb. 44: Lichtstreuung Situationen K1
- Abb. 45: Leuchtennummerierung K1
- Abb. 46: Lichtstreuung Situation 1 K1
- Abb. 47: Lichtstreuung Situation 2 K1
- Abb. 48: Lichtstreuung Situation 3 K1
- Abb. 49: Lichtstreuung Situationen K2
- Abb. 50: Leuchtennummerierung K2
- Abb. 51: Lichtstreuung Situation 1 K2
- Abb. 52: Lichtstreuung Situation 2 K2
- Abb. 53: Lichtstreuung Situation 3 K2
- Abb. 54: Lichtstreuung Situation 4 K2





STRASSENQUERUNG

## **VERKEHRSDICHTE UND STRESS**

Die zunehmenden Verdichtung urbaner Räume und die steigende Anzahl von Fahrzeugen auf unseren Straßen, haben zu einer ansteigenden Verkehrsdichte in städtischen Gebieten geführt. Mit dieser Entwicklung gehen nicht nur verkehrstechnische Herausforderungen einher, sondern auch die Frage nach dem Einfluss auf das individuelle Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmenden. In dieser Forschungsarbeit steht die zentrale Frage im Fokus: Inwiefern korreliert die Verkehrsdichte mit dem Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmenden?

Die vorliegende Forschungsarbeit zielt darauf ab zu ergründen, ob die Entwicklung einer systematischen Kategorisierung oder Methodik zur schematische Messung und Darstellung von Stress in Verbindung mit Verkehrsdichte möglich ist und wollen Unterschiede aufweisen, die bei den unterschiedlichen Methoden herauskommen.

Untersucht werden soll die Fragestellung durch Befragungen, eigene Stressmessungen und Vergleiche mit bereits bestehenden Analysestudien.

## EINLEITUNG | MOTIVATION | THEMENFINDUNG

Im Zuge der Verkehrswende strebt man eine Umstellung des Verkehrs und der Mobilität auf nachhaltige Energiequellen an, wobei der motorisierte Individualverkehr sukzessive durch aktive Fortbewegungsmethoden wie Gehen oder Radfahren ersetzt werden soll. Konkrete Zielsetzungen wurden dabei im Rahmen der Verkehrswende beispielsweise vom Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg formuliert, um einen verstärkten Raum für umweltfreundliche Mobilität zu schaffen und die Klimaneutralität des Verkehrssektors zu gewährleisten (vgl. Abb. 2). Allerdings bedarf es geeigneter Anreize, um individuelles Interesse zugunsten des Fahrrads anstelle des Autos zu lenken. Die Wirksamkeit solcher Anreize hängt maßgeblich davon ab, wie wohl, beziehungsweise unwohl sich Radfahrende auf Fahrradwegen fühlen. Wenn Fahrradwege unzureichend ausgebaut sind und nur eine mäßige Nutzbarkeit bieten, verringert sich die Bereitschaft, dieselbe Strecke mit dem Fahrrad zurückzulegen entsprechend. Daher ist es von essenzieller Bedeutung, das Radfahren und den Fußweg für Verkehrsteilnehmende so angenehm wie möglich zu gestalten. Potenzielle Stresspunkte für Radfahrende müssen im Verkehr analysiert und herausgefiltert werden, um Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie der Verkehr in Zukunft

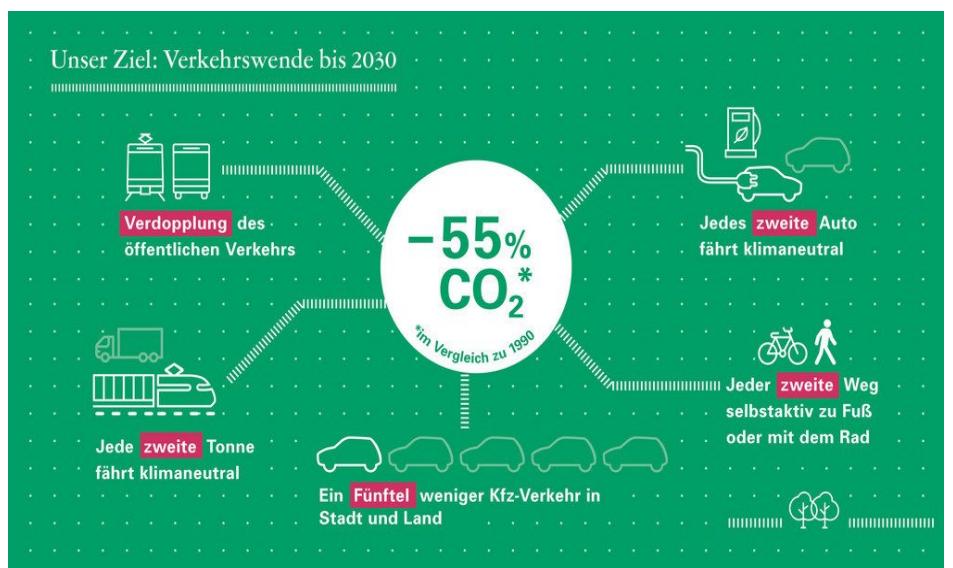


ABB. 2; UNSER ZIEL: VERKEHRSWENDE BIS 2030 (VERKEHRSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG, 2022)

## **VERKEHRSDICHTE ALS UNTERSUCHUNGSTHEMA**

Anders als beispielsweise die Analyse der Bodenbeläge oder Straßenbepflanzung, ist das Thema der Dichte auch überwiegend subjektiv zu betrachten. Die Verkehrsdichte kann einerseits strikt durch quantitative Messungen festgestellt werden, andererseits ist die Wahrnehmung der Verkehrsdichte sehr individuell und subjektiv. Die Korrelation zwischen subjektiven und objektiven Parametern stellt sich als besonders spannend dar. Inwiefern lassen sich objektive Messungen und Fakten mit subjektiven Wahrnehmungen verknüpfen? Inwiefern kann eine subjektive Wahrnehmung in eine objektive Kategorisierung eingeordnet werden? Diese auffalenden Fragestellungen führen schließlich zum Forschungsthema des Zusammenhangs der Verkehrsdichte und dem Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmer. Die zunehmende Urbanisierung und Bevölkerungsdichte in städtischen Gebieten bewirken einen kontinuierlichen Anstieg der Verkehrsdichte. Diese Entwicklung wirft die Frage auf, inwieweit die Verkehrsdichte einen Einfluss auf das Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmer ausübt und wie sie im Optimalfall verbessert werden kann. Untersucht werden sollen dabei Aspekte wie die Verkehrsdichte zu unterschiedlichen Tageszeiten, inwiefern unterschiedliche Fahrradführungsformen das Fahrradfahren und das Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmenden beeinflussen und wie die Verkehrssituationen, beziehungsweise die Verkehrsdichten, mit den vorhandenen Führungsformen wahrgenommen werden und inwiefern sich dies auf das Wohlbefinden auswirkt. Untersucht wird dies anhand von insgesamt vier Untersuchungsgebieten in Karlsruhe und Osnabrück.

## **ZIELE**

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel herauszufinden, ob die Entwicklung einer systematischen Kategorisierung zur Messung von Stress möglich ist. Kombiniert werden dabei objektive mit subjektiven Parametern. Zudem sollen mögliche Unterschiede aufgewiesen werden, welche bei verschiedenen Methoden herauskommen können. Der hier vorgestellte Ansatz experimentiert in diesem Kontext mit unterschiedlichen Methoden. Dazu zählen unter anderem Befragungen und eigene Stressmessungen, somit soll das Einbinden der eigenen subjektiven Erfahrung gewährleistet werden.

# **FORSCHUNGSFRAGE**

## **INWIEFERN KORRELIERT DIE VERKEHRSDICHTE MIT DEM WOHLBEFINDEN DER VERKEHRSTEILNEHMER?**

Die Verkehrsdichte ist ein wesentlicher Faktor in der Verkehrsplanung und -gestaltung, da sie Auswirkungen auf den Verkehrsfluss, Geschwindigkeiten, den Kraftstoffverbrauch, die Umweltbelastung und das allgemeine Verkehrserlebnis der Teilnehmer hat. Hohe Verkehrsdichte kann zu Staus, längeren Fahrzeiten und einer erhöhten Wahrscheinlichkeit von Verkehrsbehinderungen führen. Solche Verkehrssituationen haben großen Einfluss auf das Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmenden und Reizen das Stresslevel von Autofahrenden, Fahrradfahrenden sowie Fußgehenden. Daher ist die Analyse der Verkehrsdichte entscheidend, um effektive Verkehrsmanagementstrategien zu entwickeln und die Lebensqualität in städtischen Regionen zu verbessern. Deshalb soll der Zusammenhang zwischen der Verkehrsdichte und dem Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmenden im Hinblick auf unterschiedliche Aspekte im Folgenden genauer untersucht werden.

## **WIE VARIERT DIE DICHE DES VERKEHRS ZU UNTERSCHIEDLICHEN TAGESZEITEN?**

Die unterschiedlichen Tageszeiten stellen einen signifikanten Faktor im Zusammenhang mit der Verkehrsdichte dar, denn zu unterschiedlichen Zeiten, beispielsweise dem Berufsverkehr, variiert die Anzahl der Fahrzeuge und Fahrräder auf den Straßen. Eine detailliertere Analyse der Dichteschwankungen ist dementsprechend von großer Bedeutung, um adäquate Maßnahmen in der Verkehrsplanung berücksichtigen zu können. Dadurch können Verkehrsflüsse optimiert und die Verkehrsteilnehmer selbst, sowie auch Anwohner entlastet werden. Untersucht werden dementsprechend Zeitpunkte, in denen signifikante Verkehrsdichten auftreten, sowie solche, in denen nur eine geringe Anzahl von Verkehrsteilnehmenden präsent ist. Ziel ist es, eine vergleichende Analyse der Stressniveaus in verschiedenen Verkehrssituationen durchzuführen und potenzielle Einflüsse auf das Stresslevel auszumachen. Mögliche Stressreize sollen hierbei ermittelt werden um daraus Erkenntnisse zur Stressminderung im Kontext der Verkehrsplanung ziehen zu können.

## **WIE VERTEILT SICH DIE DICHE DURCH VERSCHIEDENE FAHRRADFÜHRUNGSFORMEN UND WIE BEEINFLUSST ES DAS FAHRRADFAHREN?**

Verschiedene Fahrradführungsformen wie beispielweise Radwege, gemeinsame Rad- und Fußwege oder Fahrradstraßen, prägen maßgeblich die Dynamik des Fahrradverkehrs. Ziel dieser Analyse ist es, die Auswirkungen dieser unterschiedlichen Fahrradführungsformen auf die Verkehrsdichte zu beleuchten und deren Einfluss auf das Fahrradfahren zu verstehen. Es soll herausgefunden werden, ob bestimmte Fahrradführungsformen bevorzugt oder sogar vermieden werden. Durch die Analyse dieser Aspekte lassen sich Erkenntnisse gewinnen, die eine gezielte Gestaltung und Optimierung der Fahrradräume ermöglichen, um die Attraktivität des Radverkehrs zu steigern und gleichzeitig die Sicherheit zu gewährleisten. Die systematische Erfassung und Analyse von Stressreizen im Kontext der Wegführung ist von entscheidender Bedeutung, um wirksame Maßnahmen gegen diese potenziellen Störfaktoren zu entwickeln und die Begeisterung der Verkehrsteilnehmer für die aktive Fortbewegungsmethode zu fördern.

## **WIE WERDEN UNTERSCHIEDLICHE DICHTEN UND FÜHRUNGSFORMEN IM RADVERKEHR SUBJEKTIV VON NUTZENDEN WAHRGENOMMEN?**

Die vorliegende Thematik betrifft die individuelle und demnach subjektive Wahrnehmung von Verkehrsteilnehmenden. Die Verallgemeinerung von subjektiven Wahrnehmungen auf eine universell gültige Ebene abzuleiten, stellt häufig eine anspruchsvolle Herausforderung dar. In Anbe tracht dessen ist es erforderlich, die Verkehrsteilnehmenden zu kategorisieren, um die Ergebnisse der Wahrnehmungsstudien besser zu erfassen und miteinander vergleichbar zu machen. Diese Kategorisierung ermöglicht eine differenzierte Betrachtung von individuellen Perspektiven und erleichtert somit die Interpretation der Ergebnisse im Kontext verschiedener Gruppen von Verkehrsteilnehmenden.

# HINTERGRUND | STAND DER FORSCHUNG

## LEVEL OF TRAFFIC STRESS

Die Studie "Low-Stress Bicycling and Network Connectivity" wurde 2012 ursprünglich von Forschenden des Mineta Transportation Institute der San Jose State University entwickelt und stellt eine Methodik dar, um das Ausmass von Stress, welches Fahrradfahrenden während des Fahrens erleben, objektiv festzustellen. Das Ziel ist es, ein vernetztes Fahrradsystem zu entwickeln, bei dem Fahrradfahrende möglichst angenehme Strecken nutzen können. Radfahrende sollen ihre Toleranz für Verkehrsstress möglichst nicht überschreiten müssen und keine übermäßigen Umwege benötigen. Das Radnetz und die Nutzung des Rades als Verkehrsmittel soll somit gefördert und herangetrieben werden.

Der erlebte Stress wurde dabei in 5 Stresslevel aufgeteilt. Ein hohes Stresslevel kann dabei auf eine Beeinträchtigung der Fähradinfrastruktur hinweisen und ein Indikator dafür sein, dass das Befahren der Fähradführungsweg unangenehm ist. Damit das vorhandene Radnetz eine möglichst breite Masse der Bevölkerung anspricht und zum Radfahren animieren kann, müssen solche Verkehrssituationen mit hohen Stressleveln identifiziert werden, um im nächsten Schritt ein möglichst angenehmes und Stressfreies Radwegenetz schaffen zu können. 2020 wurde die Methode vom Montgomery Planning Department überarbeitet, es wurden zusätzliche Stresslevel hinzugefügt und eine digitale Karte mit markierten Stressleveln erstellt, diese ist online abrufbar (vgl. Abb.3).

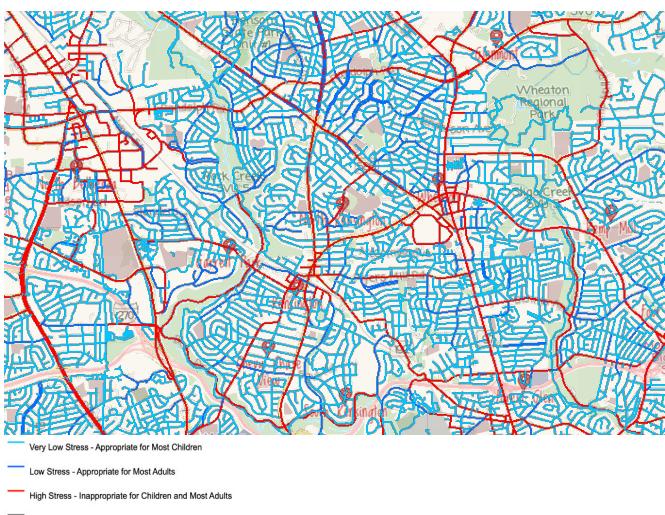


ABB. 3: AUSSCHNITT MONTGOMERY PLANNING DEPARTMENT BICYCLE STRESS MAP

## DIE VERSCHIEDENEN STRESSLEVEL

Die Studie teilt den erlebten Verkehrsstress in fünf Stresslevel auf:

LTS 0 Kein Stress

LTS 1 Sehr wenig Stress

LTS 2 Wenig Stress

LTS 2.5 Mäßig wenig Stress

LTS 3 Mäßig viel Stress

LTS 4 Viel Stress

LTS 5 Sehr viel Stress

Ziel ist es nun, die Stresslevel der Fähradführungswege auf maximal LTS 2 zu reduzieren.

Für die Kategorisierung der Stresslevel wurden verschiedene Tabellen angelegt, dabei werden unterschiedliche Bewertungsmerkmale als Grundlage genutzt. Zu diesen Merkmalen zählen unter anderem die Geschwindigkeitsbegrenzung, die Anzahl der Spuren oder auch das Verkehrsaufkommen. Tabellen gibt es unter anderem für Fahrradwege neben Parkstreifen, Fahrradverkehr im Mischverkehr oder auch Kreuzungssituationen. Allgemein wird davon ausgegangen, dass vollständig separierte Radweginfrastrukturen einen LTS von 0 aufweisen, wohingegen Straßen mit sehr hoher Geschwindigkeit ohne separaten Fahrradweg einen LTS von 5 aufweisen, wobei Radfahren auf solchen Straßen fast nicht existent scheint. Während LTS 1 für die meisten Verkehrsteilnehmer sowie auch Kinder geeignet ist, stellt LTS 2 eine geringe Verkehrsbelastung dar, welche noch für die meisten Erwachsenen, rund 50%, geeignet ist. LTS 3 entspricht mäßigem Verkehrsstress und scheint nur noch für etwa 10% der Erwachsenen geeignet zu sein. Ab LTS 4 stellt der Verkehr eine hohe Belastung dar, welche nur noch für wenige Erwachsene, circa 4% geeignet erscheint. Durch die Tabellen und Kategorisierungen kann man somit sehr einfach und schnell die Stresslevel für verschiedene Verkehrssituationen und Orte ermitteln.

## **ERKENNTNISSE AUS LEVEL OF TRAFFIC STRESS**

Bei der Anwendung der Level of Traffic Stress Methode an den Forschungsbereichen konnten jedoch Unstimmigkeiten festgestellt werden. Es sollte beachtet werden, dass die Studie aus Amerika stammt und auch für die dortigen Straßenverkehrssituationen ausgelegt sind. Die Tabellenwerte sind somit auch auf die dortigen Verkehrsregeln, das Verkehrsaufkommen sowie auf das imperiale Einheitssystem angepasst. Die Situationen der Forschungsbereiche mussten somit dem am besten passendsten Tabellenwert zugeordnet werden, wodurch die Ergebnisse sicherlich verfälscht werden können. Dennoch kann ein solches tabellarisches Analysewerkzeug eine gute Grundlage schaffen, um sich über das potentielle Stresslevel an der vorgegebenen Verkehrssituation eine Übersicht verschaffen zu können.

## TABELLEN LEVEL OF TRAFFIC STRESS

Speed Limit mph (km/h)	# Of Lanes	Mixed Traffic					
		No Parking		Parking			
		Center Line	No Center Line	Center Line&High Parking Turnover	Center Line&Low Parking Turnover	No Center Line & Non-Residential	No Center Line& Residential
$\leq 25$ ( $\leq 40$ )	2-3	3	2	2.5	2	2.5	2
	4-5	3	-	3	3	-	-
	6	4	-	4	4	-	-
30 (48)	2-3	3	2	3	3	2.5	2
	4-5	4	-	4	4	-	-
	6	4	-	4	4	-	-

TABELLE 01: GEMISCHTER VERKEHR, (EIGENE DARSTELLUNG NACH MONTGOMERY PLANNING DEPARTMENT 2020)

Speed Limit mph (km/h)	# Of Lanes	Bike Lane						
		No Parking			Parking			
		Infrequently Obstructed		Frequently Obstructed	Infrequently Obstructed/ Low Parking Turnover		Frequently Obstructed/High Parking Turnover	
		Bike Lane ≤ 5.5 ft	Bike Lane ≥ 6.0 ft		Bike Lane+Parking	Bike Lane+Parking = 14-14.5 ft	Bike Lane+Parking = 15 ft	
$\leq 25$ ( $\leq 40$ )	2-3	2	1	2.5	2.5	2	1	2.5
	4-5	2.5	2.5	2.5	3			
	$\geq 6$	3			3			
30 (48)	2-3	2	2	2.5	2.5	2	2	2.5
	4-5	2.5	2	2.5	3			
	$\geq 6$	3			3			

TABELLE 02: FAHRRADSPUREN, (EIGENE DARSTELLUNG NACH MONTGOMERY PLANNING DEPARTMENT 2020)

Speed Limit on Street Being Crossed	Unsignalised Crossing					
	No Median Refuge			Median Refuge		
	2-3	4-5	6+	2-3	4-5	6+
$\leq 25$ ( $\leq 40$ )	1	2	4	1	1	2
30 (48)	2	2.5	4	1	2	2.5

TABELLE 03: UNSIGNALISIERTE KREUZUNGEN, (EIGENE DARSTELLUNG NACH MONTGOMERY PLANNING DEPARTMENT 2020)

# METHODIK

## TEILNEHMENDE BEOBACHTUNG

Die Teilnehmende Methode, auch unter den Begriffen partizipative Forschung oder partizipative Aktionsforschung bekannt, repräsentiert eine etablierte wissenschaftliche Forschungsmethode, die insbesondere für die Untersuchung nonverbaler Prozesse geeignet ist. Diese Methode wird häufig im Rahmen von Mixed-Methods-Ansätzen in Kombination mit anderen Forschungsansätzen angewandt und hebt sich deutlich von traditionellen Forschungsmethoden ab, bei denen Forschende oft eine distanzierte und objektive Position einnehmen. Im Gegensatz dazu betont die teilnehmende Methode die Notwendigkeit von Zusammenarbeit und Dialog zwischen Forschenden und den am Forschungsprozess beteiligten Personen.

Die grundlegenden Prinzipien der Teilnehmenden Methode finden in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen Anwendung, darunter Soziologie, Psychologie, Anthropologie und Bildung. Das vorrangige Ziel dieses Ansatzes besteht darin, die Perspektiven der Teilnehmenden vollständig zu erfassen und diese aktiv in den gesamten Forschungsprozess zu integrieren.

Die teilnehmende Methode strebt insgesamt danach, einen inklusiven und partizipativen Ansatz in der Forschung zu fördern. Dieser Ansatz trägt dazu bei, nuancierte und relevante Erkenntnisse zu generieren, die die tatsächlichen Lebenswirklichkeiten der Teilnehmenden widerspiegeln. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf nonverbalen Prozessen, die oft in herkömmlichen Forschungsmethoden vernachlässigt werden.

Vorteile der Teilnehmenden Methode:

Die Forschenden befinden sich aktiv im Geschehen, was es ermöglicht, besondere Erkenntnisse zu erlangen, die durch andere Methoden schwer zu gewinnen wären. Dies trägt zu einer erhöhten Realitätsnähe bei, da die Forschenden die Situationen in ihrer authentischen Wirklichkeit erleben, anstatt diese in Simulationen zu erfassen.

Nachteile der Teilnehmenden Methode:

Die persönliche Teilnahme der Forschenden kann zu subjektiven Resultaten führen. Durch die direkte Involviering besteht die Gefahr, dass die eigenen Erfahrungen und Perspektiven der Forschenden die Interpretation und Analyse der gesammelten Daten beeinflussen. Eine kritische Reflexion über diese potenziellen subjektiven Einflüsse ist daher unabdingbar, um die Validität und Objektivität der Forschungsergebnisse zu gewährleisten.

## BEFRAGUNG

Die Befragung und Interviews stellen effektive Methoden dar, um die subjektive Wahrnehmung der beteiligten Personen in der empirischen Sozialforschung zu erfassen. Diese Methoden werden häufig in Kombination mit anderen Forschungsansätzen angewandt. Die Befragung ermöglicht eine systematische Erfassung individueller Meinungen, Einstellungen und Empfindungen. Im speziellen Kontext des persönlichen Empfindens erfordert die Befragung eine sorgfältige Planung und Umsetzung. Die Integration von geeigneten Auswahlverfahren, präzisen Fragestellungen und reflektierten Analysemethoden ist entscheidend, um ein umfassendes Verständnis individueller Empfindungen in verschiedenen Kontexten zu erlangen. Die zentrale Anerkennung der Subjektivität menschlichen Empfindens stellt dabei einen grundlegenden Aspekt dar, um valide und aussagekräftige Forschungsergebnisse zu erzielen.

## STRESSMESSUNG

Die Methode der Stressmessung, auch als Emotion Sensing, bzw. im Kontext des Radfahrens als EmoCycling-Methode bekannt, befasst sich mit der Erfassung von biostatischen Parametern, die darauf abzielen, Stresssituationen im Straßenverkehr zu identifizieren. Das EmoCycling-Verfahren nutzt ein Sensorarmband, um psychophysiologische Reaktionen zu erfassen, kombiniert mit GPS-Koordinaten. Dadurch ist es möglich, den emotionalen Zustand von Probanden während des Fahrradfahrens präzise zu messen und zu verorten (vgl. Abb. 4 & 5). Diese Methode eröffnet Möglichkeiten, das subjektive Sicherheitsgefühl von Radfahrenden zu erfassen und in der Praxis anzuwenden. Dabei ist zu beachten, dass verschiedene Parameter berücksichtigt werden müssen. Beispielsweise hat das Fahrniveau der Radfahrenden einen signifikanten Einfluss auf die subjektive Wahrnehmung von Übersichtlichkeit und Sicherheit in Verkehrssituationen. Die Integration solcher Parameter ist entscheidend, um eine umfassende und präzise Bewertung des emotionalen Zustands und des Sicherheitsempfindens der Radfahrenden zu ermöglichen.

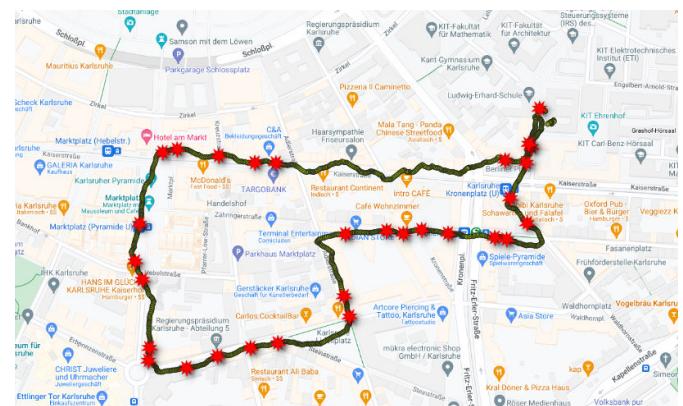


ABB. 4: BEISPIELHAFTE STRESSMESSUNG, KARLSRUHE DEZEMBER 2023

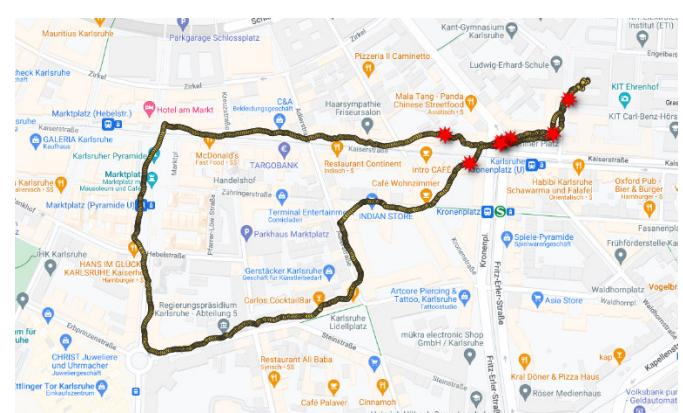


ABB. 5: BEISPIELHAFTE STRESSMESSUNG, KARLSRUHE DEZEMBER 2023

# DURCHFÜHRUNG FRAGEBOGEN

## BEISPIELFRAGEN

### GEBIETSSPEZIFISCHE FRAGEN

Welche Verkehrsmittel nutzen Sie auf dieser Straße?

AUTO       FAHRRAD       ZU FUSS

\_\_\_\_\_

Zu welcher Tageszeit nutzen Sie die Straße?

MORGENS       VORMITTAGS       MITTAGS

NACHMITTAGS       ABENDS       NACHTS

Welche Strecke legen Sie hier typischerweise zurück?

ARBEITSWEG/SCHULWEG       EINKAUFEN

SPAZIEREN       \_\_\_\_\_

### GEBIETSUNSPEZIFISCHE FRAGEN

Wie sicher fühlen Sie sich im Verkehr, wenn es spezielle Fahrradspuren gibt?

SEHR SICHER

SEHR UNSICHER

Wie sicher fühlen Sie sich im Verkehr, wenn Sie sich die Fahrspur mit anderen Verkehrsteilnehmern teilen?

SEHR SICHER

SEHR UNSICHER

## AUSWERTUNG FRAGEBOGEN

Die Relevanz dieser Auswertung liegt in der Möglichkeit, nicht nur quantitative Informationen zu gewinnen, sondern auch qualitative Einblicke in die Einstellungen, Meinungen und Verhaltensweisen der Befragten zu erhalten. Die Kombination von quantitativen und qualitativen Daten trägt dazu bei, ein umfassenderes Verständnis für die Auswertungsergebnisse zu erhalten. Insbesondere bei subjektiven Themen, wie der persönlichen Wahrnehmung im Verkehr, sind die Meinungen und Empfindungen der Personen, welche selbst am Verkehr teilnehmen, zu berücksichtigen. Dies stellt den ersten Schritt dar, objektive Parameter und subjektive Wahrnehmungen zu verknüpfen. Die Ergebnisse dieser Auswertung werden nicht nur zur Beantwortung der spezifischen Forschungsfragen dienen, sondern auch als Grundlage für weitere Diskussionen und Hypothesenbildungen.

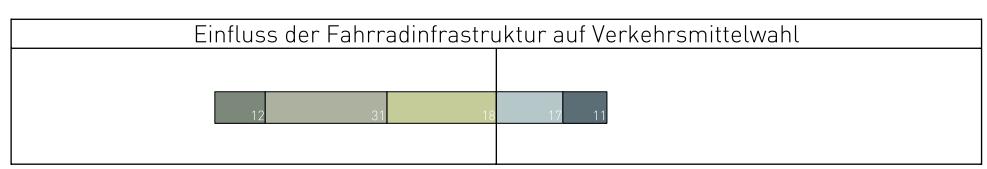
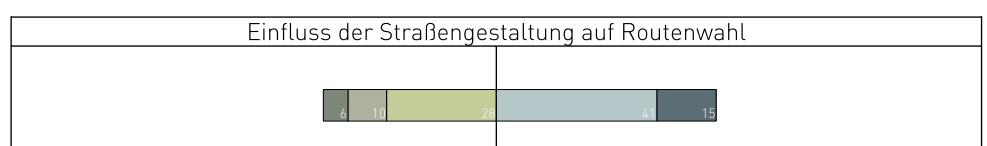
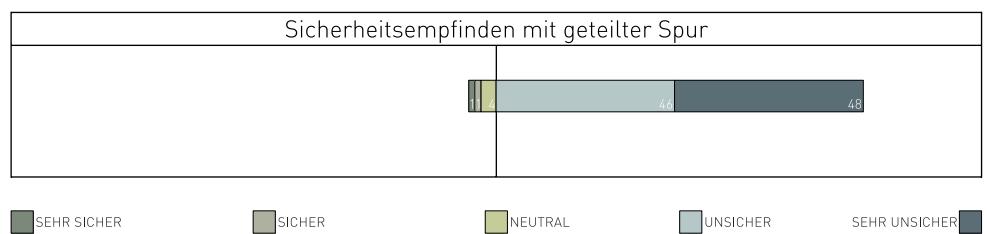
Die Fragebögen enthalten gebietsspezifische, als auch gebietsunspezifische Fragen. So sollen die bestimmten Gebiete genauer untersucht werden aber auch allgemeine Präferenzen der Verkehrsteilnehmer ausfindig gemacht werden. Dies lässt nicht nur ein allgemeines Stimmungsbild von den Verkehrsteilnehmern aus allen Untersuchungsgebieten ableiten, sondern auch spezifische Problemstellungen am jeweiligen Ort.

Die durchgeführte Befragung muss als Planspiel verstanden werden, welches dazu dient, den potentiellen Verlauf und das Ergebnis der Befragung zu simulieren, welches wahrscheinlich zu erwarten ist. Ausgegangen wird dabei von einer Teilnehmerzahl von 100 Personen.

Die Simulation ermöglicht zudem, verschiedene Szenarien durchzuspielen und potentielle Entwicklungen zu antizipieren. Dadurch kann ein besseres Verständnis für erwartbare Ergebnisse gewonnen werden.

## AUSWERTUNG GEBIETSUNSPEZIFISCHE FRAGEN

N=100



Angaben in Prozent

Vermutet wird, dass sich Verkehrsteilnehmende am sichersten fühlen, wenn sie einen eigenen Fahrradstreifen zu Verfügung haben und abgesondert von anderen Verkehrsteilnehmenden fahren können. So mit wird davon ausgegangen, dass die erste Frage mit einem SEHR beantwortet werden würde. Somit wird auch davon ausgegangen, dass sich Verkehrsteilnehmende, welche sich die Spur mit Anderen teilen müssen, weniger sicher fühlen. Es muss mehr Acht auf Andere gegeben werden und eine unklar definierte Spurteilung kann schnell zu unvorhersehbaren Vorkommnissen und Missverständnissen untereinander führen.

Vermutlich umfahren einige Verkehrsteilnehmende mit Ortskunde volle oder schlecht zu befahrene Straßen, um eine angenehmere und stressfreiere Fahrt zu haben, dennoch überwiegt dabei vermutlich die Priorität einen direkten Weg zu wählen statt einer Umwegroute. Diese nehmen meist mehr Zeit in Anspruch, welche zuvor eingeplant werden müsste.

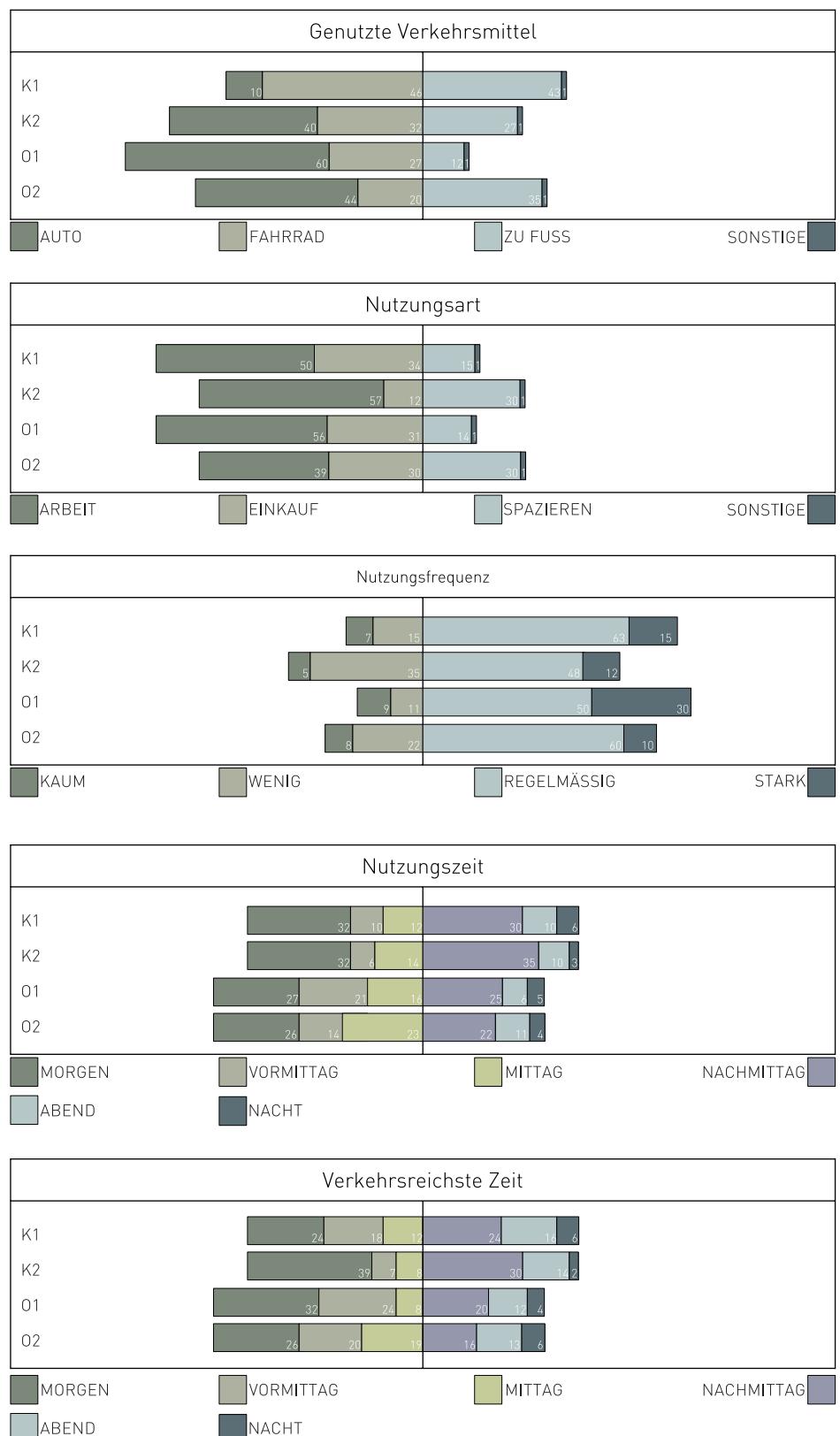
Gleiches gilt vermutlich für den gewählten Zeitpunkt. Die meisten Verkehrsteilnehmenden würden einen ruhigeren Fahrtzeitpunkt wählen, um eine stressfreiere Fahrt genießen zu können. Jedoch haben vor allem unter dem Zeitaspekt die Meisten keine Wahl. Wird die Straße zum Beispiel als Arbeitsweg genutzt, bleibt nicht viel Spielraum bei der Wahl des Nutzungszeitpunktes.

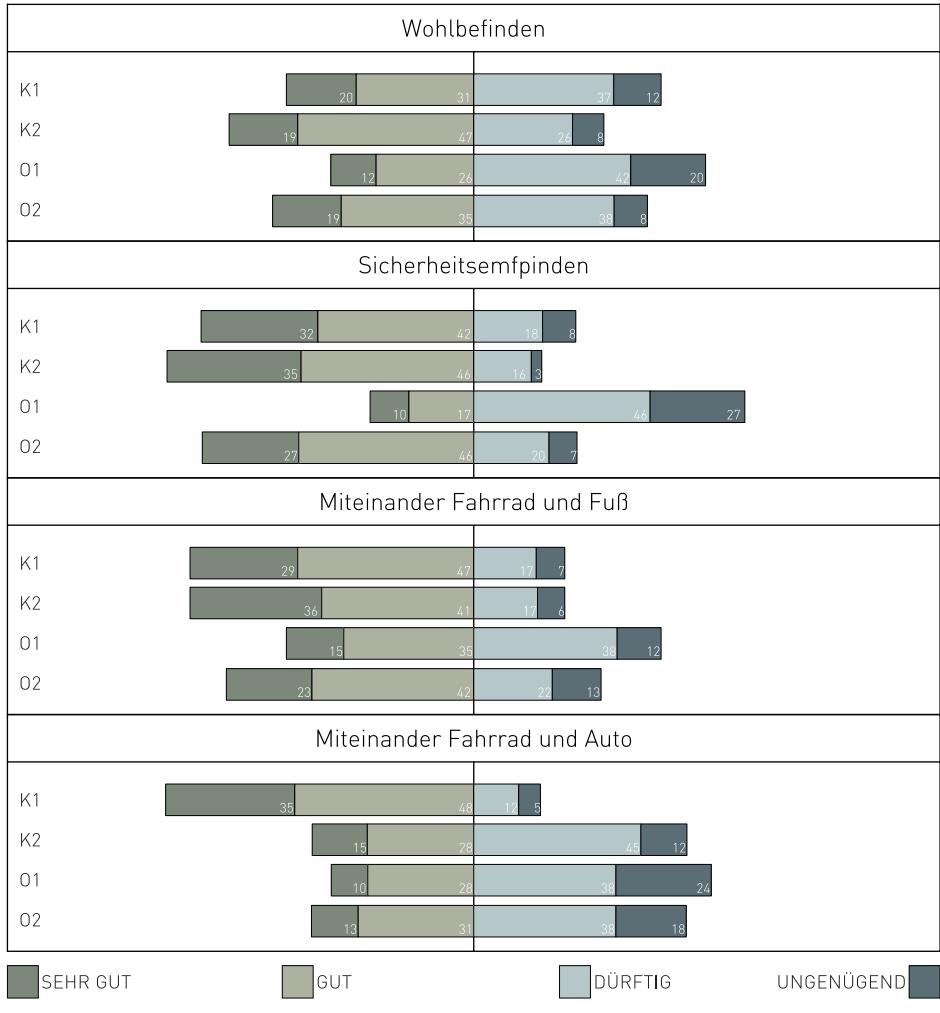
Auch die Gestaltung der Straßen kann einen Einfluss auf die Routenwahl haben. Vor allem Spazierfahrten werden meist nach Befahrbarkeit und Gestaltung gewählt. Anderes ist dies jedoch zum Beispiel auf dem Weg zur Arbeit, hierbei wird eher der direkte Weg priorisiert. Man möchte dabei schnell und direkt ans Ziel kommen.

Vermutet wird, dass der Zustand der Fahrradinfrastruktur eine größere Rolle dabei spielt, ob das Rad genutzt wird, oder nicht. Bevor Verkehrsteilnehmende über schlecht befahrbare Wege fahren, welche nur auf Umwegen zum Ziel führen, werden das Auto oder die öffentlichen Verkehrsmittel bevorzugt.

Allgemein lässt sich also sagen, dass sich Radfahrende vor allem eigene und dadurch sichere Radspuren wünschen. Diese sollten eben und angenehm zu befahren sein, zum Beispiel durch moderne und witterungsbeständige Beläge. Bestmöglichst sollte das Radnetz direkte Wege bieten und gut an das Verkehrsnetz angeschlossen sein, um keine Umwege fahren zu müssen und schnell an das Ziel zu gelangen. Um unentschlossene Verkehrsteilnehmende vom Radfahren zu überzeugen, sollten die Wege attraktiv und klar gestaltet sein, dazu zählen zum Beispiel klare Beschilderungen oder Bepflanzungen.

## AUSWERTUNG GEBIETSSPEZIFISCHE FRAGEN





# AUSWERTUNG GEBIETSSPEZIFISCHE FRAGEN

## AUSWERTUNG UNTERSUCHUNGSGEBIET K1

Das Innenstadtgebiet K1 erfährt überwiegend eine Nutzung durch Radfahrende und Fußgehende. Diese Verkehrsteilnehmende sind hauptsächlich auf dem Weg zur Arbeit oder zum Einkaufen in diesem Gebiet, eher wenige Personen Nutzen das Gebiete für einen Spaziergang. Daher ist eine verstärkte Nutzung der Straßen während der Berufsverkehrszeiten am Morgen und am Nachmittag zu beobachten, ebenso eine leicht erhöhte Nutzung in der Nacht im Vergleich zu anderen Gebieten. Die innerstädtische Lage des Gebiets führt zu einer hohen Frequentierung und einer regelmäßigen Nutzung. In Bezug auf das Wohlbefinden und die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer zeigen sich keine signifikanten Bedenken, die Verkehrsteilnehmenden bewerten diese Aspekte als gut. Zudem wird das Miteinander der Verkehrsteilnehmer als überwiegend positiv bewertet, sowohl zwischen Radfahrern und Fußgängern als auch zwischen Radfahrern und Autofahrern.

## AUSWERTUNG UNTERSUCHUNGSGEBIET K2

Das Stadtgebiet K2 weißt eine erhöhte Nutzung mit dem Auto auf. Die Verkehrsteilnehmenden befinden sich dabei überwiegend auf dem Arbeitsweg oder spazieren durch das Quartier. Die regelmäßig genutzten Wege werden von den Verkehrsteilnehmenden überwiegend zu den Berufsverkehrszeiten genutzt, vor allem am Nachmittags steigt die Nutzungsfrequenz des Gebiets. In diesem Gebiet fühlen sich die Verkehrsteilnehmenden auf den Straßen eher sicher und wohl, auch hier zeigen sich keine signifikanten Bedenken des Sicherheits- und Wohlbefindens. Während das Miteinander von Fahrradfahrenden und Fußgehenden dabei als angenehm bewertet wird, stellt das Miteinander von Fahrradfahrenden und Autofahrenden eine eher ungenügende Bewertung dar.

## **AUSWERTUNG UNTERSUCHUNGSGEBIET 01**

Das Gebiet wird überwiegend mit dem Auto befahren, eher zweitranig wird das Rad als Verkehrsmittel genutzt und eher weniger wird das Gebiet durch Fußgehende genutzt. Die Verkehrsteilnehmenden sind dabei vor allem auf dem Arbeitsweg oder auf dem Weg zum Einkauf. Das Gebiet wird dabei regelmässig bis stark befahren und wird ganztags frequentiert genutzt. Das Wohlbefinden und das Sicherheitsbefinden der Verkehrsteilnehmer wird dabei eher als ungenügend bewertet, beide Ergebnisse sind primär im negativen Auswertungsbereich. Besonders auffallend ist hierbei das deutlich negative Sicherheitsempfinden. Auch das Miteinander zwischen den Verkehrsteilnehmenden ist eher ungenügend. Dies wird sowohl bei Radfahrenden und Fußgehenden, sowie bei Radfahrenden und Autofahrenden als eher negativ bewertet.

## **AUSWERTUNG UNTERSUCHUNGSGEBIET 02**

Das innerstädtische Gebiete 02 wird überwiegend durch das Auto und zu Fuß genutzt, auch einige Fahrradfahrende sind vorzufinden. Dabei ergibt sich eine ausgewogene Nutzung als Arbeitsweg, zum Einkaufen aber auch als Spaziergebiet, hierbei zeigen sich kaum Unterschiede. Genutzt werden die Straßen sehr regelmäßig und ausgeglichen über den gesamten Tag. Die Bewertung des Wohlbefindens zeigt sich als relativ ausgeglichen, das Sicherheitsempfinden in diesem Gebiet wird im Vergleich dazu aber als deutlich positiver bewertet. Auch das Miteinander zwischen Radfahrenden und Fußgehenden wird als gut bewertet. Das Miteinander zwischen Radfahrenden zwischen Autofahrenden jedoch spielt sich eher im negativen Bereich ab und wird eher schlecht bewertet.

# DURCHFÜHRUNG LEVEL OF TRAFFIC STRESS

## UNTERSUCHUNGSGEBIET K1



ABB. 6: LEVEL OF TRAFFIC STRESS K1

Situation 01 - LTS 2

(Mixed Traffic→No Parking&Center Line→≤25 mph, 2-3 Lanes)

Situation 02 - LTS 0

Situation 03 - LTS 1

(Unsignalized Crossing→Median Refuge→30mph→2-3 Lanes)

Situation 04 - LTS 1

Fußgängerzone und Radfahrer

Situation 05 - LTS 1

Fußgängerzone und Radfahrer

## UNTERSUCHUNGSGEBIET K2



ABB. 7: LEVEL OF TRAFFIC STRESS K2

Situation 01 - LTS 2.5

(Mixed Traffic→No Center Line&Non Residential→≤25 mph, 2-3 Lanes)

Situation 02 - LTS 1

(Unsignalized Crossing→2-3 Lanes→≤25 mph)

Situation 03 - LTS 2

(Mixed Traffic→No Center Lane&Residential→≤25 mph, 2-3 Lanes)

Situation 04 - LTS 1

(Unsignalized Crossing→2-3 Lanes→≤25 mph)

Situation 05 - LTS 1

(Unsignalized Crossing→2-3 Lanes→≤25 mph)

Situation 06 - LTS 2

(Mixed Traffic→No Center Lane&Residential→≤25 mph, 2-3 Lanes)

## UNTERSUCHUNGSGEBIET 01



ABB. 8: LEVEL OF TRAFFIC STRESS 01

Situation 01 - LTS 3

(Mixed Traffic→No Parking&Center Lane→≤25 mph)

Situation 02 - LTS 0

Situation 03 - LTS 2.5

(Mixed Traffic→No Centerlane & Non Residential→30mph→2-3 Lanes)

Situation 04 - LTS 2.5

(Mixed Traffic→No Centerlane&Non Residential→30mph→2-3 Lanes)

Situation 05/06- LTS 2.5

(Bike Lane→Parking→Bike Lane+Parking→30mph)

## UNTERSUCHUNGSGEBIET 02

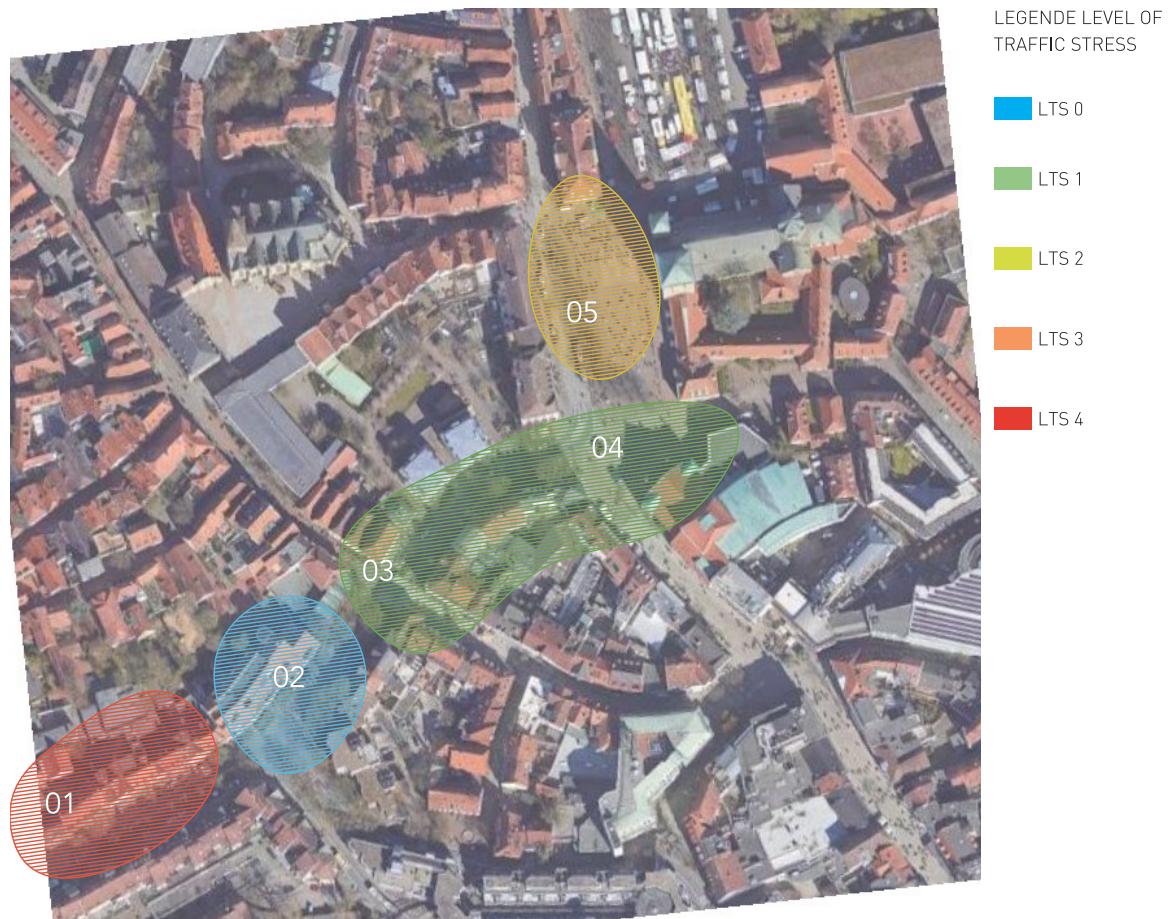


ABB. 9: LEVEL OF TRAFFIC STRESS 02

Situation 01 - LTS 4

(Mixed Traffic→No Parking&Center Lane, 30mph, 6 Lanes)

Situation 02 - LTS 0

Situation 03 - LTS 1

(Unsignalised Crossing→2-3 Lanes, ≤25 mph)

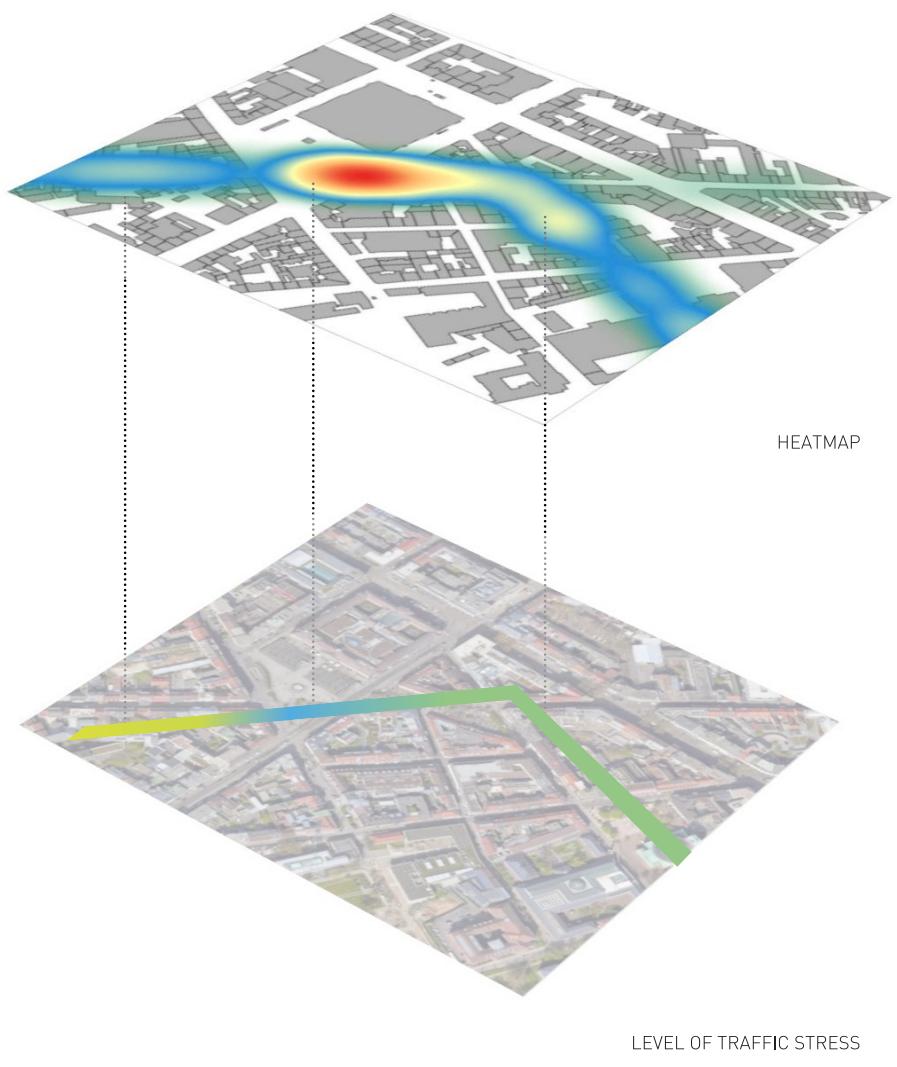
Situation 04 - LTS 1

(Unsignalised Crossing→2-3 Lanes, ≤25 mph)

Situation 05 - LTS 2.5

(Mixed Traffic→No Centerlane&Non Residential→30mph→2-3 Lanes)

## ERKENNTNISSKARTE K1



### LEGENDE | LEVEL OF TRAFFIC STRESS

- █ LTS 0
- █ LTS 1
- █ LTS 2
- █ LTS 3
- █ LTS 4

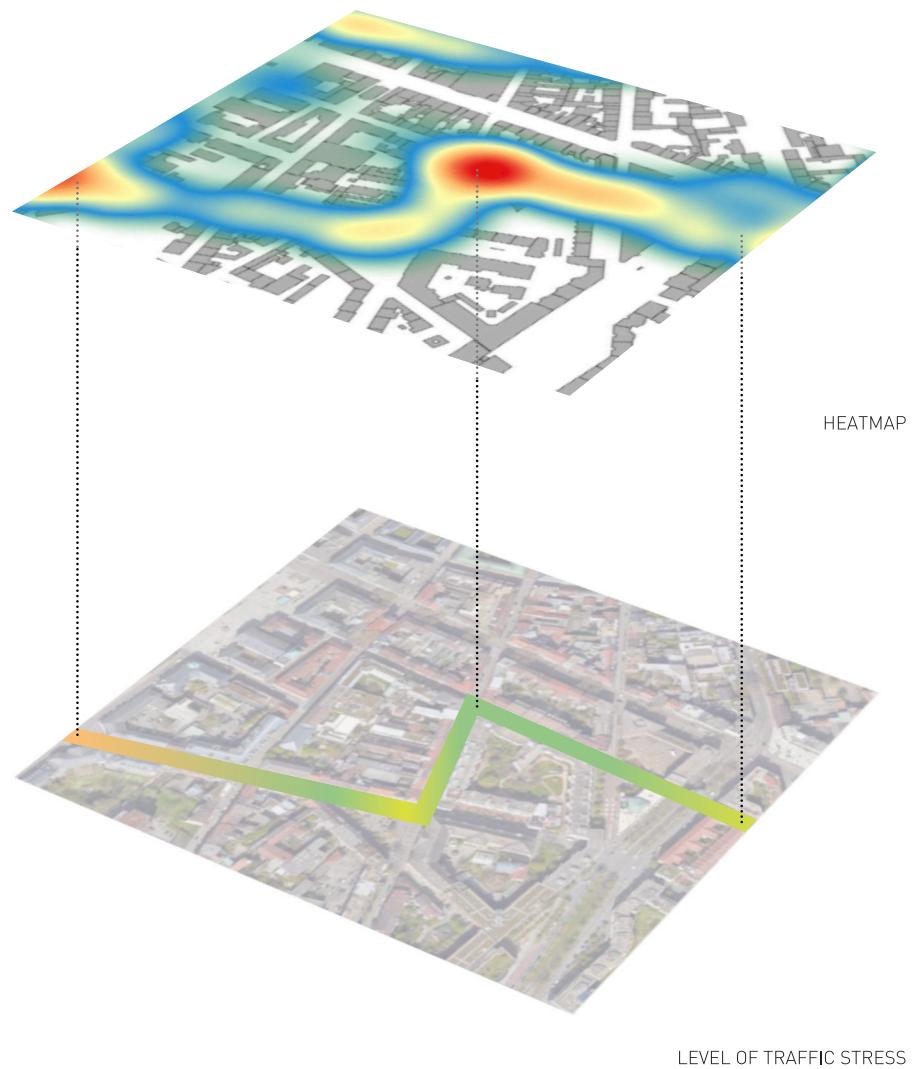
ABB. 10: ERKENNTNISSKARTE K1

## **ERKENNTNISSE K1**

Im Untersuchungsgebiet K1 bildet sich eine deutliche Konzentration von Stressfaktoren im zentralen Bereich heraus (vgl. Situation 02), insbesondere an der Schnittstelle von Waldstraße und Karlstraße, wo eine dynamische Verkehrssituation herrscht und Fußgehende sowie Radfahrende mit motorisierten Fahrzeugen und der Schieneninfrastruktur interagieren. Diese Charakteristik als Verkehrsknotenpunkt führt zu einer komplexen Interaktion verschiedener Verkehrsteilnehmergruppen und stellt eine bedeutende Herausforderung für die Verkehrssicherheit und das allgemeine Wohlbefinden dar. Der Vergleich dieser örtlichen Beobachtungen mit den Resultaten der Level of Traffic Stress (LTS) Analyse enthüllt eine bedeutende Diskrepanz. Obwohl das LTS-Modell eine Prognose für ein Stressniveau nach Stufe 0 an diesem Standort prognostiziert, spiegelt die subjektive Erfahrung der individuellen Verkehrsteilnehmer eine signifikant abweichende Wahrnehmung wider. Hier wurde das Maximum des Stressniveaus der Verkehrsteilnehmer festgestellt.

Eine Diskrepanz zwischen den Ergebnissen der LTS-Analyse und der subjektiven Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmer zeigt sich auch in der Waldstraße (vgl. Situation 01). An diesem Standort besteht bei den Verkehrsteilnehmern kaum eine erkennbare Stressbelastung, während die LTS-Analyse die Verkehrssituation in Stufe 02 des Stressniveaus einstuft. Im Gegensatz dazu sind die Erkenntnisse der LTS-Analyse mit der subjektiven Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmer in der Erbprinzenstraße (03) konsistent. Basierend auf den LTS-Parametern wurde hier ein Stresslevel von 01 prognostiziert. Die Darstellung der subjektiven Stresswahrnehmung zeigt eine ähnliche leichte Erhöhung wie in der Waldstraße.

## ERKENNTNISSKARTE K2



### LEGENDE | LEVEL OF TRAFFIC STRESS

- █ LTS 0
- █ LTS 1
- █ LTS 2
- █ LTS 3
- █ LTS 4

ABB. 11: ERKENNTNISSKARTE K2

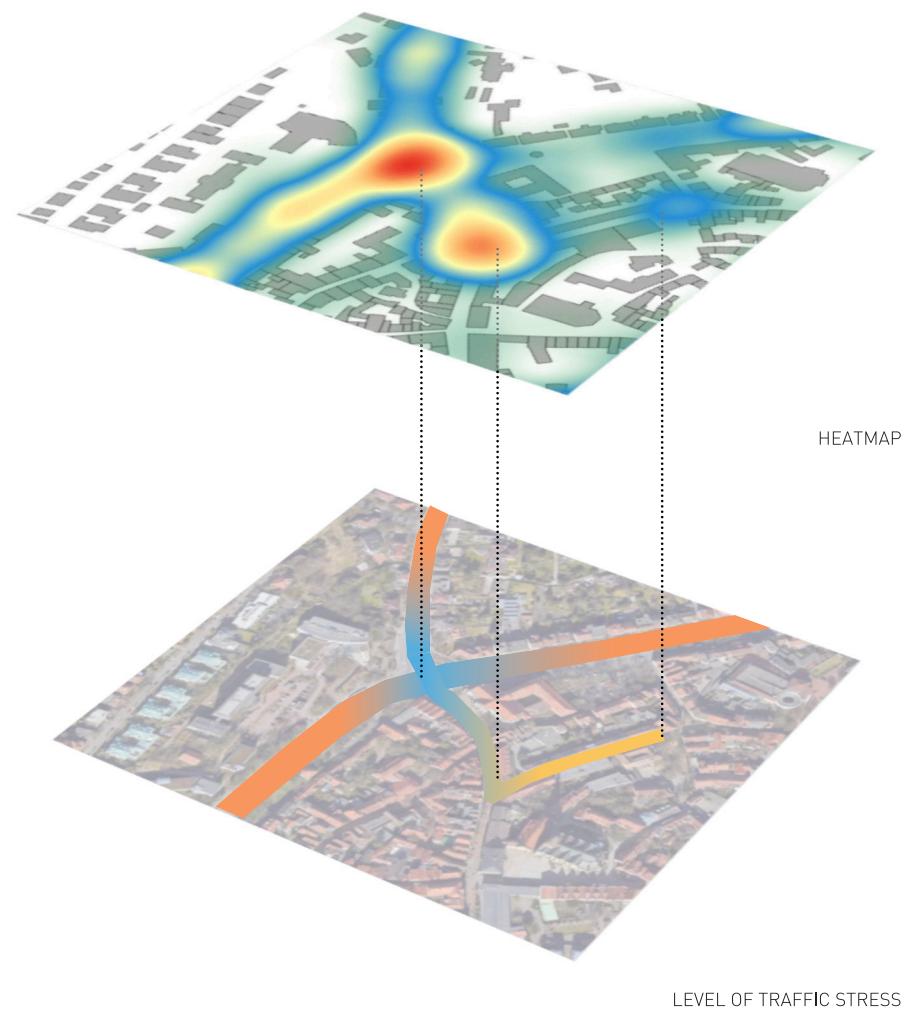
## **ERKENNTNISSE K2**

Im Untersuchungsgebiet K2 manifestiert sich eine deutliche Ansammlung von Stressfaktoren im zentralen Bereich, insbesondere entlang der Schnittstelle zwischen Adlerstraße und Zähringerstraße. Hierbei wird deutlich, dass die Diskrepanz zwischen den Ergebnissen der Level of Traffic Stress (LTS) Analyse und der subjektiven Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmenden ein prägnantes Merkmal darstellt. Während die LTS-Analyse lediglich auf ein leichtes Stressniveau der Stufe 1 hinweist, empfinden die Verkehrsteilnehmenden diesen Bereich als besonders belastend und stressig. Diese Beobachtung wird durch die Erfassung des maximal empfundenen Stresses an dieser Position verdeutlicht.

Entlang der Zähringerstraße werden weitere signifikante Unterschiede zwischen den beiden Analysemethoden deutlich. Mit zunehmender Entfernung von der Schnittstelle 02 erfahren die Verkehrsteilnehmenden eine kontinuierliche Entspannung. Im Gegensatz dazu weist die LTS-Analyse jedoch ein erhöhtes Stressniveau der Stufe 2 aus.

Dennoch zeigen die Ergebnisse der LTS-Analyse eine annähernde Übereinstimmung mit der subjektiven Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmenden zu Beginn der Markgrafenstraße (vgl. Situation 03). Basierend auf den LTS-Parametern wurde hier ein Stresslevel von 2,5 prognostiziert. Die subjektive Stresswahrnehmung der Verkehrsteilnehmenden spiegelt ebenfalls eine ähnlich deutlich erhöhte Stresssituation wider, was auf eine angemessene Abbildung der tatsächlichen Verkehrssituation durch die LTS-Analyse hinweist.

## ERKENNTNISSKARTE 01



### LEGENDE | LEVEL OF TRAFFIC STRESS

- █ LTS 0
- █ LTS 1
- █ LTS 2
- █ LTS 3
- █ LTS 4

ABB. 12: ERKENNTNISSKARTE 01

## **ERKENNTNISSE 01**

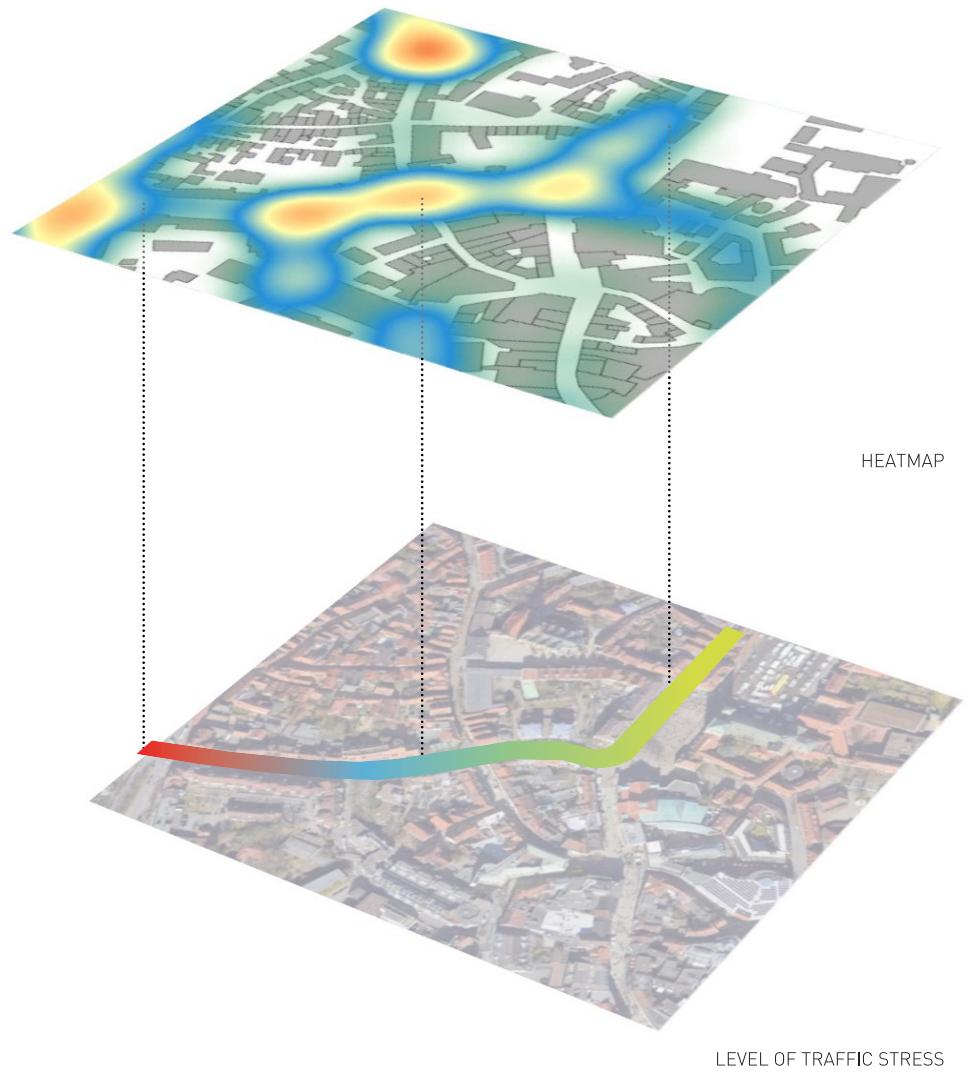
Im Untersuchungsgebiet 01 wird ein signifikanter Unterschied zwischen den angewandten Methoden deutlich.

Insbesondere an der Kreuzungssituation der B68 mit der Natruper Straße und der Bierstraße (vgl. Situation 01) wird diese Abweichung deutlich erkennbar. An diesem Standort wurde der maximale Stresswert bei den Verkehrsteilnehmenden gemessen, während die Level of Traffic Stress (LTS) Analyse dieses Stresszentrum lediglich mit dem Stresslevel 0 charakterisiert. Diese Diskrepanz legt nahe, dass die in der LTS-Methode verwendeten Parameter zur Stressreduktion nicht zwangsläufig mit der subjektiven Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmenden übereinstimmen. Ebenfalls bemerkenswert ist die Abweichung entlang der B68 vor und hinter der beschriebenen Kreuzungssituation (01). Hier wird lediglich unmittelbar vor der Kreuzung eine erhöhte Stressbelastung für die Verkehrsteilnehmenden beobachtet, während das LTS den Verlauf der B68 mit dem Stresslevel 3 beschreibt.

Entlang der Lohstraße (vgl. Situation 03) zeigt sich ebenfalls eine deutliche Diskrepanz zwischen den Ergebnissen der Verkehrsteilnehmendenbeobachtungen und der Level of Traffic Stress (LTS) Analyse. Obwohl von den Verkehrsteilnehmenden kaum ein Stresssignal registriert wurde, stuft das LTS diesen Abschnitt dennoch mit einem Stresslevel von 2,5 ein.

Demgegenüber zeigen sich ähnlichere Bewertungen durch beide Methoden entlang der Bierstraße. Die Kreuzungssituation (vgl. Situation 02) wird sowohl von den Verkehrsteilnehmenden als auch von der Level of Traffic Stress-Analyse als eine erhöhte Stresssituation wahrgenommen. Das LTS beschreibt diese Stelle mit dem Stresslevel 2,5, was eine gewisse Übereinstimmung zwischen den objektiven Messungen und der subjektiven Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmer nahelegt.

## ERKENNTNISSKARTE 02



### LEGENDE | LEVEL OF TRAFFIC STRESS

- █ LTS 0
- █ LTS 1
- █ LTS 2
- █ LTS 3
- █ LTS 4

ABB. 13: ERKENNTNISSKARTE 02

## **ERKENNTNISSE 02**

Im Untersuchungsgebiet 02 fällt zunächst auf, dass bei den Verkehrsteilnehmenden kein signifikant erhöhter Stress gemessen wurde. An einigen Stellen, wie beispielsweise an der Kreuzung der B68 mit der Dielingerstraße (vgl. Situation 01), wird jedoch eine leichte Erhöhung des Stresspotenzials beobachtet. Im Kontrast dazu deutet die Level of Traffic Stress (LTS) Analyse eine abweichende Bewertung an. Insbesondere wird die Kreuzung 01 von der LTS-Analyse mit dem höchsten Stressniveau 4 beschrieben. Ebenso empfinden die Verkehrsteilnehmenden entlang des Domplatzes (vgl. Situation 03) nur minimalen Stress, während die LTS diese Situation mit einem Stresslevel von 2,5 bewertet.

Hingegen wird die Kreuzungssituation (vgl. Situation 02) von der Level of Traffic Stress Analyse mit dem niedrigsten Stressniveau 0 beschrieben. Interessanterweise fühlen sich die Verkehrsteilnehmer an dieser Stelle jedoch ähnlich gestresst wie bei der Kreuzungssituation 01.

Auch hier weist sich also eine Diskrepanz zwischen der methodsichen Stressmessung mittels der Level of Traffic Stress Analyse und der subjektiven Stressmessung auf. Die Analysen scheinen fast gegensätzliche Ergebnisse zu liefern und stimmen kaum miteinander überein.

## **ERKENNTNISSE**

Während der Untersuchung und Auseinandersetzung mit den verschiedenen Methoden zur Erforschung des Themas „Verkehrsdichte und Stress“, sind Diskrepanzen zwischen den objektiven Anlaysesystemen und subjektiver Wahrnehmung aufgefallen. Infolgedessen werden allgemeingültige Erkenntnisse über korrelierende objektive und subjektive Parameter erläutert.

### **OBJEKTIVE UND SUBJEKTIVE DISKREPANZEN**

Die Untersuchungsergebnisse aus der Anwendung und dem Vergleich von Analysenmethoden wie dem Level of Traffic Stress (LTS), Heatmap und Fragebögenanalyse werfen ein Licht auf die Diskrepanz zwischen der subjektiven Erfahrung der Verkehrsteilnehmer und der objektiven Kategorisierung ihrer Verkehrssituation.

Die LTS-Analyse, die auf allgemeinen Kriterien und Parametern basiert, zielt darauf ab, Stressniveaus allgemein zu kategorisieren. Jedoch offenbart sich ein Mangel in der Berücksichtigung zahlreicher wichtiger Aspekte bei der Auswahl dieser Kriterien und Parameter.

Durch die Anwendung von Methoden, wie der Befragung, wurde verdeutlicht, dass Faktoren, wie die Verkehrsdichte zu verschiedenen Tageszeiten oder die qualitative Ausgestaltung der Fahrradinfrastruktur, erhebliche Auswirkungen auf das wahrgenommene Stressniveau haben können. Die Vernachlässigung vieler solcher essenziellen Aspekte in den Analysemödellen führt dazu, dass individuelle Empfindungen und Wahrnehmungen der Verkehrsteilnehmenden eine variable und differenzierte Perspektive darstellen, die zu abweichenden Bewertungen der Stresssituation im Straßenverkehr führen kann.

## **RELEVANZ DER ANALYSESYSTEME**

Insbesondere die Tatsache, dass herkömmliche Analysesysteme wie LTS, welche die Komplexität der Verkehrssituation möglicherweise nicht eingehend erfassen, wirft wichtige Fragen bezüglich ihrer Anwendbarkeit und Genauigkeit auf. Eine tiefergehendere Analyse der subjektiven Aspekte könnte entscheidend sein, um die Wirksamkeit bestehender Analysenmethoden zu verbessern und zu einer präziseren Bewertung der Verkehrssituation beizutragen. Eine umfassendere Berücksichtigung subjektiver Erfahrungen und individueller Empfindungen ist notwendig, um ein ganzheitliches Verständnis der Verkehrsdynamik und der damit verbundenen Stressfaktoren zu erlangen. Es wird klar, dass der wahrgenommene Verkehrsstress nicht allein von objektiv messbaren Faktoren, wie Verkehrsdichte und -geschwindigkeit abhängt, sondern auch von subjektiven Faktoren wie persönlichen Erfahrungen, Emotionen und individuellen Präferenzen beeinflusst wird.

## **POTENZIALE UND CHANCEN**

Darüber hinaus können solche Erkenntnisse dazu beitragen, effektivere Strategien zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und zur Förderung einer umweltfreundlichen Verkehrsmobilität zu entwickeln. Die Diskrepanz betont die Wichtigkeit einer integrativen Herangehensweise, die sowohl quantitative als auch qualitative Analysemethoden umfasst, um ein realistisches Bild der Verkehrssituation zu zeichnen und fundierte Entscheidungen zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur und -gestaltung zu treffen.

Es ist daher von großem Interesse, weiterführende Untersuchungen auf diesem Gebiet durchzuführen, um ein tieferes Verständnis für die komplexen Dynamiken des Straßenverkehrs zu erlangen und angemessene Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssituation abzuleiten. Durch einen solchen integrativen Ansatz in der Verkehrsstressbewertung, kann eine nachhaltige und nutzerorientierte Verkehrsgestaltung gefördert werden, die nicht nur die objektiven Anforderungen des Verkehrs erfüllt, sondern auch die individuellen Bedürfnisse und Empfindungen der Verkehrsteilnehmenden berücksichtigt.

## **LITERATURVERZEICHNIS**

Ministerium für Verkehr Baden Würtemberg. Ziele der Verkehrswende in Baden-Würtemberg. <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/politik-zukunft/nachhaltige-mobilitaet/ziele-der-verkehrswende-in-baden-wuerttemberg> (letzter Zugriff am 23.02.2024)

Maaza C. Mekuria, et. al (May 2012) "Low-Stress Bicycling and Network Connectivity", Mineta Transportaion Institute, San José State University. <https://transweb.sjsu.edu/sites/default/files/1005-low-stress-bicycling-network-connectivity.pdf>

Montgomery Planning Department (2020) "Level of Traffic Stress Methodology". <https://montgomeryplanning.org/wp-content/uploads/2017/11/Appendix-D.pdf>

Eckardt, F. (2014). *Stadtforschung:Gegenstand und Methoden*. Springer VS.

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abb 1. : Eigene Darstellung

Abb. 2: Unser Ziel: Verkehrswende bis 2030 (Verkehrsministerium Baden-Württemberg, 2022). [https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/\\_processed/\\_2/b/csm\\_230221\\_Grafik-Verkehrswendeziele-des-Verkehrsministerium\\_DE\\_2434x1310\\_09c353ebad.jpg](https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/_processed/_2/b/csm_230221_Grafik-Verkehrswendeziele-des-Verkehrsministerium_DE_2434x1310_09c353ebad.jpg) (Zugriff am 23.02.2024)

Abb. 3: Ausschnitt Montgomery Planning Department Bicycle Stress Map (Montgomery Planning Depaartment, 2022). <https://montgomeryplanning.org/resources/bicycle-stress-map/>

Abb. 6: Level of Traffic Stress K1, Eigene Darstellung

Abb. 7: Level of Traffic Stress K2, Eigene Darstellung

Abb. 8: Level of Traffic Stress O1, Eigene Darstellung

Abb. 9: Level of Traffic Stress O2, Eigene Darstellung

Abb. 10: Erkenntnsikarte K1, Eigene Darstellung

Abb. 11: Erkenntniskarte K2, Eigene Darstellung

Abb. 12: Erkenntniskarte O1, Eigene Darstellung

Abb.13: Erkenntnsikarte O2, Eigene Darstellung



ABB. 1: COLLAGE AUS DEN UNTERSUCHUNGSRÄUMEN IN KARLSRUHE

**BIRTE HARWART  
ALICIA BATKE  
SABRINA LAMBOR**

## **AUSWIRKUNGEN VON ENTWÄSSERUNGSA NLAGEN IM STRASSENRAUM AUF DEN RADVERKEHR**

Im Rahmen des „Forschungsseminares-Sondergebiete des Städtebaus: Emotionen auf der Spur-Eine urbane Suche nach Stressoren beim Radfahren und Zufußgehen“, konzentriert sich diese Forschungsarbeit darauf, den Einfluss von Bodenentwässerungsanlagen im Straßenraum auf die subjektive Stresswahrnehmung und die physiologischen Stressparameter von Fahrradfahrer\*innen zu untersuchen und analysieren.

In urbanen Umgebungen, wie Karlsruhe und Osnabrück, spielen Fahrradfahrer\*innen eine zunehmend wichtige Rolle im Verkehrsgeschehen. Dahingehend ist es von Bedeutung, die Einflussfaktoren zu verstehen, die ihre Verkehrserfahrung beeinflussen können. Insbesondere sollen in dieser Arbeit die Stressfaktoren, die sich aus Bodenentwässerungsanlagen ergeben, untersucht und verglichen werden. Die Forschung umfasst zudem Feldversuche, um praxisnahe Einblicke in die tatsächliche Auswirkungen dieser Infrastrukturkomponenten auf das Stressniveau der Fahrradfahrer\*innen zu gewinnen.

Durch die Integration sowohl subjektiver Einschätzungen, als auch objektiver physiologischer Messungen strebt diese Arbeit an, Erkenntnisse zu generieren, die nicht nur das Verständnis für die Wechselwirkungen zwischen Fahrradfahrer\*innenumgebung und Stress vertiefen. Sie liefert unter anderem auch konkrete Impulse für die Gestaltung urbaner Infrastrukturen in den Untersuchungsgebieten.

# **EINLEITUNG | MOTIVATION | THEMENFINDUNG**

## **MOTIVATION UND HINTERGRÜNDE**

Die Thematik der vorliegenden Forschungsarbeit entsprang der aufmerksamen Beobachtung und Identifikation eines bislang wenig erforschten Aspekts im Kontext des urbanen Radverkehrs. Bei einer gründlichen Auseinandersetzung mit den verschiedenen Herausforderungen und Stressfaktoren, mit denen Fahrradfahrer\*innen konfrontiert sind, wurde deutlich, dass Bodenentwässerungsanlagen im Straßenraum in wissenschaftlichen Untersuchungen bisher nur unzureichend berücksichtigt wurden. Besonders auffällig erschien dies angesichts ihres potenziellen Einflusses auf Bewegungslinien, Fahrradtypen und Geschwindigkeit von Radfahrer\*innen.

Die Motivation, diese Forschungsfrage zu stellen, wurde durch mehrere Faktoren verstärkt: Zum einen durch die persönliche Erfahrung der Forscherinnen, die regelmäßig in der Stadt unterwegs sind und dabei auf verschiedene Herausforderungen im urbanen Radverkehr stoßen. Weiterhin spielt die Tatsache eine Rolle, dass Karlsruhe (sowie Osnabrück) als fahrradfreundliche Stadt bekannt ist, aber dennoch Bereiche aufweist, in denen die Radinfrastruktur nicht optimal funktioniert. Zudem flossen eigene Erfahrungswerte der Forscherinnen als aktive Fahrradfahrerinnen mit ein, die möglicherweise auf Stressoren im Zusammenhang mit Bodenentwässerungsanlagen hinweisen. Insgesamt trugen diese persönlichen Beobachtungen und Erfahrungen dazu bei, die Forschungsfrage zu formulieren und den Fokus auf einen bisher vernachlässigten, aber potenziell bedeutsamen Aspekt im urbanen Radverkehr zu legen.

## **THEMENFINDUNG IM URBANEN RADVERKEHR: ANALYSE DES EINFLUSSES VON BODEN-ENTWÄSSERUNGSANLAGEN**

In dieser Untersuchung steht die Analyse der Wechselwirkung zwischen Radverkehr und Bodenentwässerungsanlagen im Fokus. Untersucht werden essenzielle Parameter wie Bewegungslinien, Fahrradtypen und Geschwindigkeiten der Radfahrer\*innen. Ziel ist es, Erkenntnisse für zukünftige urbane Planungen zu generieren. Die Forschung kann somit perspektivisch zur Optimierung der Fahrrad-freundlichkeit in städtischen Räumen beitragen und unterstützt die Entwicklung innovativer Lösungen für Straßeninfrastrukturen. Die Ergebnisse dienen sowohl der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als auch als Grundlage für praxisorientierte Empfehlungen zur Gestaltung urbaner Infrastrukturen, um die Sicherheit und Effizienz des Fahrradverkehrs zu verbessern.

## FORSCHUNGSFRAGE

### **INWIEFERN PRÄGT SICH DER EINFLUSS VON BODENENTWÄSSERUNGSAKLGEN IM STRASSENRAUM AUF DAS STRESSEMPFINDEN VON FAHRRADFAHRER\*INNEN AUS UND WIE LASSEN SICH DIE ZUGRUNDELIEBENDEN MECHANISMEN ERFASSEN?**



Diese Forschungsfrage beschäftigt sich damit, die spezifischen Auswirkungen von Bodenentwässerungsanlagen im Straßenraum auf das Stressemmpfinden von Fahrradfahrer\*innen zu untersuchen. Der Fokus liegt darauf, die zugrundeliegenden Mechanismen und Zusammenhänge zu identifizieren, die möglicherweise eine Rolle bei der Stresserfahrung während des Radfahrens spielen. Durch eine empirische Erfassung in den zwei Versuchgebieten in Karlsruhe, soll ein tieferes Verständnis für die Wechselwirkungen zwischen Fahrradfahre\*r\*innen und dieser spezifischen infrastrukturellen Komponente gewonnen werden. Darüber hinaus sollen die gewonnenen Ergebnisse mit den Daten aus zwei Untersuchungsgebieten aus Osnabrück verglichen werden. Dieser Vergleich ermöglicht es, Erkenntnisse über regionale Unterschiede oder Gemeinsamkeiten in den Auswirkungen von Bodenentwässerungsanlagen auf das Stressemppfinden von Fahrradfahrer\*innen zu gewinnen.

### **IN WELCHEM MASSE PRÄGEN UNTERSCHIEDLICHE FAHRRADTYPEN DIE WEGFÜHRUNG UND BEWEGUNGSMUSTER INNERHALB URBANER VERKEHRSBEREICHE UND WELCHE FAKTOREN TRAGEN ZU DIESER VARIANZ BEI?**



Diese Forschungsfrage strebt danach, den Einfluss verschiedener Fahrradmodelle auf die Wegführung und Bewegungsmuster innerhalb städtischer Verkehrsbereiche zu analysieren. Der Schwerpunkt liegt darauf zu verstehen, inwiefern unterschiedliche Fahrradtypen die Navigationsverhalten der Radfahrer\*innen beeinflussen. Die Untersuchung konzentriert sich dabei insbesondere auf die spezifischen Eigenschaften und Merkmale der Fahrradmodelle, die signifikante Auswirkungen auf die Bewegungsmuster haben könnten. Diese Faktoren könnten Aspekte wie Fahrraddesign, Geometrie, Gewichtsverteilung und andere technische Spezifikationen umfassen. Durch eine detaillierte Analyse beabsichtigt die Forschung, Erkenntnisse zu gewinnen, die nicht nur das Verhalten der Radfahrer besser verstehen lassen, sondern auch für die Entwicklung fahrradspezifischer Verkehrsinfrastrukturen in urbanen Gebieten relevant sind. Es sei darauf hingewiesen, dass in dieser Forschung bewusst auf eine Differenzierung nach Alter oder Geschlecht verzichtet wird, um die Ergebnisse möglichst allgemeingültig zu gestalten.

## **INWIEFERN ÄUSSERT SICH DER EINFLUSS DER BODENENTWÄSSERUNGSAVLÄGEN AUF DIE BEWEGUNGSLINIEN DER FAHRRADFAHRER\*INNEN IN ABHÄNGIGKEIT VON IHRER RÄUMLICHEN POSITIONIERUNG?**

Die Forschungsfrage setzt sich mit der Untersuchung der konkreten Auswirkungen der räumlichen Positionierung von Entwässerungsanlagen auf die Bewegungslinien von Fahrradfahrer\*innen auseinander. Ziel ist es, die spezifische Anordnung dieser Infrastrukturelemente und ihren Einfluss auf die Bewegungsmuster der Radfahrerinnen zu verstehen. Durch eine eingehende Analyse strebt die Forschung an, Erkenntnisse zu gewinnen, die nicht nur die Wechselwirkungen zwischen Entwässerungsanlagen und der Bewegungsfreiheit von Fahrradfahrern beleuchten, sondern auch relevante Faktoren identifizieren, die dieses Zusammenspiel beeinflussen können. Insgesamt zielt diese Untersuchung darauf ab, einen Beitrag zur Optimierung der städtischen Verkehrsinfrastruktur zu leisten, indem sie praxisorientierte Erkenntnisse für eine fahrradfreundliche Gestaltung urbaner Räume generiert.



## **INWIEFERN BESTEHT EINE MÖGLICHE KORRELATION BODENENTWÄSSERUNGSAVLÄGEN IM URBANEN RAUM MIT DER GEFAHRENEN GESCHWINDIGKEIT VON FAHRRADFAHRER\*INNEN?**

Die Forschungsfrage konzentriert sich auf die Untersuchung der potenziellen Korrelation zwischen Entwässerungsanlagen im urbanen Raum und der gefahrenen Geschwindigkeit von Fahrradfahrerinnen. Das Ziel besteht darin, die Wechselwirkungen zwischen der infrastrukturellen Nutzung von Entwässerungsanlagen und dem Fahrverhalten von Radfahrer\*innen eingehend zu analysieren. Dabei liegt besonderes Augenmerk darauf zu verstehen, in welchem Maße diese Anlagen einen möglichen Einfluss auf die Geschwindigkeiten der Fahrradfahrer\*innen ausüben.



## HINTERGRUND | STAND DER FORSCHUNG



ABB. 2: SCHACHTDECKEL MIT BE- UND ENTLÜFTUNG



ABB. 3: SCHACHTDECKEL OHNE BE- UND ENTLÜFTUNG



ABB. 4: RECHTECKIGER STRASSENABLAUF



ABB. 5: QUADRATISCHER STRASSENABLAUF

Der aktuelle Stand der Forschung bietet eine eingehende Betrachtung eines bisher weitgehend unerforschten Themenbereichs, welcher derzeit primär auf einer Vielzahl von Richtlinien und Rechtssätzen beruht. Im Rahmen dieses Kapitel werden vorhandene Literaturquellen, Richtlinien und Arten von Entwässerungsanlagen eingehend untersucht. Öffentliche Straßen weisen eine Vielzahl von Kanalabdeckungen auf, die den Zugang zu unterirdischen Versorgungsleitungen wie die Entwässerung des Straßennetzes gewährleistet, ohne dass Tiefbaumaßnahmen erforderlich werden.

### RICHTLINIEN UND ARTEN VON ENTWÄSSERUNGSANLAGEN

Entwässerungsspezifische Abdeckungen lassen sich in Schachtdeckel und Straßenabläufe differenzieren. Schachtdeckel, auch bekannt als Gullydeckel, dienen der Abdeckung von Kontroll- und Wartungsschächten. Die runde Schachtabdeckung ist wiederum in diversen Ausführungen verfügbar, einschließlich solcher mit Be- und Entlüftung, oder Einlagen (vgl. Abb. 2, 3). Straßenabläufe dienen der Entwässerung von Straßen und zeichnen sich durch ihre rechteckige Schlitzgeometrie aus (vgl. Abb. 4, 5).

Die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Entwässerungseinrichtungen im Straßenbau ZTV Ew-StB 14“ (2014) legen strenge Anforderungen an den ebenerdigen Einbau von Schachtabdeckungen entlang der Straßenoberfläche fest. Gemäß diesen Richtlinien müssen Schachtabdeckungen in Verkehrsflächen eben liegen, wobei die Toleranz zwischen Rahmen und angrenzender Verkehrsfläche maximal 5 mm beträgt.

Die korrekte Einbaurichtung wird gemäß DIN EN 124-1 Abschnitt 6.8 (2015) festgelegt. Die Installation von Schachtabdeckungen erfolgt in der Regel unabhängig von der Fahrtrichtung. Im Gegensatz dazu erfordert der Einbau von Aufsätzen von Straßenabläufen besondere Aufmerksamkeit hinsichtlich der Schlitzgeometrie, da Aufsätze mit breiten und langen Schlitzten, beispielsweise für Radfahrer, potenziell gefährlich sein können. Daher müssen die Schlitzte bei diesen Aufsätzen quer zur Fahrtrichtung angeordnet sein, um die Sicherheit zu gewährleisten.

Sollten die Aufsätze aufgrund ihrer hydraulischen Leistungsfähigkeit auch in Längsrichtung der Schlitze befahrbar sein, muss die Schlitzgeometrie so gestaltet sein, dass Radfahrer nicht gefährdet werden. Unabhängig von optischen und funktionalen Differenzen gilt sicherzustellen, dass die Abdeckungen den jeweiligen Belastungen standhalten. Die Belastungsklassen werden in der DIN EN 124 (2015) („Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen“) definiert.

#### **UNTERSCHIEDEN WIRD IN FOLGENDEN SECHS BELASTUNGSKLASSEN:**

Klasse A 15 definiert die ausschließliche Nutzung von Fußgängern und Radfahrern.

Klasse B 125 definiert die Nutzung für Fußgängerzonen mit gelegentlichem in Schritttempo befahrenen Kraftfahrzeugverkehr.

Klasse C 250 definiert die Nutzung in Bordrinnenbereichen wie an unbefahrbaren Seitenstreifen.

Klasse D 400 definiert den Straßenbereich.

Klasse E 600 definiert die Nutzung in, von hoher Radlast befahrenen Flächen.

Klasse F 900 definiert die Nutzung in, von besonders hoher Radlast befahrenen Flächen.

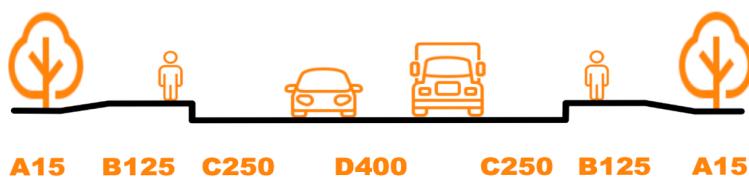


ABB. 6: DARSTELLUNG BELASTUNGSKLASSEN

## AKTUELLE STUDIEN

Bei der Literaturrecherche hat sich herausgestellt, dass bereits Studien in Bezug auf die Oberflächenqualität durchgeführt worden sind. Hierbei handelt es sich aber meistens, um die Oberflächenbeschaffenheit und die Ausgestaltung der Radverkehrsinfrastruktur, beispielsweise Radweg, Führung auf der Straße usw. und inwiefern diese mit dem Stressempfinden zusammenhängen (Cobb et al., 2021; Parakin et.al., 2014; Teixeira et al., 2020). Weiterhin basieren viele Forschungsergebnisse auf stated- oder revealed-preference Befragungen.. Die Ergebnisgenerierung durch Befahrungen oder Simulatoren stellt aktuell noch ein neues Feld dar (Cobb et al., 2021). Grundsätzlich sind einige Studien zu dem Ergebnis gekommen, dass die Verkehrsdichte und die gefahrene Geschwindigkeit der PKWs wichtige Faktoren des Stressempfindens beim Fahrradfahren darstellen (Cobb et al., 2021; Lowry et al., 2016). Zusätzlich haben Teixeira et al. (2020) festgestellt, dass das Stressempfinden höher ist, wenn auf nicht-unabhängigen Radwegen gefahren wird und die Oberflächenbeschaffenheit uneben ist.

Bezogen auf den zu untersuchenden Forschungsgegenstand geben die durchgeföhrten Studien Hinweise darauf, dass die Bodenbeschaffenheit negativ zum Stressempfinden beim Fahrradfahren beiträgt. Konkret haben McIlroy et al. (2021) in einer qualitativen Erhebung mit der Think aloud- Methode herausgefunden, dass Radfahrende Schlaglöcher und Gullydeckel als störend empfinden (s. Abb 7). Sie gaben an, dass sie diese bewusst vermeiden und dadurch einer größeren Gefahr im Straßenverkehr ausgesetzt sind, die durch die Umfahrung entsteht. Es sei schwierig, sich gleichzeitig auf den Verkehr und die Qualität des Bodens zu konzentrieren. Aus den Ergebnissen wird erkennbar, dass Entwässerungsanlagen durchaus zum Stressempfinden beitragen können.

Die Recherche hat ergeben, dass Entwässerungsanlagen als Auslöser von Stress beim Fahrradfahren bisher keine übergeordnete Rolle in der Forschung eingenommen haben. Dementsprechend trägt die vorliegende Arbeit zur Schließung der Forschungslücke bei.

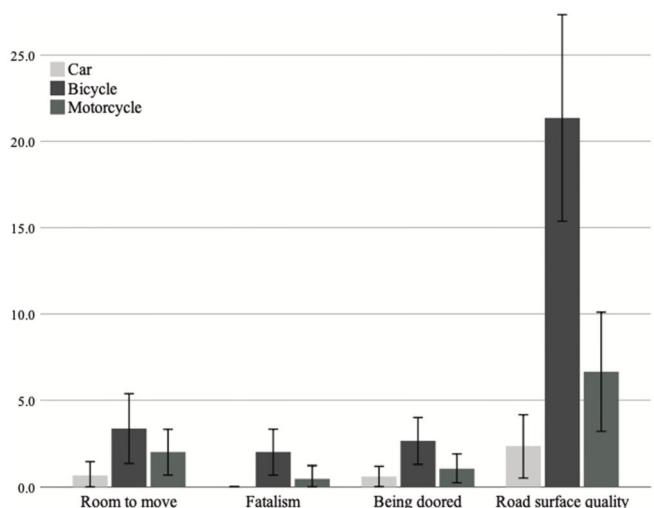


ABB. 7: DURCHSCHNITTLICHE HÄUFIGKEIT GENANNTER STÖRFAKTOREN NACH VERKEHRSMITTEL (MCILROY ET AL., 2021, S.204)

## **RECHTSVORSCHRIFT**

Die vorliegende Quelle wird in die vorliegende Untersuchung einbezogen, da sie eine rechtliche Vorschrift behandelt, die eng mit der Studie von McIlroy et al. (2021) in Zusammenhang steht. Dabei wird darauf hingewiesen, dass bei der Integration von Entwässerungsanlagen in den Boden keine durchgängig gerade Fahrradwegführung zu erwarten ist. Diese Feststellung bildet eine zentrale Fragestellung dieser Forschungsarbeit und ist somit von erheblicher Relevanz. „Das Rechtsfahrgebot nach § 7 Abs 1 StVO (2019) verpflichtet Radfahrer nicht, Abflussschachtdeckel zu überfahren, welche in unterschiedlicher Breite in den rechten Fahrstreifen hineinragen, wenn die Deckel gegenüber dem Straßenbelag um einige Zentimeter vertieft sind. So begibt sich ein Radfahrer beim Überfahren solcher Deckel in Gefahr \Aufschaukeln des Lenkers, Gefahr des Verlustes der Kontrolle zu den Pedalen und zur Lenkvorrichtung) [...] Gerade bei Radfahrern ist eine Gefährdung durch die Art und Beschaffenheit des Straßenbelages zu berücksichtigen (Messiner, StVO, Manz-Verlag, Wien 1995, Seite 250, Anmerkung 1; straßenzustandsbedingte Gefahren für Radfahrer können vor allem in Fahrbahnrandnähe auftreten, weshalb mit einem „schnurgeraden“ Fahren von Radfahrern nicht gerechnet werden darf).“einem „schnurgeraden“ Fahren von Radfahrern nicht gerechnet werden darf).“

## **EMPFEHLUNGEN FÜR RADVERKEHRSNLAGEN (FSGV 2010)**

Eine maßgebliche Richtlinie betrifft die Ausrichtung der Schlitze auf den Ablaufdeckeln, welche idealerweise quer zur Fahrbahn verlaufen sollten. Diese Ausrichtung hat das Ziel, das Eindringen von unerwünschten Objekten und Materialien zu verhindern sowie eine effiziente Ableitung von Oberflächenwasser zu gewährleisten. Insbesondere an Einmündungen ist eine enge Anordnung der Abdeckroste aufgrund der erhöhten Sturzgefahr unerlässlich, um die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer zu gewährleisten. Im Kontext der Gestaltung von Verkehrsflächen verweist die ERA (Europäische Richtlinien für Abwasserentsorgung) auf die „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“ (RStO, 2012). Diese Richtlinien bieten eine umfassende Anleitung zur Planung und Gestaltung von Verkehrsoberflächen, einschließlich Empfehlungen für die Platzierung und Ausrichtung von Entwässerungselementen wie Querrinnen, Schachtdeckeln und Ablaufdeckeln. Durch die strikte Einhaltung dieser Richtlinien kann die Sicherheit, Effizienz und Langlebigkeit von Verkehrsflächen gewährleistet werden.

# METHODIK

## FORSCHUNGSDESIGN

Die Forschung stützt sich auf ein quantitatives Design. Um einen Überblick über das Themengebiet zu erlangen, erfolgte im ersten Schritt eine Literaturrecherche, um den Stand der Forschung bezüglich Störfaktoren beim Radfahren sowie technische Grundlagen für Entwässerungsanlagen herauszufinden. Eine Blitzanalyse diente zur Verortung der vorhandenen Entwässerungsanlagen in den Untersuchungsräumen. Im nächsten Schritt stellte sich die Frage nach der angestrebten Erhebungsmethodik. Diese wurde mit Blick auf die Beantwortung der Fragestellung und nach Abwägung verschiedener Varianten auf die Durchführung einer systematischen Beobachtung festgelegt. Die verfolgte Strategie (im folgenden Abschnitt weiter erläutert) diente dazu, alle Komponenten, die zur Beantwortung der Unterfragen notwendig sind, mit einer Erhebung abzudecken. Aufgrund der räumlichen Nähe wurde die systematische Beobachtung nur in den Karlsruher Untersuchungsgebieten durchgeführt. Die Auswertung der Erhebungsergebnisse soll neben Erkenntnissen auch eine Grundlage für Strategien zur Übertragbarkeit auf die Untersuchungsgebiete in Osnabrück liefern.

## ABWÄGUNG DER ERHEBUNGSMETHODEN

Um geeignete Erhebungsmethoden zur Beantwortung der Forschungsfragen zu finden, wurden verschiedene Herangehensweisen identifiziert und evaluiert. Die Abwägung erfolgte zwischen: Beobachten, Selbstversuche, Zeit stoppen und Aufzeichnen der Fahrlinien.

## ALLGEMEINE BEOBACHTUNG UND SELBSTVERSUCH

Mit Hilfe einer allgemeinen Beobachtung mit Feldnotizen sollten alle Personen erhoben werden, die eine festgelegte Strecke entlang fahren. Der Einsatz von Beobachtungen ermöglicht eine einfache Umsetzung vor Ort. Hierbei können verschiedene Verhaltensweisen oder Reaktionen in einem realen Kontext beobachtet und dokumentiert werden. Ein weiterer Vorteil besteht in der breiten Bandbreite an potenziellen Versuchspersonen, wobei deren Anonymität gewahrt bleibt. Allerdings kann dadurch nur ein persönliches Empfinden der Geschwindigkeit (schnell, mittel, langsam) erfasst werden, da keine genaue Geschwindigkeitsmessung (z.B. über einen Fahrradtacho) vorgenommen werden kann. Jedoch sind auch Einschränkungen zu

berücksichtigen. Die Datenerhebung durch Beobachtungen könnte durch die Präsenz und Einflüsse der Forschenden beeinflusst werden, was zu einer potenziellen Voreingenommenheit der Daten führen könnte. Zudem ist die Nutzbarkeit der Datensätze möglicherweise von der Art der Feldversuche abhängig, insbesondere in einem größeren, heterogenen Umfeld in Osnabrück.

Beim Selbstversuch sollte zusätzlich noch ein Tacho am Fahrrad installiert werden, um eine genaue Zeitmessung zu ermöglichen. Die Durchführung von Selbstversuchen bietet den Vorteil, dass die Versuchspersonen direkt in den Forschungsprozess eingebunden sind. Dies ermöglicht eine subjektive Perspektive und authentische Einblicke in individuelle Erfahrungen.

Jedoch sind auch Einschränkungen zu berücksichtigen. Ein potenzieller Nachteil besteht darin, dass die aus den genannten Methoden gewonnenen Datensätze möglicherweise nicht unvoreingenommen auswertbar sind. Die Subjektivität der Beobachtenden, die persönlichen Interpretationen oder individuellen Präferenzen könnten Einfluss auf die Datenerhebung haben, was die Objektivität der Analyse beeinträchtigen könnte. Ebenso stellt die gleichzeitige Geschwindigkeitsüberwachung auf dem Tacho eine komplexe Aufgabe dar und die Konzentration auf den Straßenraum könnte darunter leiden.

## **ZEITMESSUNG**

Eine weitere Herangehensweise war die Methode der händischen Zeitmessung von Personen, die einen bestimmten Abschnitt befahren. Ein Vorteil besteht in der statistischen Auswertung der gefahrenen Geschwindigkeiten durch genauere Daten. Weiterhin können dadurch die Untersuchungsgebiete nach gefahrenen Geschwindigkeiten im Zusammenhang mit den verorteten Entwässerungsanlagen eingeteilt werden. Dies bietet eine Übertragungsmöglichkeit auf Osnabrück. Demgegenüber steht die mangelnde Erfahrung der Forschenden, inwiefern eine genaue Zeitmessung mit den vorhandenen Ressourcen möglich ist.

## **TRACING**

Als weitere Methodik wurde das Erheben der Fahrlinien durch Tracing diskutiert. Hierbei sollten Personen beobachtet und die Bewegungslinien auf einem bestimmten Abschnitt im Untersuchungsgebiet mittels Einzeichnung in eine Karte erhoben werden. Die Methode des Tracing ermöglicht eine detaillierte Nachverfolgung von Aktivitäten oder Abläufen, was wiederum präzise Analysen und Auswertungen ermöglicht. Diese Methode kann dazu beitragen, bestimmte Muster oder Trends im Verhalten von Personen aufzuzeigen.

Weiterhin stellt das Tracing über Hinterherfahren eine innovative Technik dar, um Bewegungsabläufe nachzuverfolgen. Ein deutlicher Vorteil dieser Methoden besteht darin, dass die erhobenen Daten nachträglich eingesehen werden können, was eine detaillierte Analyse und Auswertung ermöglicht.

Jedoch sind auch Limitierungen zu beachten. Die Verwendbarkeit der erhobenen Daten ist begrenzt, und der Arbeitsaufwand für die Auswertung kann beträchtlich sein. Zudem ist die Glaubhaftigkeit der Informationen, die durch Probanden individuell beigesteuert werden, möglicherweise beeinträchtigt.

Ein spezifischer Nachteil liegt in der begrenzten Anwendbarkeit dieser Methoden in Osnabrück, wo eine aussagekräftige Datenerhebung nur mithilfe von Videos möglich ist. Dies kann die Effizienz der Datenerfassung in diesem spezifischen Umfeld beeinflussen.

Zusammengefasst bieten das Tracing durch Hinterherfahren neuartige technische Hilfsmittel für die Datenerhebung. Die Praktikabilität und Wirksamkeit dieser Methoden müssen jedoch im Hinblick auf die spezifischen Anforderungen der Forschungsziele, sowie die Umgebung von Osnabrück sorgfältig abgewogen werden.

Zudem ist zu beachten, dass diese Methoden nur über Verhaltensweisen anwendbar sind und damit nur schwer auf Osnabrück anzuwenden sind. Dies bedeutet, dass die Datenerhebung auf die Beobachtung von Verhaltensmustern oder Aktivitäten beschränkt ist und alternative Erhebungsmethoden in anderen Kontexten möglicherweise erforderlich sind, um ein umfassendes Forschungsbild zu gewährleisten.

## **BEGRÜNDUNG DER METHODENAUSWAHL**

Die Entscheidung fiel auf eine Kombination der zur Auswahl stehenden Methodiken. Grundsätzlich wurde die Form der systematischen Beobachtung festgelegt, die sich auf das Aufzeichnen der Zeit, der Erhebungslinien und des Fahrradtyps beschränkt. Beobachtungen, kombiniert mit der Einteilung in Kategorien, bieten die Möglichkeit, qualitative Informationen zu sammeln und Verhaltensmuster zu identifizieren. Dies eröffnet verschiedene Möglichkeiten als Feldversuch und ermöglicht eine flexible Anpassung an unterschiedliche Umgebungen in Osnabrück. Diese praxisorientierte Herangehensweise ermöglicht es, die tatsächlichen Verhaltensmuster von Fahrradfahre\*r\*innen im urbanen Kontext zu beobachten und zu quantifizieren. Durch die Kombination von Beobachtungen vor Ort und präzisen Messungen kann die Forschung dazu beitragen, nicht nur die vorhandenen Zusammenhänge zwischen Entwässerungsanlagen und der gefahrenen Geschwindigkeit zu identifizieren, sondern auch mögliche Ursachen für derartige Verhaltensweisen zu verstehen.

# DURCHFÜHRUNG

## ERHEBUNG

Im Bereich der empirischen Sozialforschung gibt es qualitative und quantitative Beobachtungen. Quantitative Beobachtungen, die einen geringen Komplexitätsgrad aufweisen, werden häufig in der Verkehrsforchung (Döring, 2023) verwendet. In der vorliegenden Arbeit werden nur wenige Merkmale erhoben, weshalb sich diese Form der Beobachtung sehr gut eignet, um die Forschungsfragen beantworten zu können. Für die quantitative Beobachtung ist zudem kennzeichnend, dass die Merkmalsausprägungen vor der Erhebung festgelegt werden (Thierbach & Petschick, 2022). In diesem Punkt weicht die gewählte Methodik ab, da vor Beginn der Beobachtung nur die Merkmale festgelegt worden sind und die Ausprägungen erst durch die Durchführung ermittelt werden konnten. Dementsprechend erfolgt die Aufzeichnung der Daten mittels qualitativer Erhebung, um „Phänomene besonders detailreich erfassen [zu können]“ (Döring, 2023, S. 332). Nach Beer (2020) ist die gewählte Form der Beobachtung bewährt darin, Forschungsergebnisse quantifizierbar zu machen. Dadurch wird angestrebt, bestimmte Muster zu erkennen und zu prüfen, inwiefern diese auf Osnabrück übertragbar sind.

Zusätzlich erfolgt die Konstruktion des Erhebungsbogens sowie die Festlegung der Erhebungsregeln vor dem Eintritt ins Forschungsfeld (Thierbach & Petschick, 2022). Der Erhebungsbogen teilt sich auf die drei Merkmale auf. Für die Bewegungslinien wurde ein Luftbild genutzt, in welches die Bewegungslinien digital eingezeichnet worden sind. Die Untersuchungsräume wurden in Abschnitte eingeteilt. Dabei wurde darauf geachtet, dass möglichst viele Gullydeckel im Untersuchungsabschnitt vorhanden sind. Die Zeit wurde mit einem Smartphone gestoppt und nach der Erhebung im Feld tabellarisch aufgearbeitet. Um den Fahrradtyp zu erheben, wurde eine Tabelle angelegt und äußerliche Merkmale festgehalten. Jede Person erhielt eine ID, um Bewegungslinie, Geschwindigkeit und Fahrradtyp in der Auswertung zuordnen zu können. Ziel war es zu verschiedenen Uhrzeiten und Wochentagen Beobachtungen durchzuführen, um sich verändernde äußere Einflüsse aufzunehmen. An den



ABB. 8: ABGRENZUNG FORSCHUNGSFELD AM KRONENPLATZ



ABB. 9: ABGRENZUNG FORSCHUNGSFELD AM LUDWIGSPLATZ

zwei Standorten wurden pro Fahrtrichtung zehn Personen erhoben. Ebenso wurde als Regel festgelegt jede 2. Person, die eine vorher festgelegt Linie überfährt zu erheben (s. Abb. 8,9). Im Forschungsfeld wurde dies allerdings für den jeweiligen Standort sowie verfügbarer Ressourcen angepasst. Am Standort Kronenplatz wurde jede Person erhoben, da die Frequenz es ermöglichte. Wohingegen am Ludwigsplatz eine höhere Radverkehrsdichte dazu führte, dass jede 3. oder 4. Person erfasst wurde. Insgesamt wurden drei Erhebungen durchgeführt: am 12.12.2023 um 9 Uhr, am 25.01.2024 um 16:30 Uhr und am 03.02.2024 um 14 Uhr.

Ziel war es, eine verdeckte Beobachtung durchzuführen, damit das „natürliche“ Verhalten der beobachteten Personen nicht beeinflusst wird (Kromrey et al., 2016). Allerdings ließ sich dies im Forschungsfeld nicht zielführend umsetzen, da die Forschenden teilweise von Personen wahrgenommen worden sind und die Präsenz auffällig war. Durch die quantitative Natur der Beobachtung erfolgte die Auswertung mittels Excel und R für eine statistische Analyse. Dafür wurden vorab die Daten zusammengefasst und strukturiert.

## ERSTELLUNG DER FAHRRADTYPEN

Die erhobenen Fahrradtypen wurden zu folgenden Kategorien zusammengefasst:

- 1. STADTFAHRRAD MIT TIEFEM EINSTIEG:** Zu diesem Fahrradtyp zählen Modelle, die eine entspannte aufrechte Fahrhaltung von Personen ermöglichen (s Abb 10).
- 2. SPORTLICHES STADTFAHRRAD MIT ABGESENKTEN RAHMEN:** Zu diesem Fahrradtyp zählen Modelle, die eine sportlichere geneigtere Fahrhaltung von Personen ermöglichen (s. Abb. 11).
- 3. E-BIKE:** Bei diesem Fahrradtyp ist die Art der Fahrhaltung nicht relevant. Dementsprechend wurden hierunter alle Fahrräder mit elektrischer Unterstützung eingeordnet.
- 4. SPORTLICHES FAHRRAD:** Zu diesem Fahrradtyp zählen Modelle, die eher im Sportbereich genutzt werden, wie z.B. Rennräder und Mountainbikes.
- 5. SONSTIGES:** Darunter fallen alle Modelle, die nicht den anderen Kategorien zugeordnet werden konnten, wie z.B. KVV-Nextbike, Lastenfahrräder oder Falträder.



ABB. 10: DARSTELLUNG TYP 1



ABB. 11: DARSTELLUNG TYP 2

## ERSTELLUNG DER FAHRRADTYPEN

Die aufgezeichneten Bewegungslinien wurden durch eine qualitative Analyse der Bilder/Skizzen zu folgenden Kategorien zusammengefasst (s. Abb. 12):

- 1. GERADE LINIE:** Diese Bewegungslinie zeichnet sich dadurch aus, dass die erhobenen Personen keinen Gullydeckel überfahren haben und geradlinig an diesen vorbeigefahren sind.
- 2. SCHLENKERWEG:** Diese Bewegungslinie zeichnet sich dadurch aus, dass die erhobenen Personen keinen Gullydeckel überfahren haben und diese durch Schlenkerbewegungen umfahren haben. Dabei spielt die Ausprägung der Umfahrung keine Rolle.
- 3. GERADE ÜBER GULLYDECKEL:** Diese Bewegungslinie zeichnet sich dadurch aus, dass die erhobenen Personen über mindestens einen Gullydeckel gefahren sind und dies mit einer geradlinigen Fahrlinie gemacht haben. Dennoch kann es sein, dass einige Gullydeckel auf dem Weg nicht überfahren wurden.
- 4. SCHLENKER ÜBER GULLYDECKEL:** Diese Bewegungslinie zeichnet sich dadurch aus, dass die erhobenen Personen mindestens einen Gullydeckel überfahren haben. Hinzu kommt, dass mit einem Schlenker anderen Gullydeckeln auf dem Weg ausgewichen wurde. Diese Bewegungslinie umfasst somit das Kreuzen von mindestens einem Gullydeckel und die Umfahrung von mindestens einem Gullydeckel.

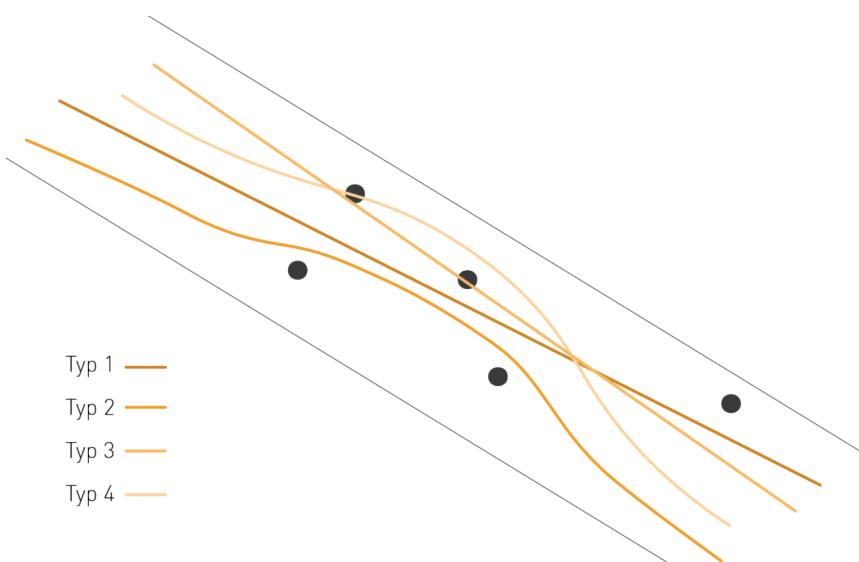


ABB. 12: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER IDENTIFIZIERTEN TYPEN (BEWEGUNGSLINIE)

## **STATISTISCHE AUSWERTUNG**

Die Ergebnisse wurden systematisch analysiert, um Häufigkeiten und Gemeinsamkeiten zu identifizieren. Dabei wurden drei Merkmale betrachtet, die auf unterschiedlichen Skalen gemessen wurden: Fahrradtyp und Bewegungslinie als nominal skalierte Variablen sowie die benötigte Zeit als metrische Variable.

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen den Variablen zu untersuchen, wurde zunächst der Fisher-Test für die nominalen Variablen durchgeführt. Anschließend wurde eine multiple Regression angewendet, um den Zusammenhang zwischen Zeit je Untersuchungsraum, Bewegungslinie und Fahrradtyp zu analysieren. Dabei wurde ein Signifikanzniveau von 0,05 festgelegt. An allen drei Tagen waren es um die acht Grad Celsius. Am 12.12. war es bereits dunkel und es hat leicht geregnet. An den anderen Tagen war es bewölkt bis sonnig.

Im zweiten Schritt wurden die Daten für jeden Untersuchungsraum ausgewertet, wobei auf eine weitere Signifikanzanalyse verzichtet wurde, da diese bereits für alle Daten durchgeführt worden ist.

## **ÜBERTRAGBARKEIT AUF OSNABRÜCK**

Die Durchführung einer hierarchischen Clusteranalyse soll dazu beitragen, dass die Ergebnisse auf Osnabrück übertragbar gemacht werden können. Die Vorstellung der Forschenden beinhaltet, dass sich dadurch Gruppen erstellen lassen, die sich auf andere räumliche Kontexte anwenden lassen. Die Gruppen sollen hinsichtlich der Bewegungslinie und des Fahrradtyps eine gewisse Homogenität aufweisen. Weiterhin können durch die Erkenntnisse aus den Untersuchungsräumen in Karlsruhe Annahmen hinsichtlich der Bewegungslinien getroffen werden, indem die entwickelten Typen auf die verorteten Gullydeckel angewendet werden.

# ALLGEMEINE ERKENNTNISSE

## VORKOMMEN FAHRRADTYPEN UND BEWEGUNGSLINIEN

Die vorliegende Analyse befasst sich mit der Erfassung und Quantifizierung von Fahrradtypen und Bewegungslinien gemäß der vorangegangenen Abschnitte. Insgesamt wurden 120 Personen erfasst.

Typ 1, welcher durch ein City-Bike mit tiefem Einstieg charakterisiert ist, wies die höchste absolute Häufigkeit von 42 Vorkommen auf, welches einem Anteil von 35 % der Gesamtmessung entspricht.

Typ 2 repräsentiert ein sportliches City-Bike mit abgesenktem Rahmen und wurde 32 Mal registriert, was einem Anteil von 26,7 % entspricht.

E-Bikes, als Typ 3 kategorisiert, wurden während der Messungen 17 Mal beobachtet. Dies entspricht einem Anteil von 14,2 %.

Typ 4, charakterisiert durch sportliche Fahrräder, wurde 19 Mal identifiziert und repräsentiert somit einen Anteil von 15,8 % der Gesamtmessung.

Schließlich wurden 10 Fälle von Fahrrädern der „Sonstigen“ Kategorie erfasst, was einem Anteil von 8,3 % der Gesamtmessung entspricht (s.Abb. 13).

In Bezug auf die Bewegungslinien wurden ebenfalls vier Kategorien definiert und analysiert.

Typ 1, gekennzeichnet durch eine geradlinige Fahrspur, wurde am häufigsten beobachtet, wobei eine absolute Häufigkeit von 61 Vorkommen und ein Anteil von 50,8 % an der Gesamtmessung festgestellt wurden.

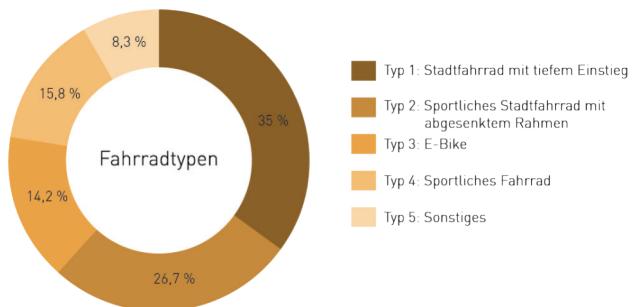


ABB. 13: PROZENTUALER ANTEIL AN IDENTIFIZIERTEN FAHRRADTYPEN

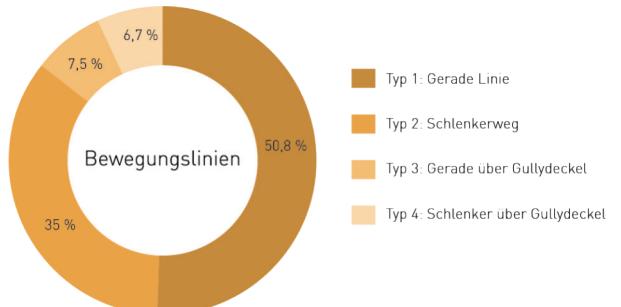


ABB. 14: PROZENTUALER ANTEIL AN IDENTIFIZIERTEN TYPEN (BEWEGUNGSLINIE)

Typ 2, charakterisiert durch einen schlenkernden Weg, verzeichnete 42 Vorkommen, welches einem Anteil von 35 % repräsentiert.

Typ 3, beschreibt eine geradlinige Fahrspur über Gullydeckel, wurde in 9 Fällen beobachtet und repräsentiert somit einen Anteil von 7,5 % der Gesamtmessung. Typ 4, beschreibend einen schlenkernden Weg über Gullydeckel, wurde 8 Mal festgestellt, welches einem Anteil von 6,7 % entspricht (s.Abb. 14).

## **STATISTISCHE ERKENNTNISSE**

Der Fishers-Test der Bewegungslinie und der Fahrradtypen ergab für alle erhobenen Daten eine Signifikanz von  $p = 0,32$ . Dementsprechend liegt kein statistischer Zusammenhang zwischen diesen beiden Merkmalen vor. Daraus lässt sich ableiten, dass Personen, die eine bestimmten Fahrradtyp fahren, keiner Bewegungslinie zuzuordnen sind. Ebenso ergab die multiple Regression für den Ludwigsplatz, dass Zeit und Fahrradtyp mit einer Signifikanz von  $p = 0,60$  ebenfalls nicht zusammenhängen. Zu dem gleichen Ergebnis kommt die Regression zwischen der Zeit und der Bewegungslinie ( $p = 0,78$ ). Auch am Kronenplatz ergab die statistische Analyse, dass es keinen Zusammenhang zwischen der benötigten Zeit und der Bewegungslinie ( $p = 0,36$ ) sowie dem Fahrradtyp ( $p = 0,73$ ) gibt.

Die statistische Analyse zeigt, dass die gewählten Merkmale in keinem Verhältnis zueinander stehen.

Dementsprechend zeigt auch eine durchgeführte hierarchische Clusteranalyse keine eindeutigen Ergebnisse und bildet keine homogenen Gruppen ab. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse eher qualitativ auf Osnabrück übertragbar und es lassen sich nur Annahmen hinsichtlich der zu erwartenden Bewegungslinien treffen. Über das Vorkommen von Fahrradtypen lässt sich keine Aussage treffen, da die erhobenen Daten aus Karlsruhe nicht repräsentativ sind. Außerdem sind die räumlichen Gegebenheiten und die Radverkehrsführung im Gegensatz zu Karlsruhe sehr unterschiedlich.

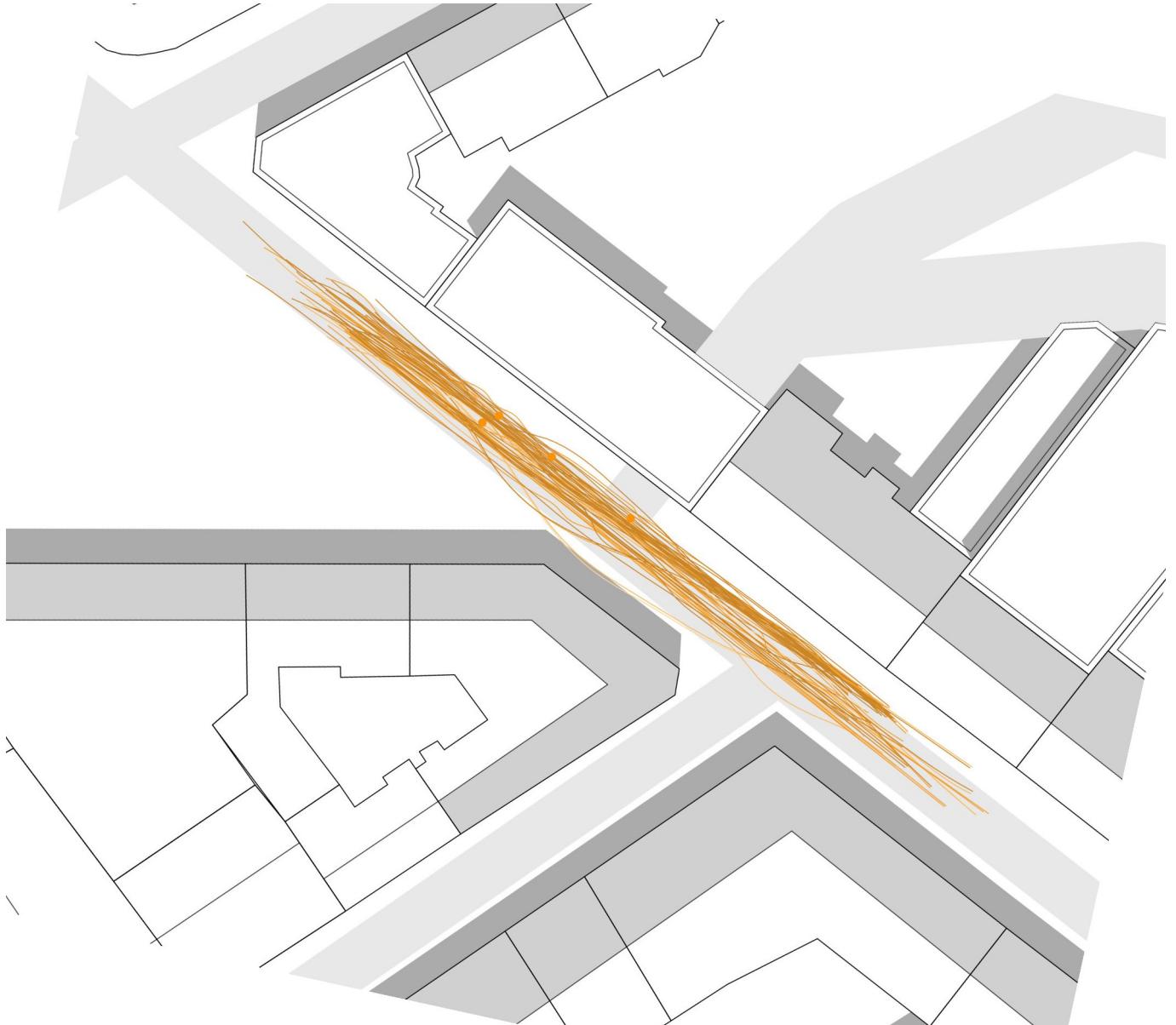


ABB. 15: ERHOBENE BEWEGUNGSLINIEN NACH TYP AM LUDWIGSPLATZ



#### LEGENDE

- |  |                     |                                       |                                   |
|--|---------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| <span style="background-color: #ccc; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | Straße              | <span style="color: brown;">—</span>  | Typ 1: Gerade Linie               |
| <span style="color: orange; border-radius: 50%; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>               | Entwässerungsanlage | <span style="color: orange;">—</span> | Typ 2: Schlenkerweg               |
|  |                     | <span style="color: orange;">—</span> | Typ 3: Gerade über Gullydeckel    |
|  |                     | <span style="color: orange;">—</span> | Typ 4: Schlenker über Gullydeckel |

## ERKENNTNISSE K1: LUDWIGSPLATZ

Das Gebiet am Ludwigsplatz zeichnet sich durch einen breiten Straßenraum aus, der aber durch die Erdgeschossnutzungen beeinflusst wird. Der Radverkehr wird im Mischverkehr auf der Straße geführt. Der gewählte Abschnitt befindet sich in einer Fußgängerzone, die für den Radverkehr und bis zum Erbprinzenhof für den Kfz-Verkehr freigegeben ist. Weiterhin verläuft der Abschnitt geradlinig und die Entwässerungsanlagen liegen sowohl mittig als auch am Rand der Fahrbahn. Aufgrund der räumlichen Gestaltung gibt es Möglichkeiten, den Entwässerungsanlagen in einem gewissen Maße auszuweichen.

Die Untersuchung der Fahrradtypen ergab, dass der Typ 1, die höchste absolute Anzahl von 24 Fällen aufweist, was einem Anteil von 40 % an der Gesamtmeßung entspricht. An zweiter Stelle steht der Typ 2 mit 15 Fällen und einem Anteil von 25 %. E-Bikes (Typ 3) wurden in 8 Fällen registriert, was einem Anteil von 13,3 % entspricht, während sportliche Fahrräder (Typ 4) mit 10 Fällen und einem Anteil von 16,7 % vertreten sind. Fahrräder des Typs haben einen Anteil von 5 % (s. Abb. 16).

Die Mehrheit der Fahrräder (Typ 1) bewegte sich entlang einer geraden Linie, wobei 30 Fälle verzeichnet wurden, was einem Anteil von 50% entspricht. Etwa 30 % der Fahrräder wählten einen Schlenkerweg (Typ 2). Eine geringere Anzahl von Fahrrädern (Typ 3) fuhr gerade über Gullydeckel (8 Fälle, 13,3%), während einige Fahrräder (Typ 4) einen Schlenker über Gullydeckel machten (4 Fälle, 6,7%) (s. Abb. 17). Die durchschnittliche Geschwindigkeit der erfassten Fahrräder wurde auf 8,8 Sekunden ermittelt. Eine eingehende Analyse der Daten offenbart, dass nahezu alle Gullydeckel umfahren wurden. Vereinzelte Abweichungen von diesem Verhalten können auf externe Faktoren wie die Behinderung durch entgegenkommenden Kfz-Verkehr, geparkte Kfz sowie den Fußverkehr zurückgeführt werden. Dies gibt Hinweise darauf, dass Radfahrende Entwässerungsanlagen als Störfaktoren wahrnehmen, die den Fahrkomfort beeinflussen können und, wenn es möglich ist, umfahren werden. Dementsprechend kann angenommen werden, dass Gullydeckel zum Stressempfinden beitragen, wenn durch externe Zwänge diese überfahren werden müssen.

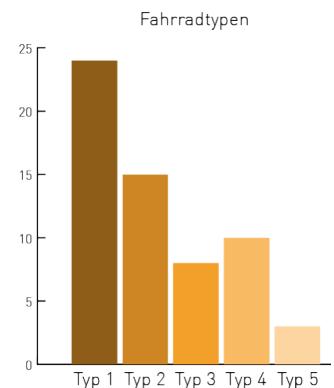


ABB. 16: ABSOLUTE ANZAHL AN VORKOMMEN VON FAHRRADTYPEN AM LUDWIGSPLATZ

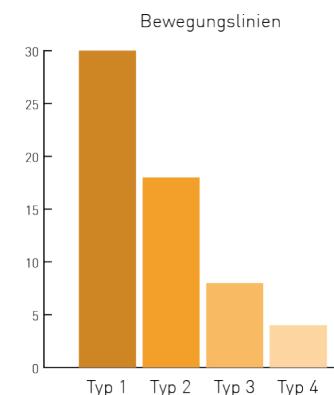


ABB. 17: ABSOLUTE ANZAHL AN VORKOMMEN VON BEWEGUNGSLINIEN AM LUDWIGSPLATZ

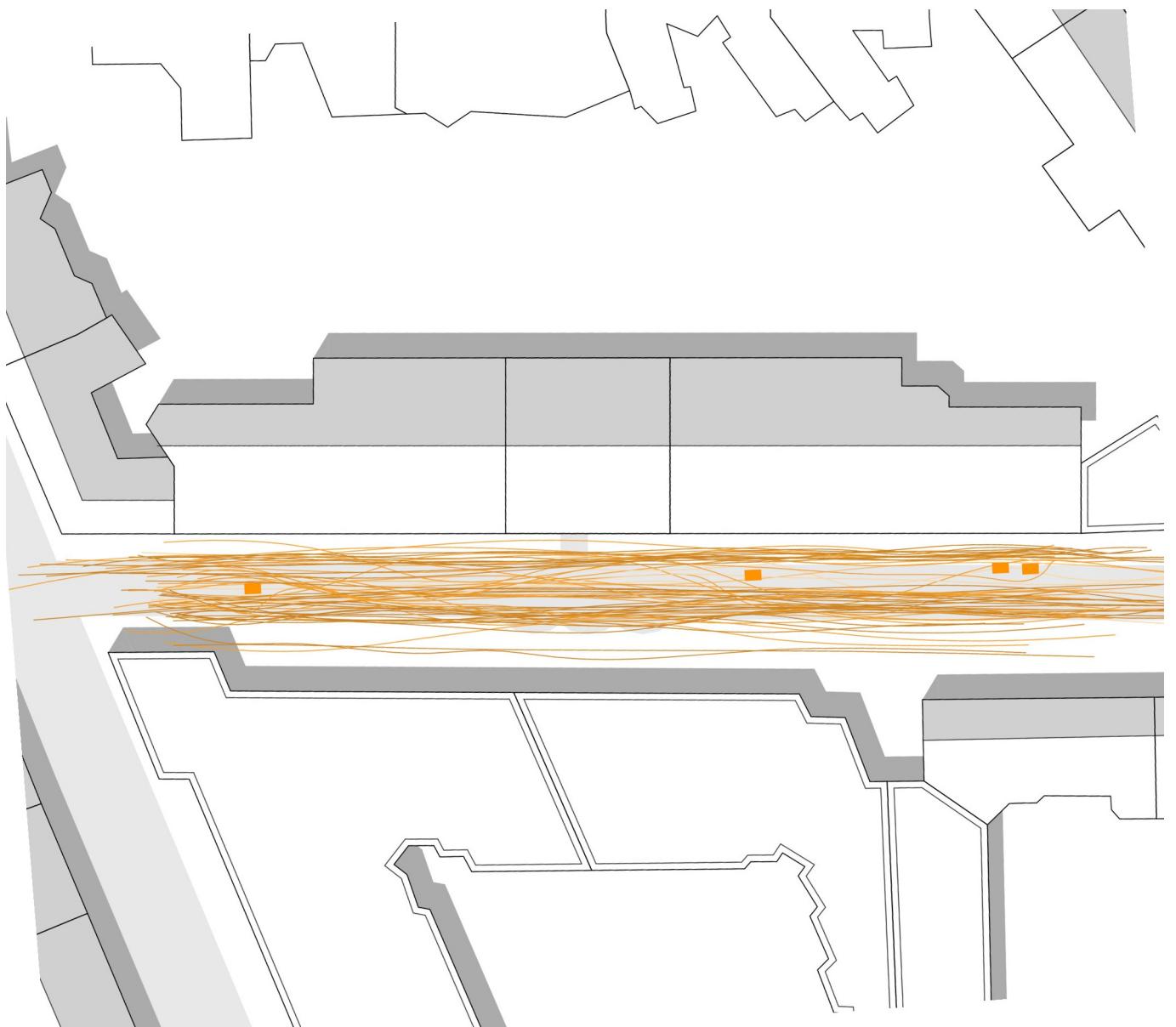


ABB. 18: ERHOBENE BEWEGUNGSLINIEN NACH TYP AM KRONENPLATZ



#### LEGENDE

- |   |                     |  |                                   |
|---|---------------------|--|-----------------------------------|
| <span style="background-color: #c0c0c0; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | Straße              | <span style="color: #8B4513;">—</span> | Typ 1: Gerade Linie               |
| <span style="background-color: #FF8C00; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | Entwässerungsanlage | <span style="color: #FF8C00;">—</span> | Typ 2: Schlenkerweg               |
|   |                     | <span style="color: #FF8C00;">—</span> | Typ 3: Gerade über Gullydeckel    |
|   |                     | <span style="color: #FF8C00;">—</span> | Typ 4: Schlenker über Gullydeckel |

## ERKENNTNISSE K2: KRONENPLATZ

Das Gebiet am Kronenplatz zeichnet sich durch einen breiten Straßenraum aus. Der Radverkehr wird gemeinsam mit dem Fuß- und Kfz-Verkehr geführt. Der gewählte Abschnitt befindet sich in einer Fußgängerzone, die für den Radverkehr und zu bestimmten Uhrzeiten für den Kfz-Verkehr freigegeben ist. Aufgrund der räumlichen Gestaltung bietet dieser Raum genug Möglichkeiten, Entwässerungsanlagen auszuweichen. Weiterhin verläuft der Abschnitt geradlinig und die Entwässerungsanlagen liegen mittig auf der Fahrbahn.

Die quantitative Analyse des Ludwigsplatzes in Karlsruhe in Bezug auf die Frequenz der Fahrradtypen, die Bewegungsmuster der Fahrradfahrer und die durchschnittliche Geschwindigkeit der Fahrräder ergab folgende Befunde:

Genau wie am Ludwigsplatz wurden Fahrradtyp 1 und 2 am häufigsten erhoben und machen über die Hälfte aus. Der Typ 1 wurde insgesamt 18 mal gezählt, der Typ 2 17 mal. Der Anteil der jeweiligen verbleibenden Typen liegt bei ca. 10 %. Am Kronenplatz wurden insgesamt 9 E-Bikes und sportliche Fahrräder und 7 des Typs Sonstige erhoben (s. Abb. 19). Ebenso konnte kaum ein Unterschied hinsichtlich der benötigten Zeit für jeden einzelnen Fahrradtyp festgestellt werden. Im Durchschnitt wurden für den untersuchten Abschnitt 11,2 Sekunden benötigt.

Hinsichtlich der Bewegungslinien ist auffällig, dass der Typ 3 "Gerade über Gullydeckel" kaum gemessen wurde und lediglich einen Anteil von knapp 2 % hat. Wohingegen die Typen 1 und 2, welche die Gullydeckel nicht überfahren, stark überrepräsentiert sind. Der Typ eins konnte 31 mal und der Typ 2 24 mal festgestellt wurden (s. Abb. 20). Die beiden Typen haben einen Anteil von über 90 %. Dies ist darauf zurückzuführen, dass dieses Gebiet kaum durch andere Faktoren, wie z. B. starke Frequenz vom Fußverkehr beeinflusst wird. Dementsprechend kann der Radverkehr die eigene ideale Linie fahren und beibehalten. Dies gibt einen Hinweis darauf, dass die Präferenz von Radfahrenden eher darauf liegt, Entwässerungsanlagen zu umfahren und diese unbewusst oder bewusst als Störfaktoren wahrgenommen werden können.

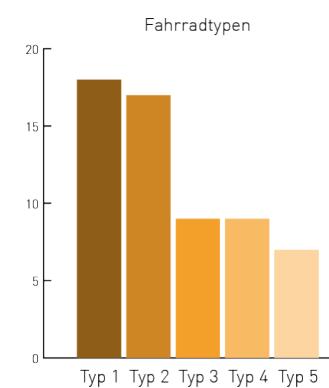


ABB. 19: ABSOLUTE ANZAHL AN VORKOMMEN VON FAHRRADTYPEN AM KRONENPLATZ

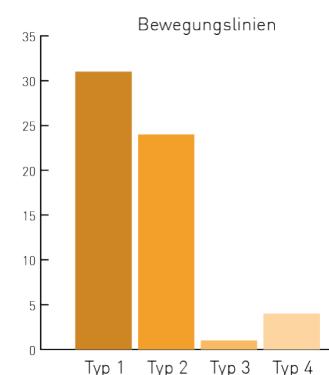


ABB. 20: ABSOLUTE ANZAHL AN VORKOMMEN VON BEWEGUNGSLINIEN AM KRONENPLATZ



ABB. 21: DARSTELLUNG HYPOTHETISCHER BEWEGUNGSLINIEN IN DER LOHSTRASSE

#### LEGENDE

- |   |                     |  |                |
|---|---------------------|--|----------------|
| <span style="background-color: #ccc; border: 1px solid black; width: 15px; height: 10px;"></span>   | Straße              | <span style="background-color: brown; border: 1px solid black; width: 15px; height: 10px;"></span> | Bewegungslinie |
| <span style="background-color: orange; border: 1px solid black; width: 15px; height: 10px;"></span> | Entwässerungsanlage |  |                |

## **ERKENNTNISSE 01: LOHSTRASSE**

Der zu analysierende Abschnitt im Untersuchungsgebiet Bierstraße/Lohstraße in Osnabrück zeichnet sich durch die meisten Entwässerungsanlagen aus und eignet sich daher für die Übertragbarkeit von Erkenntnissen. Der Fahrradverkehr wird auf der Straße geführt und ist entgegen der Einbahnstraße erlaubt. Im Gegensatz zu den Untersuchungsgebieten wird strassenbegleitend geparkt. Die gemischte Verkehrssituation setzt bestimmte Einschränkungen für Fahrradfahrer voraus, die sie möglicherweise daran hindern, die Entwässerungsanlagen zu umfahren. Es ist daher anzunehmen, dass Entwässerungsanlagen das wahrgenommene Stressniveau von Radfahrenden beeinflussen können, da sie nicht vermieden werden können.

Im Vergleich zu Karlsruhe befinden sich die Gullydeckel eher innerhalb der Fahrspur, was dazu führen kann, dass der Radverkehr gezwungen wird, die Fahrspur des entgegenkommenden Kfz-Verkehrs zu nutzen, um die Gullydeckel zu umfahren. Dies birgt Sicherheitsrisiken und könnte dazu führen, dass Radfahrende die Unebenheit der Gullydeckel in Kauf nehmen. Zusätzlich ist der Straßenverlauf nicht linear, was darauf hindeutet, dass der Typ 1 „Gerade Linie“ weniger häufig auftreten dürfte. Hypothetische Bewegungslinien sind in Abbildung 21 dargestellt.

Basierend auf den Erkenntnissen aus Karlsruhe, bei dem der Großteil der erhobenen Personen die Entwässerungsanlagen umfahren hat, könnte dies auch für diesen Abschnitt gelten. Jedoch stellt das Umfahren in dieser Situation ein höheres Risiko dar, da der Straßenraum durch den Autoverkehr und die Radverkehrsführung komplexer gestaltet ist. Dies deutet darauf hin, dass Entwässerungsanlagen einen zusätzlichen Faktor darstellen könnten, der das Stressniveau von Radfahrenden erhöht.

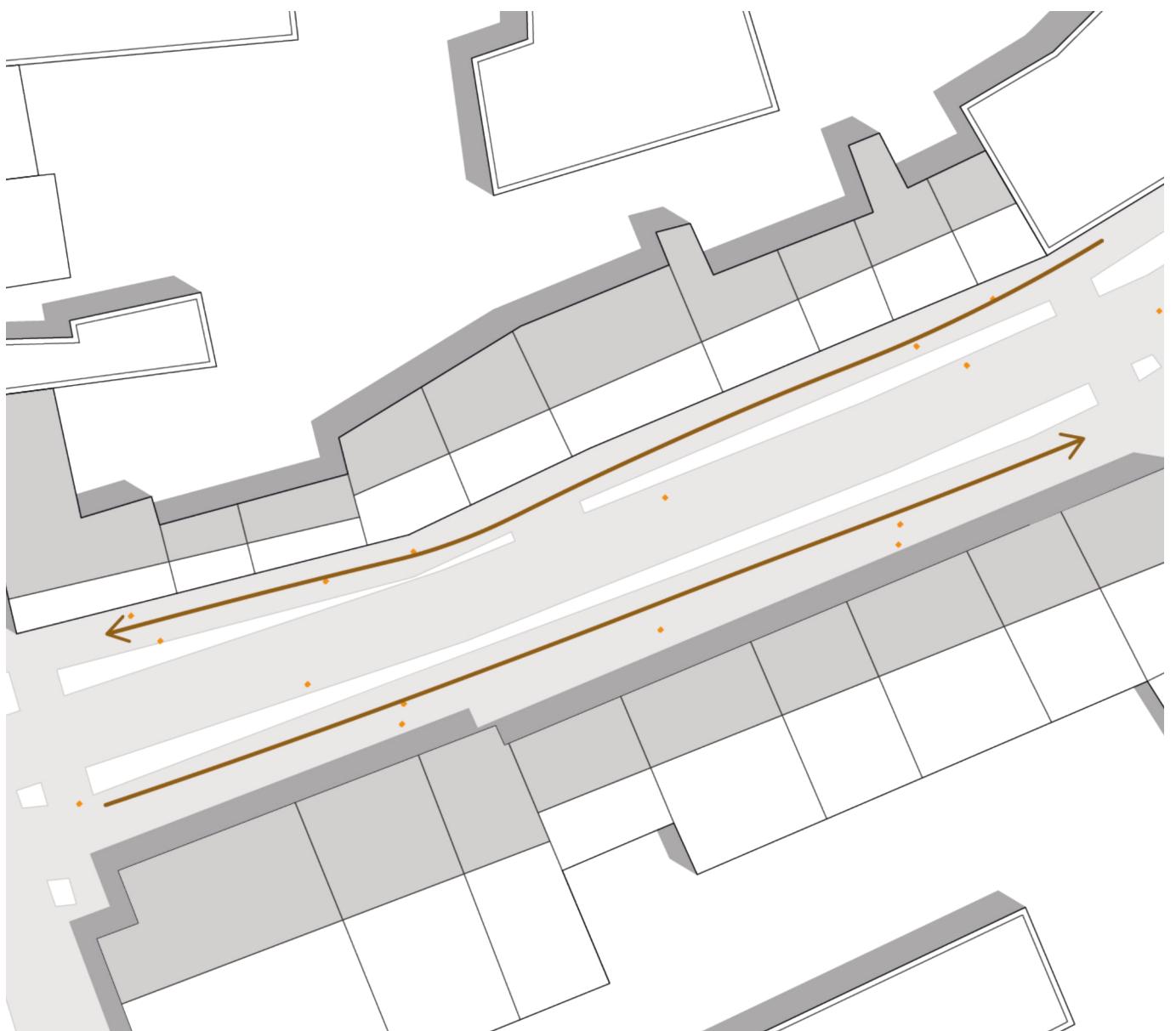


ABB. 22: DARSTELLUNG HYPOTHEtISCHER BEWEGUNGSLINIEN IN DER DIELINGERSTRASSE



#### LEGENDE

- |  |                     |   |                |
|--|---------------------|---|----------------|
| <span style="background-color: #ccc; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | Straße              | <span style="background-color: #8B4513; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | Bewegungslinie |
| <span style="color: orange;">●</span>  | Entwässerungsanlage |   |                |

## **ERKENNTNISSE 02: DIELINGERSTRASSE**

Der zu analysierende Abschnitt im Untersuchungsgebiet Dielingerstraße in Osnabrück zeichnet sich durch die meisten Entwässerungsanlagen aus und eignet sich daher für die Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus Karlsruhe. Der Radverkehr Richtung Westen wird auf einem Radfahrstreifen (Breite: 1,80) geführt, an welchen strassenbegleitend geparkt wird. Richtung Osten gibt es eine 30er-Zone und der Radverkehr fährt im Mischverkehr mit. Neben der Fahrspur gibt es eine Busspur. Auch hier ist eine komplexere straßenräumliche Gestaltung vorzufinden als in Karlsruhe. Die Entwässerungsanlagen liegen Richtung Westen hauptsächlich auf dem Radfahrstreifen. Die räumliche Enge und die Begrenzung durch den ruhenden Verkehr entlang des Radfahrstreifens stellen Potenzial dar, dass die Gullydeckel umfahren werden, indem der Radverkehr auf die KFZ-Spur ausweichen muss. Dadurch entsteht auch in diesem Abschnitt eine Gefahrensituation, die dazu führen kann, dass Entwässerungsanlagen Stress auslösen können. Wenn die Gullydeckel nicht umfahren werden, dann bleibt die Unebenheit des Bodens bestehen und kann zum Verlust des Fahrkomforts führen.

Der Abschnitt ähnelt dem linearen Verlauf in Karlsruhe, weshalb es sein kann, dass der Typ 1 „Gerade Linie“ auftritt. Aufgrund der Lage der Gullydeckel ist es jedoch schwierig, diese in einer geraden Bewegungslinie zu umfahren. Aus diesem Grund ist anzunehmen, dass der Typ 2 „Schlenkerweg“ häufiger auftreten kann. Es ist zu vermuten, dass in dieser Situation mehr Personen die Unebenheit der Gullydeckel in Kauf nehmen, da ein Ausweichen ein größeres Sicherheitsrisiko darstellt.

Richtung Osten liegen die Gullydeckel ebenfalls mittig in der Fahrspur. Doch sind auch hier Zwänge in Form vom Kfz-Verkehr vorhanden, der den Radverkehr vermutlich daran hindern kann, die Gullydeckel zu umfahren. Falls der Radverkehr auf die Busspur ausweicht, kann der Typ 1 „Gerade Linie“ häufig auftreten, da in diesem Bereich kaum Entwässerungsanlagen verortet worden sind. Fährt der Radverkehr vorschriftsmäßig im Kfz-Verkehr mit, ist es aufgrund der räumlichen Situation als unwahrscheinlich anzunehmen, dass der Typ 2 „Schlenkerweg“ auftreten kann. Hypothetische Bewegungslinien sind in Abbildung 22 dargestellt. Ebenso wie in der Gegenrichtung ist anzunehmen, dass ein Verlust im Fahrkomfort durch das Überfahren der Entwässerungsanlagen in Kauf genommen wird, da ein Umfahren ein größeres Sicherheitsrisiko darstellt.

## **FAZIT UND REFLEKTION**

Nach einer sorgfältigen systematischen Analyse der vorliegenden Daten zeigt sich, dass keine unmittelbare Verbindung zwischen Bewegungslinien, Fahrradtypen und der Zeit festzustellen ist. Die erhobenen Daten offenbaren keine durchgehende Korrelation zwischen den verschiedenen Variablen. Insbesondere fehlt eine zeitliche Entwicklung oder Veränderung in Bezug auf Bewegungslinien in Verbindung mit unterschiedlichen Fahrradtypen. Aus der Auswertung der Ergebnisse geht eindeutig hervor, dass die Wahl der Bewegungslinien von anderen, nicht ausschließlich mit Fahrradtypen oder der Zeit verbundenen Faktoren beeinflusst wird. Zudem wurde klar ersichtlich, dass die Geschwindigkeit der Fahrradfahrer\*innen nicht durch das Vorhandensein von Bodenentwässerungsanlagen im Straßenraum beeinflusst wurde.

Die vorliegenden Erkenntnisse legen nahe, dass weitere Untersuchungen und Analysen erforderlich sind, um die komplexen Zusammenhänge im Fahrradverkehr zu verstehen. Individuelle Verhaltensweisen der Fahrradfahrer\*innen, Umgebungsmerkmale oder andere externe Einflüsse könnten potenziell eine bedeutende Rolle bei der Bestimmung von Bewegungslinien spielen, die über den Einfluss von Fahrradtyp oder Zeit hinausgehen. Eine Verbesserung der Methodik könnte durch die Beobachtung und anschließende Befragung der Personen erfolgen, um zusätzliche Werte zu erhalten und die Kausalität zwischen dem Stressempfinden und Entwässerungsanlagen festzustellen.

Zudem gibt es zahlreiche Hinweise darauf, dass Bodenentwässerungsanlagen das Stressniveau beeinflussen, ob bewusst oder unbewusst ist nicht eindeutig. Jedoch wurde festgestellt, dass Personen Entwässerungsanlagen umfahren und diese somit einen Störfaktor darstellen. Insgesamt bleibt die Forschungsfrage nach Auswertung der Erhebungen ohne eine eindeutige Antwort. Diese Erkenntnisse unterstreichen die Notwendigkeit weiterer Forschungsbemühungen, um ein umfassendes Verständnis für die Dynamik des Fahrradverkehrs zu erlangen und potenzielle Auswirkungen auf stadtplanerische Maßnahmen zu identifizieren.



## LITERATURVERZEICHNIS

- Beer, B. (2020). Systematische Beobachtung. In: Methoden ethnologischer Feldforschung, Ausgabe 3, S. 55–76. Reimer. Berlin.
- Cobb, D. P., Jashami, H., & Hurwitz, D. S. (2021). Bicyclists' behavioral and physiological responses to varying roadway conditions and bicycle infrastructure. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 80, S. 172–188.
- DIN e.V. (Hrsg.). DIN EN 124-1:2015-09, Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen - Teil 1: Definitionen, Klassifizierung, allgemeine Baugrundsätze, Leistungsanforderungen und Prüfverfahren Beuth-Verlag, Berlin, 2015.
- Döring, N. (2023). Datenerhebung. In: *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*, S. 321–570. Springer Berlin Heidelberg.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2010). Empfehlungen für Radverkehrsanlagen.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2014). Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Entwässerungseinrichtungen im Straßenbau.
- Kromrey, H., Roose, J., & Strübing, J. (2016). Empirische Sozialforschung. UVK Verlag.
- Lowry, M. B., Furth, P., & Hadden-Loh, T. (2016). Prioritizing new bicycle facilities to improve low-stress network connectivity. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 86, S. 124–140.
- McIlroy, R. C., Plant, K. L., & Stanton, N. A. (2021). Thinking aloud on the road: Thematic differences in the experiences of drivers, cyclists, and motorcyclists. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 83, S. 192–209.
- Parkin, J., Sainte Clue, E. (2014). The Impact of vibration on comfort and bodily stress while cycling. University of the West of England.

Teixeira, I. P., Rodrigues da Silva, A. N., Schwanen, T., Manzato, G., Dörrzapf, L., Zeile, P., Dekoninck, L., & Botteldooren, D. (2020). Does cycling infrastructure reduce stress biomarkers in commuting cyclists? A comparison of five European cities. *Journal of Transport Geography*, Vol. 88.

Thierbach, C., & Petschick, G. (2022). Beobachtung. In: Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung, Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 1563–1579.

UVS Steiermark (2004). Bescheid über Rechtsfahrgesetz. Rechtsatz. Rechtsinformationssystem des Bundes. [https://www.ris.bka.gv.at/JudikaturRechtssaetze.wxe?Abfrage=Uvs&Dokumentnummer=JUT\\_ST\\_20040301\\_3016071\\_03\\_00#:~:text=Das%20Rechtsfahrgesetz%20nach%20§%207.%20Um%20einige%20Zentimeter%20vertieft%20sind](https://www.ris.bka.gv.at/JudikaturRechtssaetze.wxe?Abfrage=Uvs&Dokumentnummer=JUT_ST_20040301_3016071_03_00#:~:text=Das%20Rechtsfahrgesetz%20nach%20§%207.%20Um%20einige%20Zentimeter%20vertieft%20sind) [Zugriff am 24.11.2023]

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abb. 1: Collage aus den Untersuchungsräumen in Karlsruhe.

Abb. 2: Schachtdeckel mit Be- und Entlüftung.

Abb. 3: Schachtdeckel ohne Be- und Entlüftung.

Abb. 4: Rechteckiger Straßenablauf.

Abb. 5: Quadratischer Straßenablauf.

Abb. 6: Darstellung Belastungsklassen.

Abb. 7: Durchschnittliche Häufigkeit genannter Störfaktoren nach Verkehrsmittel (McIlroy et al., 2021, S.204).

Abb. 8: Abgrenzung Forschungsfeld am Kronenplatz.

Abb. 9: Abgrenzung Forschungsfeld am Ludwigsplatz.

Abb. 10: Darstellung Typ 1.

Abb. 11: Darstellung Typ 2.

Abb. 12: Schematische Darstellung der identifizierten Typen (Bewegungslinie).

Abb.13: Prozentualer Anteil an identifizierten Fahrradtypen.

Abb. 14: Prozentualer Anteil an identifizierten Typen (Bewegungslinie).

Abb. 15: Erhobene Bewegungslinien nach Typ am Ludwigsplatz.

Abb. 16: Absolute Anzahl an Vorkommen von Fahrradtypen am Ludwigsplatz.

Abb. 17: Absolute Anzahl an Vorkommen von Bewegungslinien am Ludwigsplatz.

Abb. 18: Erhobene Bewegungslinien nach Typ am Kronenplatz.

Abb. 19: Absolute Anzahl an Vorkommen von Fahrradtypen am Kronenplatz.

Abb. 20: Absolute Anzahl an Vorkommen von Bewegungslinien am Kronenplatz.

Abb. 21: Darstellung hypothetischer Bewegungslinien in der Lohstraße.

Abb. 22: Darstellung hypothetischer Bewegungslinien in der Dielingerstraße.



ABB.1: FAHRRADWEG

**EMMA DUPONT**  
**LARS-OLE MANNHERZ**  
**JOHANNA MARKUS**

## **SMOOTH SAILING – OBERFLÄCHEN UND STRESS BEIM RADFAHREN**

Wer schon einmal mit dem Fahrrad auf einer frisch asphaltierten Straße gefahren ist, weiß wahrscheinlich wie angenehm diese sich im Vergleich zu anderen Straßenbelägen anfühlt. Von einem Kopfsteinpflaster durchgeschüttelt zu werden wird doch eher als unangenehm empfunden und die meisten Radfahrer:innen vermeiden es doch, auf Kopfsteinpflasterstraßen zu fahren.

Unser Ziel ist es, Zusammenhänge zwischen dem Stress von Radfahrer:innen beim Fahren und dem Zustand der Straße zu finden. Nicht immer sind für Radfahrer:innen baulich getrennte Radwege vorhanden, manchmal steht ihnen eine Radspur auf der Fahrbahn zu Verfügung, oft müssen sie jedoch zwischen Autos, mancherorts sogar zwischen Fußgängern fahren. Auch bei getrennten Streckenführungen für Fahrräder müssen stellenweise mehrere Fahrbahnen und Bahn schienen überquert werden. Höhenunterschiede von Fahrspuren und der Zustand der Materialien sollen analysiert werden, um zu sehen, ob die heute existierende Fahrradinfrastruktur Radfahrer:innen die bestmögliche Erfahrung bieten um eine möglichst stressfreie Fahrt zu gewährleisten. Bestimmte Messstrecken wurden abgefahren und die verschiedenen Bodenbeläge an diesen Stellen untersucht. Bereits vor der Messung wurden die verschiedenen Materialien, bauliche Schwellen und Höhenunterschiede kartografiert. Zuerst wurden die Eigenschaften der Materialien nach subjektiver Erfahrung als Radfahrer:innen und unter Zuhilfenahme von Informationen über bauliche Vorschriften und best practices eingeordnet. Anschließend wurden bei Messfahrten das Stressniveau eines Radfahrenden sowie die durch den Untergrund ausgelösten Vibrationen gemessen. Die beiden gleichzeitig und geolokalisiert gemessenen Daten wurden in Karten kombiniert. Die vorab erstellten Karten zur Materialität der Teststrecke und die Karten mit den kombinierten Stress- und Vibrationsmessungen ermöglichen es, Zusammenhänge zwischen dem Stress beim Radfahren und der Unebenheit der Fahrbahn sichtbar zu machen.

Allgemein ist der gemessene Stress an Kreuzungen und stark frequentierten Orten am größten, dies liegt jedoch nicht zwingend am Zustand der Straße. Es fällt jedoch auf, dass Stress auch dort messbar ist, wo Oberflächen uneben oder in schlechtem Zustand sind. Ein gesicherter Kausalzusammenhang von Erschütterungen und Stress ließ sich in der kurzen Messreihe nicht belegen, mit weiteren Aufzeichnungen ermöglicht die Methodik jedoch, den Zustand von Straßen zu messen und sichtbar zu machen, um Anreize zu schaffen Radwege so komfortabel wie möglich zu gestalten.

# EINLEITUNG | MOTIVATION | THEMENFINDUNG

## FAHRRADNUTZUNG

Ein Fahrrad kann verschiedene Zwecke erfüllen. Es kann ein Sport sein. Die Person wird nach Leistung und Geschwindigkeit streben. Es kann ein Mittel sein, um sich in der Stadt fortzubewegen, zur Arbeit zu gehen, wobei die Geschwindigkeit geringer sein kann. Da es sich um ein Fortbewegungsmittel handelt, das körperliche Aktivität erfordert, kann das Fahrradfahren für manche Menschen abschreckend wirken. Zum Beispiel werden ältere Menschen oder Kinder langsamer fahren. Auch die Ermüdung durch das Radfahren oder die Gefährlichkeit der Straße können abschreckend wirken. Es gibt auch verschiedene Arten von Fahrrädern, die mehr oder weniger leicht zu bewegen sind: Cargo-Fahrräder, Fahrräder mit Kindersitzen, Lieferfahrräder, Kursfahrräder, Stadträder, Lieferfahrräder... Im Allgemeinen gibt es auf der Straße Verkehrsteilnehmer, die je nach Zweck, Alter, körperlichen Fähigkeiten und Fahrrad verschiedene Geschwindigkeiten wählen. Wenn der Zustand der Straße schlecht ist, werden manche Menschen weniger Lust haben, mit dem Fahrrad zu fahren. Dauert die Fahrt mit dem Fahrrad beispielsweise länger als 30 Minuten oder ist das Wetter schlecht, werden die Menschen eher das Auto oder die öffentlichen Verkehrsmittel nutzen. Die Unbequemlichkeit, die das Fahrradfahren mit sich bringt, kann die Nutzer abschrecken. Paradoxe Weise liegt der Erfolg des Fahrrads darin, dass es umweltfreundlich, praktisch, weil es sich überall durchschlängeln lässt, und körperlich aktiv ist.



ABB.2: FAHRRADLAUF

## STRASSENZUSTAND

Karlsruhe ist eine Stadt, in der es einfach ist, sich mit dem Fahrrad fortzubewegen. Allerdings verfügen nicht alle Straßen über Radwege. Mit dem Fahrrad unterwegs zu sein bedeutet auch, viele verschiedene Bodenbeläge zu erleben. Es gibt nicht unbedingt einen dominierenden Bodenbelag, zumal der Radfahrer sich auf Straßen ohne Radwege wiederfinden kann und somit auf dem Asphalt der Straße, dem Bürgersteig usw. fährt. Das Kopfsteinpflaster in der Innenstadt ist für das Radfahren nicht sehr angenehm. Generell gilt: Je schlechter oder unebener ein Material ist, desto mehr Energie wird der Radfahrer verbrauchen und desto müder wird er werden. Die Vielfalt der

Bodenbeläge, mit denen ein Radfahrer konfrontiert wird, kann problematisch sein, da die Materialien sehr unterschiedlich sein können und sich nicht im besten Zustand befinden. Der Zustand des Straßenbelags kann für einen Fußgänger kein Problem darstellen, für einen Radfahrer aber z. B. schwierig zu überqueren sein. Außerdem kann das Wechseln von einer Straße zur anderen zu Höhenunterschieden führen. Wenn die Straßen gut ausgebaut sind, wird dort, wo das Fahrrad überquert, die Höhe zwischen zwei Fahrbahnen minimiert, was zu einem besseren Fahrerlebnis führt. Diese Annehmlichkeiten kommen auch anderen Verkehrsteilnehmern wie Sehbehinderten und Rollstuhlfahrern zugute.



ABB.3: FAHRRADLOGO IN KARLSRUHE

## EINFLUSS DES BODENBELAGS

Der Erfolg des Fahrrads in den letzten Jahren hat zu einer Vielzahl von Nutzern und deren unterschiedlichen Profilen geführt. Dies wirft Fragen zum Zustand der heutigen Straßen und zur Optimierung der Radwege in Bezug auf die Stadtplanung, aber auch auf die Materialwahl auf. Wenn wir möchten, dass möglichst viele Menschen das Fahrrad im Alltag nutzen, müssen wir die Straßen so gestalten, dass das Fahrerlebnis so angenehm wie möglich ist. Es ist optimal, wenn die Radfahrer auf angenehmen Straßen fahren, dass sie „smooth sailing“ können. Unser Fallbeispiel ist hier Karlsruhe. Wir haben uns für das Thema Bodenbelag entschieden und fragen uns, ob dieser Parameter das Stressniveau des Radfahrers beeinflusst. Eine Art zu fühlen, ob der Zustand des Bodens durch die Vibrationen verursacht wird, die auf das Fahrrad einwirken, wenn man damit fährt. Ein Boden kann in sehr gutem Zustand sein, aber trotzdem Vibrationen verursachen, wie z. B. Kopfsteinpflaster. Ansonsten kann der Zustand des Materials je nach seiner Beschaffenheit variieren. Es kann Löcher geben, die durch Nutzung entstanden sind, oder Unebenheiten, die durch Baumwurzeln verursacht wurden... Auch das Überqueren des Bürgersteigs bis zur Straße kann berücksichtigt werden. Der Höhenunterschied zwischen den verschiedenen Nutzungswegen der Straße kann einen Stoß für das Fahrrad verursachen. Was unsere Erfahrung als Radfahrer beeinflussen kann, ist der Zustand, aber auch die Wahl des Materials und der Höhenunterschied zwischen ihnen bei einer Überquerung.

## FORSCHUNGSFRAGEN

### **WIE WIRKT SICH DIE FAHRBAHNOBERFLÄCHE AUF DEN FAHRKOMFORT BEIM RADFAHREN AUS?**

Unebene Fahrbahnen erhöhen den Energieverbrauch beim Fahren, sorgen also für mehr Anstrengung und dafür, dass weniger weite Strecken zurückgelegt werden können, was sich bei weniger agilen Radfahrer:innen wie Senior\*innen, Kindern oder jenen auf schweren Lastenrädern nur verstärkt. Gerade in Zeiten in denen Fahrräder aufgrund von Klimaschutz und Verkehrssicherheit einen höheren Anteil des Modal Splits ausmachen sollten wirkt sich die Qualität der Infrastruktur negativ auf das Erreichen dieses Ziels aus. Fragt man Menschen, warum sie nicht mit dem Fahrrad fahren so ist neben Unannehmlichkeiten wie Wetter die Gefahr eines Sturzes oder Unfalls ein Hauptgrund, bei der Ipsos-Studie „Cycling across the world“ gaben 42% der deutschen Befragten an, dass sie die Strecken in ihrer Gegend als zu gefährlich empfinden. Es ist also im Sinne der Gesellschaft, die Summe dieser Unannehmlichkeiten weitestgehend zu reduzieren. Warum unebene Fahrbahnen das Fahrradfahren auf physischer Ebene erschweren, ist nicht neu, doch wie verhält es sich mit der psychischen Ebene? Welchen Einfluss haben Bodenbeläge auf unser Wohlbefinden als Verkehrsteilnehmer?

### **SORGEN UNEBENE FAHRBAHNEN FÜR ZUSÄTZLICHEN STRESS BEIM RADFAHREN?**

Mit zunehmender Unebenheit des Untergrundes erhöht sich die Anstrengung beim Fahrradfahren, dazu fordert sie auch eine höhere Aufmerksamkeit, um Gefahrenquellen am Boden zu erkennen und auszuweichen. Zum einen ist dies Aufmerksamkeit, die sonst dem allgemeinen Verkehrsgeschehen gewidmet werden könnte, zum anderen kann das Ausweichen von Radfahrer:innen bei Gefahrenquellen wiederum zu Unfällen führen. Diese Gefahrenquellen können aus dem schlechten baulichen Zustand der Infrastruktur entstehen (Schlaglöcher oder Wurzeln) sowie aus der Infrastruktur selbst (Bordsteine, Kanten, Schwellen oder Gleise). Gerade Bahngleise sind für ihr Sturzpotenzial bei allen Zweiradfahrenden notorisch.

Wie also wirkt sich die Angst vor einem Unfall oder Sturz auf den Fahrkomfort und das Stressgefühl beim Radfahren aus?

## **WIE WERDEN BODENUNESENHEITEN BEI UNTERSCHIEDLICHEN GESCHWINDIGKEITEN WAHRGENOMMEN?**

Dass Unebenheiten zu Erschütterungen führen und diese Erschütterungen bei hohen Geschwindigkeiten deutlich unangenehmer werden, sollte niemanden verwundern, schließlich wird sich bei Bodenwellen genau dieses Phänomen zunutze gemacht, um motorisierten Verkehr an Gefahrenstellen zu verlangsamen.

Umgekehrt sind diese bei falscher Verwendung wiederum ein Risiko für Radfahrer:innen, Bodenwellen die dazu ausgelegt sind ein tonnenschweres Fahrzeug mit Federung auszubremsen haben einen noch viel stärkeren Effekt auf ungebremste Fahrräder.

Es soll also untersucht werden, wie sich die Geschwindigkeit bei Unebenheiten auf das Empfinden des Fahrkomforts auswirkt.

## **WIE WIRKEN SICH UNEBENHEITEN AUF DAS FAHRVERHALTEN DER FAHRRADFAHREN-DEN AUS?**

Das Risiko von Unfällen durch das Ausweichen bei Gefahrenstellen wurde schon erwähnt. Die Straßenverkehrsordnung (StVO) sieht vor, dass Radfahrer\*innen trotz eines benutzungspflichtigen Radweges auf der Straße fahren dürfen, wenn dieser durch Verschmutzung oder Schäden nicht nutzbar ist. Dies birgt zusätzliches Konfliktpotenzial, handelt es sich bei diesen Stellen um jene, an denen aufgrund der Gefahren schon ein Radweg eingerichtet wurde. Dazu kommt das Unverständnis anderer, motorisierter Verkehrsteilnehmer, welches zu teils stressigen und gefährlichen Situationen führen kann.

Auch können schlechte Straßenzustände dazu führen, dass Radfahre\*r\*innen nur kürzere Strecken zurücklegen oder bei weniger agilen Radfahrer\*innen zu der Frage führen, ob sie sich überhaupt sicher genug fühlen mit dem Rad zu fahren.

# HINTERGRUND | STAND DER FORSCHUNG

## AUSWIRKUNGEN VON UNEBENHEIT AUF DAS FAHRRADFAHREN

Intuitiv meiden viele RadfahrerInnen unebene Straßenbereiche und Oberflächen wie Kopfsteinpflaster oder Schotter. Deshalb stellt sich die Frage, was für Auswirkungen die Straßenoberfläche tatsächlich auf die FahrradfahrerInnen hat.

### Energieverbrauch beim Fahrradfahren

Das UPI (Umwelt- und Prognose-Institut) in Heidelberg hat in seinem 41ten Bericht „Entwicklungen und Potenziale des Fahrradverkehrs“ u.a. nachgewiesen, dass der Energieverbrauch beim Fahrradfahren auf einem maschinell eingebauten Feinasphalt, im Gegensatz zu einer Oberfläche aus Betonverbundsteinen, sich um ca. 40% senkt. Da das Fahrrad mit biologischer Energie angetrieben wird, vergrößert sich die erreichbarer Zielfläche in realistischer Fahrzeit um bis zu 50% (UPI, 2020). Der höhere Energieaufwand kommt daher, dass das Rad bei jeder Unebenheit angehoben und abgesenkt wird. Dabei wird die Energie, der ursprünglich horizontalen Bewegungslinie, in eine vertikale Bewegung umgelenkt und geht so teilweise für die Fortbewegung verloren (siehe Abb.4). D.h. jedes Anheben und Absenken bremst das Fahrrad. Zusätzlich geht ein Teil der Energie als Wärme verloren, da bei stärkerer Rauheit auch das Walken der Reifen sich erhöht, d.h. sie sich stärker elastisch verformen (Herrmann & Steinmetz, 2014).

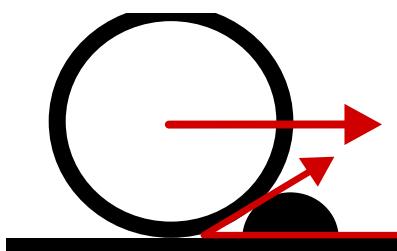


ABB.4: RAD ÜBERROLLT HINDERNIS (EIGENE DARSTELLUNG NACH HERRMANN & STEINMETZ, 2014)

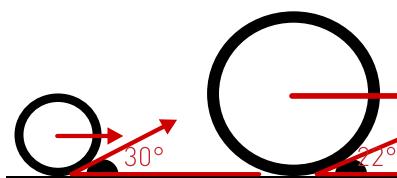


ABB.5: VERGLEICH WINKEL BEI KLEINEM UND GROSSEM RAD (EIGENE DARSTELLUNG NACH HERRMANN & STEINMETZ, 2014)

Auch das Fahrverhalten und die Belastung an der Fahrer:in und am Rad verändert sich. Bei größeren Unebenheiten wie z.B. Rinnsteinen auf der Fahrbahn, bremsen die meisten Fahrer:innen ab und beschleunigen anschließend wieder. Diese muskuläre Belastung in Intervallen ist weniger gleichmäßig und deshalb ungünstiger.

Zusätzlich muss die Fahrer:in bei einer unebenen Oberfläche die Ersschütterungen abfedern und das Rad trotz Umlenkungen durch den Untergrund unter Kontrolle halten. Dies verlangt mehr Kraftanstrengung für Haltearbeit und Körperspannung in Händen, Armen, Schultern, Beinen und Rücken, die dann für die Fortbewegung fehlt.

Bei einem spürbar schlechten Untergrund ist auch der psychologische Effekt nicht zu vernachlässigen. Viele Leute neigen dazu Kraft zu sparen und Mensch, Material und Gepäck zu schonen und reduzieren daher weiter die Geschwindigkeit.

## **Maßnahmen durch die Fahrer\*innen**

Ein größeres Rad wird durch seinen flacheren Aufrollwinkel weniger stark abgelenkt und ist deshalb angenehmer zu fahren (siehe Abb.5).

Durch eine Federung am Rad werden zwar stärkere Stöße abgefangen und so weniger Energie verbraucht, schnell aufeinanderfolgende, erzeugt durch einen Plattenbelag, kann sie jedoch nicht ausgleichen.

## **Sicherheit beim Fahrradfahren**

Zum Vermeiden von Unfällen ist eine ständige Aufmerksamkeit für den übrigen Verkehr notwendig. Eine schlechte Fahrbahnoberfläche, wechselnde Radwegebeläge, Absenkungen an Ausfahrten, zu querende Rinnsteine im Kreuzungsbereich, Verschmutzungen und die Ausweichbewegungen vor den gröbsten Unebenheiten usw. lenkt dabei ab (siehe Abb.6 und 7). Außerdem sind beim Radfahren der Anteil von Alleinunfälle ca. 90% und diese werden durch schlechte Oberflächen mitverursacht. Besonders betroffen sind dabei ältere und jüngere Fahrer\*innen.

## **Schlussfolgerung**

Eine hohe Oberflächenqualität bedeutet nicht schlicht mehr Komfort und Sicherheit für die VerkehrsteilnehmerInnen, sondern ist verkehrsökologisch essenziell, um ein möglichst großes Gebiet mit begrenztem Kraftaufwand zu erschließen. D.h. sie ermöglicht die Fahrradverkehrspotenziale zu entwickeln und zu erweitern und dabei mehr FahrradfahreInnen auf die Straße zu bringen (Herrmann & Steinmetz, 2014). Dabei haben Untersuchungen ergeben, dass bei einer guten Straßenqualität der Einsatzbereich von Fahrrädern rund doppelt so groß ist wie bei Radwegen aus Betonverbundsteinen und 4-mal so groß wie bei unbefestigten oder schlechten (UPI, 2020).



ABB.6: ZU SCHMALER RADWEG MIT VIELFACHEN BELAGSWECHSELN, HÖHEN-UNTERSCHIEDEN UND WEITEREN HINDERNISSEN (HERRMANN & STEINMETZ, 2014)



ABB.7: FÜR RADVERKEHR OPTIMIERTER WEG AUF EINER KOPFSTEINPFLAS-TERSTRASSE, BERLIN (HERRMANN & STEINMETZ, 2014)

## MESSUNG VON UNEBENHEITEN

Für die Messung der Längsebenheit, also der Unregelmäßigkeit in der Wegeoberfläche in Fahrtrichtung, wird die Auslenkung der Kraft aus der Fahrtrichtung als Beschleunigungswert in andere Richtungen als der ursprünglichen Bewegungsrichtung gemessen. Angegeben wird das in  $m/s^2$ . Diese ist umso größer, je höher die Geschwindigkeit und je stärker die Unebenheit ist (siehe Tabelle 1).

Neben der Stärke sind auch die Richtung, Frequenz und Dauer der Beschleunigung wichtig für den menschlichen Körper. Besonders empfindlich reagiert er auf eine Frequenz von 4-8 Hz (Herrmann & Steinmetz, 2014; ISO 2631 „Mechanische Schwingungen und Stöße - Bewertung der Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den Menschen“).

## Niederlande

In den Niederlanden wurde schon 1999 das Messrad Meetfiets (siehe Abb. 9) für die dortige Fahrradlobby Fietserbond entwickelt und zur systematischen Radwegbefahrung verwendet. Die dann anhand der Vermessung bewertet und optimiert werden.

Die erfassten Daten werden in Echtzeit auf einem Display angezeigt und gleichzeitig in einem bordinstallierten Computer gespeichert, im Nachgang ausgewertet und aufbereitet und für die Arbeit mit den zuständigen Behörden genutzt.



ABB.8: XENOBIKE (XENOMATIK, 2024)



ABB.9: MEETFIETS (M+P, 2014)

Die eingebaute Sensorik (Stand 2014) erfasst neben Vibration (Beschleunigung), also Unebenheiten, die Position und Geschwindigkeit, Geräusche, Luftqualität und außerdem eine Videoaufnahme.

### Xenomatix (Belgien)

Xenomatix ist ein privates Unternehmen, das von der Europäischen Union kofinanziert wird. Seit 2022 bietet es das System XenoTrack, ein Festkörper-LiDAR-Sensor („laser imaging, detection, and ranging“), für die Straße an. Damit kann durch Laserscanning ein hochauflösendes digitales Modell der Straße (siehe Abb. 10 und 11) erzeugt werden, das außerdem unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit des messenden Fahrzeugs ist. Eingebaut im XenoBike (siehe Abb. 8) können damit auch Fahrradwege aufgenommen werden (Xenomatix).

### Deutschland (Stand 2014)

2011 veröffentlichte das Laboratorium für Straßenwesen der Universität der Bundeswehr München im Auftrag des Tiefbauamts der Stadt Rosenheim die Studie „Straße und Autobahn“. Hierfür wurde eine Messfahrrad entwickelt und grundsätzlich verschiedene Befestigungsarten untersucht und bewertet (siehe Tabelle 1). Nicht gewertet wurden dabei jedoch jegliche Bereiche gestört durch z.B. Bordsteinabsenkungen oder Rinnen. Auch bei den Beschleunigungssensoren wurde der Messbereich mit  $\pm 3g$ , bei einem typischen Fahr- und Messbetrieb treten Vibrationen von maximal  $\pm 5$  bis  $10 g$  auf (d.h. bei  $9,81 m/s^2$  je  $1g$  sind das  $\pm 29,43 m/s^2$ , statt  $49-98 m/s^2$ ), zu klein gewählt und die Abtastrate lag nur bei  $20 Hz$ , d.h. bei der Fahrtgeschwindigkeit von  $14-19 km/h$  wird durchschnittlich nur einmal pro ca.  $23$  Zentimeter Fahrstrecke gemessen. Bei dem Meetfiets ist sie  $48 kHz$ . Dadurch werden bei den Messungen die starken Ausschläge nicht aufgenommen und viele Erschütterungen übersehen (Herrmann & Steinmetz, 2014). Die unabhängige Zeitschrift „Fahrradzukunft“ veröffentlichte 2022 und 2023 Berichte über eigene Messungen getätigt mit Sensoren verbaut in Smartphones und ausgelesen durch die App „phyphox“, die am 2. Physikalischen Institut A der RWTH Aachen University entwickelt wurde. Dabei wurde festgestellt, dass eine Abtastung von ca.  $100 Hz$  ausreichend für die Beschleunigung ist, da alle paar Zentimeter Werte aufgenommen werden. Für ein Frequenzspektrum wird es jedoch erst bei  $500 Hz$  (z.B. Samsung S21) interessant (Schulz, 2023). In den folgenden Seiten werden einige der Messungen als Beispiele aufgeführt.

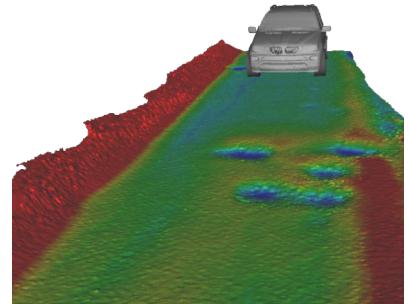


ABB.10: 3D MODELL AUS EINER LIDAR XENOTRACK AUFNAHME (EIGENE DARSTELLUNG NACH XENOMATIX, 2023)



ABB.11: 2D PROJIZIERUNG EINER LIDAR XENOTRACK AUFNAHME (XENOMATIX, 2023)

	Oberfläche	Gesamt-mittelwert [m/s <sup>2</sup> ]
1	Asphalt neu	0,168
2	Platten neu	0,293
3	Asphalt alt	0,312
4	Platten alt	0,314

TABELLE 1: ABSTUFUNG OBERFLÄCHENAUSFÜHRUNG (STRASSE UND AUTOBAHN, 2011)

## BAULICHE EMPFEHLUNGEN AN DIE DECKSCHICHTEN

Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen hat in ihren Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (FGSV, 2010) einige Anforderungen an den Fahruntergrund aufgestellt. Ebenso veröffentlichte das UPI vor einigen Jahren entsprechende Richtlinien (UPI, 2020).

Radwege müssen dauerhaft ebene Oberflächen mit möglichst geringem Rollwiderstand haben, damit RadfahrerInnen mit begrenztem Kraftaufwand möglichst weit kommen. D.h. sie sollten grundsätzlich hinsichtlich Ebenheit und Glattheit dieselbe Qualität wie Straßen für Kraftfahrzeuge aufweisen. Besonders wichtig ist dieser Aspekt bei höheren Fahrgeschwindigkeiten, da dabei die Auswirkungen von Unebenheiten verstärkt werden (Ministerium für Verkehr BaWÜ, 2018, siehe Abb. 18 und 19).

Eine Fahrbahn aus Asphaltfeinbeton hat die nötige Glattheit und die notwendige Ebenheit wird durch einen entsprechenden Unterbau in Straßenqualität und eine maschinelle Verlegung des Asphalts erreicht.

In Deutschland ist der Aufbau von Radwegen nur 20 bis maximal 40cm hoch. Für eine langlebige Längsebenheit ist jedoch ein Aufbau wie bei KFZ-Straßen von bis zu 90cm notwendig, weshalb die Niederlande mittlerweile darauf setzt (Herrmann & Steinmetz, 2014). Auch schon bei einer händischen Verlegung desselben Oberflächenmaterials lässt sich keine ausreichende Längsebenheit erreichen (UPI, 2020).



ABB.12: FLACHBORDSTEIN (MINISTERIUM FÜR VERKEHR BAWÜ, 2018)



ABB.13: RAMPENSTEINE (MINISTERIUM FÜR VERKEHR BAWÜ, 2018)

Besonders bei Nässe ist eine hohe Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche notwendig um Unfälle zu vermeiden. Dies gilt verstärkt für ältere Menschen.

Genauso ist eine Allwettertauglichkeit notwendig. D.h. die Fahrbahn muss eine gute Entwässerungseigenschaften zur Vermeidung von Pfützenbildung und aufspritzendem Schmutz aufweisen, sie sollte nicht zu Staubbildung neigen und bei Schnee gut räumbar sein.

Da Fahrräder im Gegensatz zu Kraftfahrzeugen kaum gefedert sind sollten Radverkehrsanlagen erschütterungsfrei befahrbar sein, weshalb Höhenunterschiede zu vermeiden sind.

Das heißt Querungen und Auffahrten, besonders bei Radschnellverbindungen, sind niveaufrei auszuführen und 2-5cm Bordsteine sind zu vermeiden. Zur Orientierung von Sehbehinderten müssen ggfs. Blindenfühlplatten eingesetzt werden.

Bei Einfahrten und Einmündungen werden für die Längsebenheit Rampensteine (Abb. 13) empfohlen, damit die Absenkung der Fahrbahn durch Flachbordsteine (Abb. 12) vermieden werden kann.

#### Beispielmessung – Erschütterung bei verschiedenen Oberflächen

Die „Fahrradzukunft“ hat das Teilstück Langen-Engelsbach auf der Raddirektverbindung zwischen Darmstadt und Frankfurt (FRM1) (Abb. 15) mit Smartphonesensoren und phyphox vor und nach deren Umbau untersucht.

Zuvor bestand die Oberfläche am Ortsausgang Langen aus feinem Split, dann kamen einige Pflastersteine und eine Holzbrücke, die in den asphaltierten Leukertweg mündete. Dieser wurde sehr bald von einem schlecht zu befahrenden Feldweg mit Löchern und gröberen Steinen abgelöst, die wiederum von einer Brücke aus hölzernen Querbalken weitergeführt wurde und dort im Ortseingang Engelsbach wieder auf einem asphaltierten Weg endete.

Nach dem Umbau ist der Weg komplett mit einem sehr ebener breiter Asphaltbelag ausgeführt, die erste Brücke wurde ersetzt mit einer mit nah aneinander liegenden Betonträgern und nur die zweite Brücke ist noch im Originalzustand.

Aus den Messdaten (Abb. 14) ist die Verbesserung der Oberflächenqualität deutlich abzulesen. Die Schwankungen von  $a_z$  sind deutlich leichter geworden, besonders im Bereich des ehemaligen Splits und des Feldweges (Scholz, Petermann, 2022).

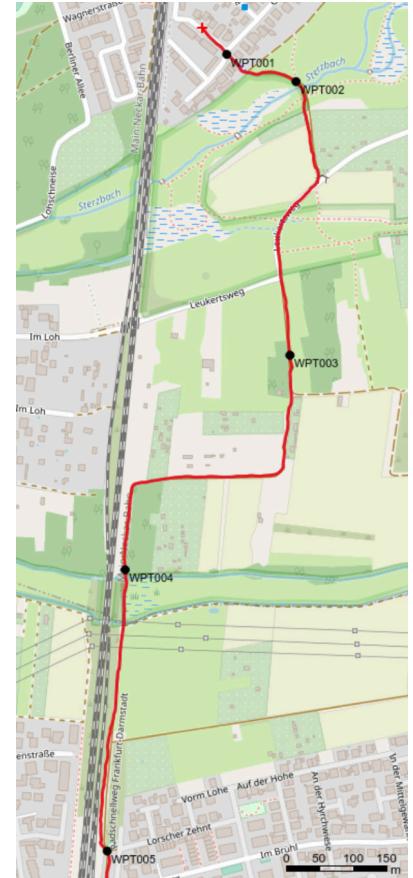


ABB.15: STRECKENVERLAUF DES BEMESSENEN TEILSTÜCK LANGEN-ENGELSBACH (SCHOLZ, PETERMANN, 2022)

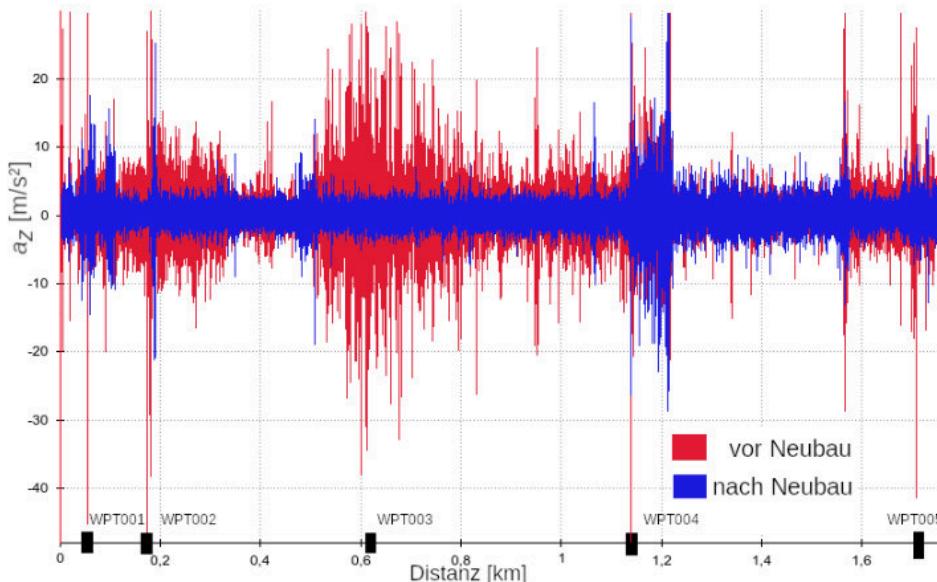


ABB.14: BESCHLEUNIGUNGSMESSWERTE DES TEILSTÜCKS LANGEN-ENGELSBACH (SCHOLZ, PETERMANN, 2022)

- Markante Punkte mit großen Beschleunigungs-werten:
- WPT001
- \_Bordsteinkante quer zur Fahrtrichtung
- WPT002
- \_kleine Holzbrücke, davor einige Pflastersteine
- WPT003
- \_Feldweg, vermutlich Fahrt über einen Stein
- WPT004
- \_Steinkante vor der Fahrt über eine Holzbrücke
- WPT005
- \_sonstige unebene Stelle

In einer genaueren Betrachtung einiger Wegpunkte wurde außerdem die Abhängigkeit von  $a_z$  von der Fahrgeschwindigkeit untersucht.

WPT001 – Bordsteinkante und Auswirkung von Geschwindigkeit

Zuvor war dort eine abgesenkte Bordsteinkante quer zu Fahrtrichtung (siehe Abb. 16), die dann mit einer niveaugleichen Asphaltdecke mit farbigen Markierungen ersetzt wurde (siehe Abb. 17).

Die Messungen zeigen eine klare Verbesserung und wie erwartet ist der einmalige Ausschlag von über  $\pm 40 \text{ m/s}^2$  ausgeblieben und mit ca.  $\pm 8 \text{ m/s}^2$  nur ein Fünftel so hoch (siehe Abb. 18).

Hier sind bei der höheren Geschwindigkeit selbst bei dem verbesserten Untergrund stärkere  $a_z$ -Werte zu erkennen, die wahrscheinlich



ABB.16: BORDSTEIN (SCHOLZ, PETERMANN, 2022)

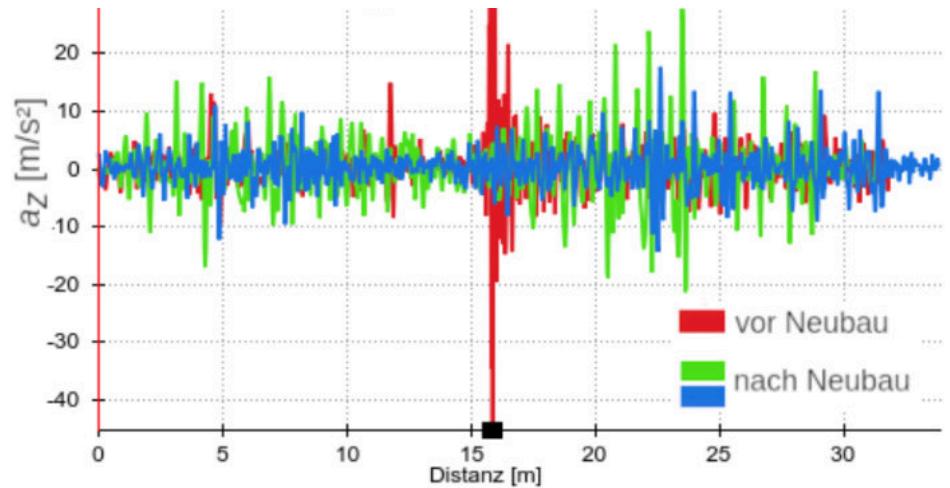


ABB.18: ERSCHÜTTERUNGEN IM BEREICH UM WPT001 (SCHOLZ, PETERMANN, 2022)



ABB.17: ASPHALT MIT FARBMARKIERUNGEN (SCHOLZ, PETERMANN, 2022)

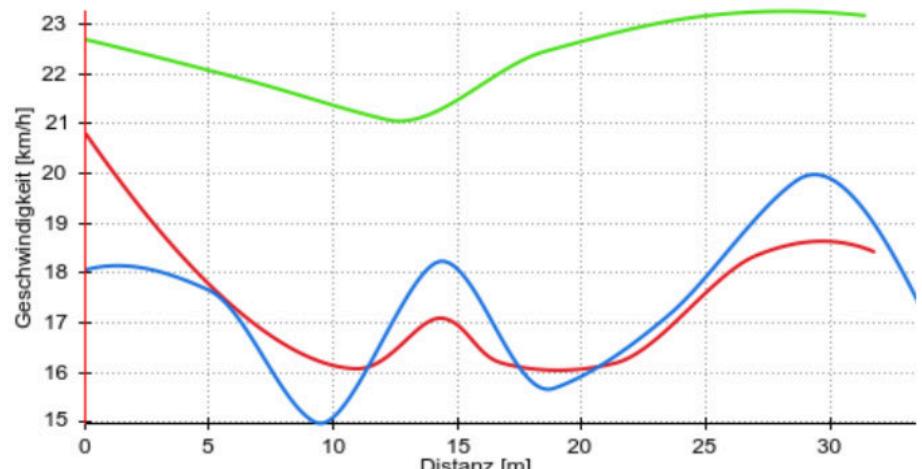


ABB.19: FAHRGESCHWINDIGKEIT IM BEREICH UM WPT001 (SCHOLZ, PETERMANN, 2022)

durch die farblichen Markierungen erzeugt wurden und die Geschwindigkeit verstärkt wurden. Die Erschütterungen sind aber immer noch deutlich kleiner als vor dem Umbau (siehe Abb. 18 und 119).

#### WPT003 – Auswirkung von Geschwindigkeit auf Feinasphalt

Hier wurde der Feldweg aus grobem Split, Schottersteinen und vielen Löchern mit glattem Asphalt ersetzt (siehe Abb. 22).

In diesem Beispiel ist die Verbesserung sehr deutlich abzulesen, außerdem ist zu erkennen, dass bei einer solchen Asphaltoberfläche der maximale Betrag von  $a_z$  nahezu unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit ist (siehe Abb. 20 und 21, was wiederum für Radschnellwege wichtig ist (Scholz, Petermann, 2022).

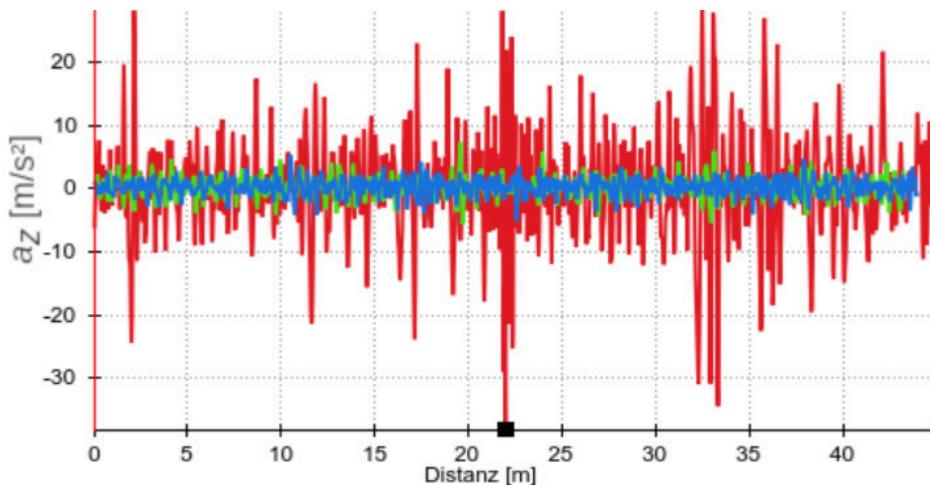


ABB.20: ERSCHÜTTERUNGEN IM BEREICH UM WPT003 (SCHOLZ, PETERMANN, 2022)

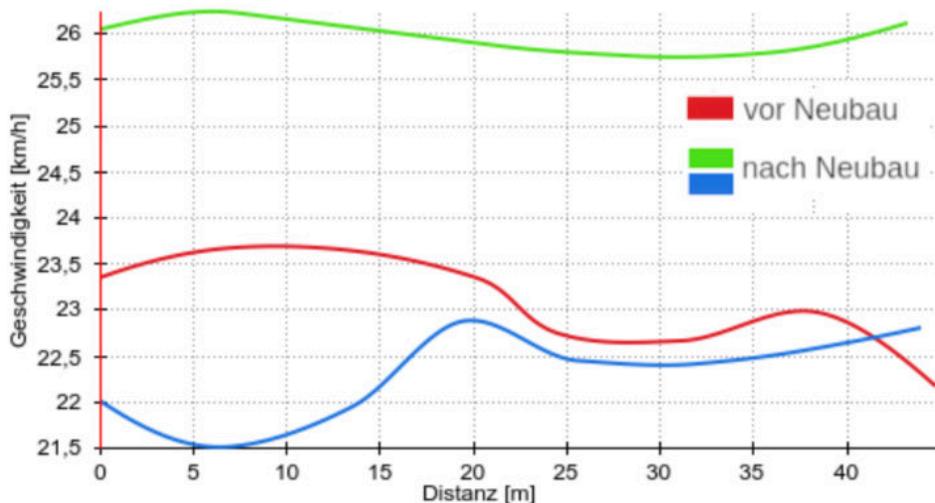


ABB.21: FAHRGESCHWINDIGKEIT IM BEREICH UM WPT003 (SCHOLZ, PETERMANN, 2022)

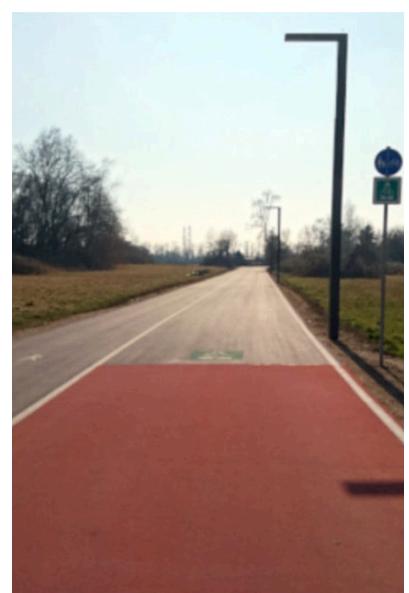


ABB.22: FEINASPHALT IM BEREICH WPT003 (SCHOLZ, PETERMANN, 2022)



ABB.23: LANGFRISTIGER SANIERUNGSBEDARF (MINISTERIUM F. VERKEHR BAWÜ, 2018)



ABB.24: MITTELFRISTIGER SANIERUNGSBEDARF (MINISTERIUM F. VERKEHR BAWÜ, 2018)



ABB.25: KURZFRISTIGER SANIERUNGSBEDARF (MINISTERIUM F. VERKEHR BAWÜ, 2018)

## OBERFLÄCHENMATERIALIEN UND IHRE LEISTUNG (siehe Tabelle 2)

### Asphalt (Abb.28)

Maschinell eingebauter Asphalt erfüllt die zuvor aufgeführten Anforderungen am besten und ist deshalb zu bevorzugen. Eine Ausführung in Straßenqualität hat außerdem eine hohe Längsebenheit und durch den höheren Aufbau eine höhere Langlebigkeit.

### Pflaster- und Plattendecken (Abb. 29)

Bei einem solchen Bodenbelag erzeugend die Fugen einen höheren Rollwiderstand, deshalb ist ihrer Anwendung, trotz ihrer momentanen Beliebtheit, im Neubau abzuwagen. Empfohlen werden großformatige (Länge z.B. 40 cm) und ungefasste Betonsteine (keine Randabschrägungen).

### Ortbetondecken (Abb. 27)

Die Fugen in Ortbetonwegen erzeugen einen geringeren Fahrkomfort, weshalb sie nur Außerorts verwendet werden sollten

### Natursteinplatten (Abb. 30)

Sie sind uneben und deshalb ungeeignet für längere Abschnitte. Angewendet werden sollten sie im historischen Umfeld oder zum Schutz von Einzelbäumen. Für eine Erhöhung des Fahrkomfort können geschnitten Platten gewählt und die Fugen vergossen werden. Letzteres ist jedoch eine weitere Versiegelung des Untergrundes.

### Ungebundene Deckschichten (Kieswege u.ä.) (Abb. 26)

Sie haben einen doppelt so hohen Rollwiderstand, dabei gibt es große Unterschiede zwischen feinem und groben Material, und sind deshalb nur für Freizeitwege geeignet.

(FGSV, 2010; Ministerium für Verkehr BaWü, 2018; UPI, 2020)

## MASSNAHMEN ZUM ERHALT DER OBERFLÄCHENQUALITÄT

Die Fahrradwege müssen durch regelmäßige Reinigung und Winterdienst frei von Schmutz und Eis gehalten werden.

Außerdem sollten besonder für Radschnellwege kurzzeitige Sanierungsbedarfe unzulässig und es sollten nur langfristig vorhanden sein (siehe Abb. 20,21 und 22; FGSV, 2010; Ministerium für Verkehr BaWü, 2018).

## WEITERE ASPEKTE DER FAHROBERFLÄCHE

### Infrastruktur

Das Überfahren bei unter 50° von Gleisen birgt eine erhebliche Sturzgefahr. Eine solche Wegeführung sollte schon in der Planung vermieden werden. Als nachträgliche Maßnahme können Streifenrillen Dichtprofile angebracht werden.

Auch Entwässerungselemente, besonders die Rillen von Gullideckeln erzeugen eine erhöhte Sturzgefahr. Aber auch die Querneigung der Oberfläche für ein Ablaufen von Wasser hat einen Einfluss auf das Fahrverhalten und Stressempfinden der FahrerInnen

### Umweltschutz

Zum Schutz von Wurzel werden oft offenporigen Betonsteinpflasterbeläge oder Kleinpflasterbeläge verlegt, die einen unebenen Untergrund bilden (FGSV, 2010; Ministerium für Verkehr BaWü, 2018)



ABB.26: KIES

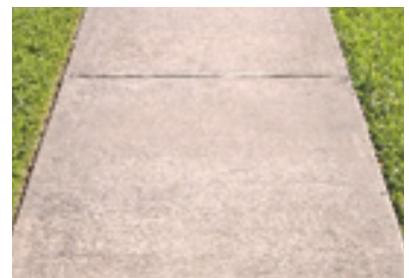


ABB.27: ORTBETON



ABB.28: FEINASPHALT



ABB.29: BETONVERBUNDPLASTER



ABB.30: NATURSTEINPLATTEN

Radweg				Fahrradverkehr		
Material	Art des Radwegs	Eigenschaft	Fertigung	Energie-verbrauch	Einsatz-bereich	
Feinasphalt	Straßenqualität	längseben	Straßenfertiger	100%	100%	
	"Radwegequalität"	schlechte Längsebenheit		120%	70%	
Betonverbundpflaster		ungefast	Walze	130%	60%	
		gefаст		140%	50%	
		Fugen				
Ortbeton		uneben				
		feines Material		150%	45%	
Natursteinplatten	wassergebunden	grobes Material		200%	25%	

TABELLE 2: ENERGIEVERBRAUCH UND EINSATZBEREICH DES FAHRRADVERKEHRS IN ABHÄNGIGKEIT VON DER OBERFLÄCHENBESCHAFFENHEIT DER RADVERKEHRSANLAGEN; STRASSENQUALITÄT = 100% (UPI, 2020)

## METHODIK

In einem ersten Versuch, die Qualität von Oberflächen zu beurteilen werden die zu untersuchenden Straßen mittels Satellitenbilder und Fotos angesehen und die unterschiedlichen Bodenbeläge visuell nach ihrer Ebenheit eingeordnet (Abb. 33). Jedoch ist eine genaue Einordnung aufgrund der teils ungenügenden Auflösung der Bilddaten so nur schwer möglich. Es lassen sich auch keine Korrelationen zu gemessenen MOS ziehen, bei punktuellen Schadstellen lässt sich nicht nachvollziehen, ob ein Radfahrer tatsächlich über diese Schadstelle gefahren ist und dadurch ein MOS ausgelöst wurde oder nicht, da der genaue Fahrweg nicht aufgezeichnet wird.

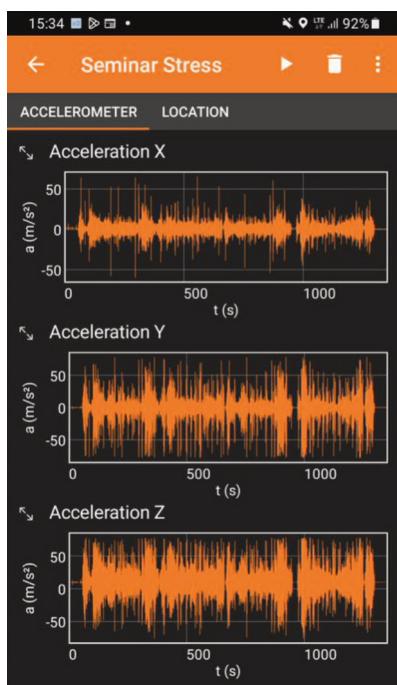


ABB.31: SCREENSHOT PHYPHOX APP BEMESUNG

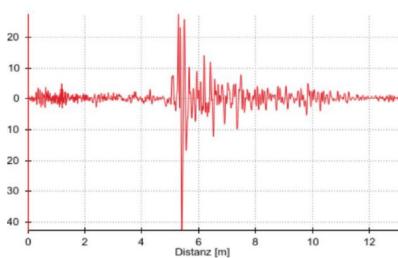


ABB.32: BEISPIEL VIBRATIONSGRAFIK  
(SCHOLZ, PETERMANN, 2022)

Eine direkte Erschütterungsmessung am Fahrrad behebt dies, hierbei wird nicht die allgemeine Unebenheit der Straße, sondern explizit die des Fahrwegs des Fahrrads gemessen. Bausätze für Erschütterungsmessungen mittels Beschleunigungssensor und Mikroprozessor (Raspberry Pi o.Ä.) sind frei verfügbar, die Messungen sind jedoch auf bestimmte Testfahrräder limitiert. Dies ist insbesondere dann ein Hindernis, wenn das Ziel ist möglichst flächendeckende Daten zu sammeln. Auch die genaue Zuordnung der Daten gestaltet sich schwierig, da sich hierbei nur die Erschütterung im Verhältnis zur Zeit messen lässt, nicht als geolokalisierte Daten wie die Stressmessungen. Korrelationen aus diesen beiden Datensätzen festzustellen ist also nur dann möglich wenn beide exakt synchronisiert sind.

Mittels der vom 1. Physikalischen Instituts der RWTH Aachen entwickelten App „Phygmy“ lassen sich diverse Sensoren eines Smartphones parallel auslesen. So lassen sich die Daten des Beschleunigungssensors und des GPS-Sensors parallel auslesen, um eine geolokalisierte Erschütterung zu messen. Die zwei Sensoren werden jedoch in unterschiedlicher Frequenz ausgelesen, je nach Modell des Smartphones haben die Beschleunigungssensoren Erfassungsraten von  $\pm 200\text{Hz}$ , der GPS-Sensor von etwa  $1\text{Hz}$  (Abb. 31 und 32). Die von der App ausgelesenen CSV-Dateien müssen also durch ein Skript weiter bearbeitet werden, um die Daten der Beschleunigungssensoren entlang der GPS-Daten zu interpolieren. Die hieraus resultierende GPX-Datei lässt sich dann mittels eines GIS-Programms darstellbar machen um sie mit den Messungen der MOS zu vergleichen (Abb. 34). Bei der Auswahl des Smartphones ist auf die Erfassungsraten der Beschleunigungssensoren zu achten, wenn eine Frequenzanalyse angestrebt wird um die für den menschlichen Körper besonders schädlichen Frequenzen von  $4\text{-}8\text{Hz}$  zu erkennen sind Erfassungsraten von über  $500\text{Hz}$  nötig.

## METHODIK 1 : BODENFLÄCHEANALYSE

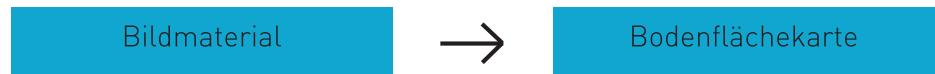


ABB.33: GRAFIK BODENFLÄCHE

## METHODIK 2 : MESSUNG DIE VERBINDUNG ZWISCHEN VIBRATION DIE BODENFLÄCHE UND DAS STRESS

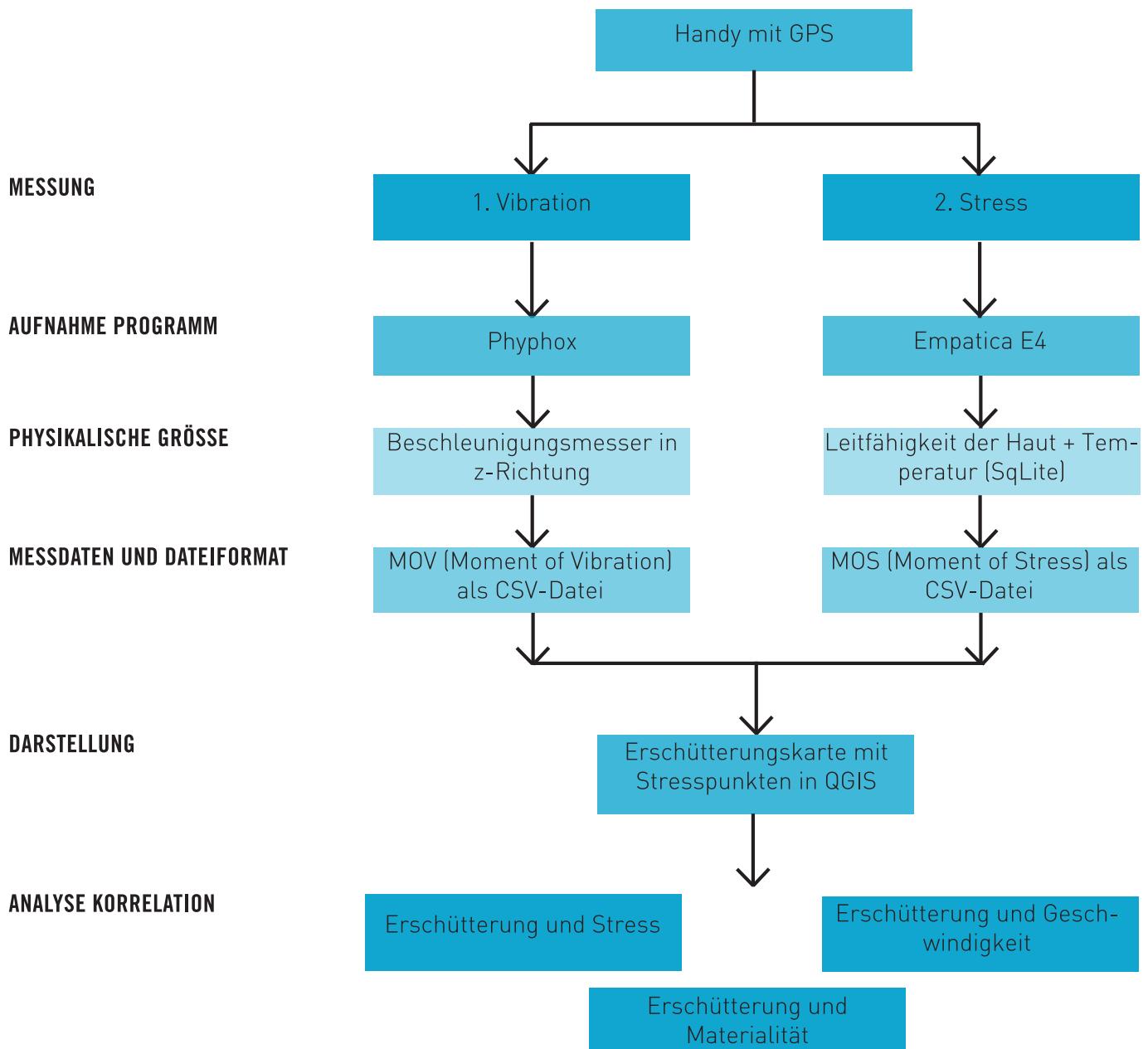


ABB.34: GRAFIK VIBRATION UND STRESSKORRELATION

# DURCHFÜHRUNG

## ÜBERPRÜFEN DER METHODE

Zunächst haben wir vorbereitende Analysen durchgeführt. Anhand von Karten und Satellitenbildern. Mithilfe der MOS-Daten (Moment of Stress) eines Radfahrers, der die verschiedenen Forschungsstandorte abgefahren ist, und der Kenntnis der verschiedenen Bodenbeläge haben wir eine erste Korrelation zwischen Stress und der Qualität des Bodenbelags hergestellt. Ausgehend von einer ersten Intuition und unseren Recherchen haben wir festgestellt, welche Materialien für den Radfahrer am unebsten und damit am unbeständigen sind, bis hin zu den ebensten und damit am bequemsten. Dies reicht von orange (am unebsten) bis grün (am ebensten).

Asphalt



Große/kleine/erhabene Pflaster



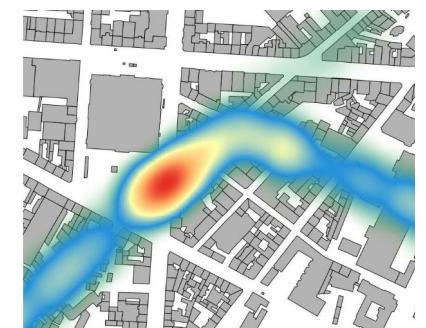
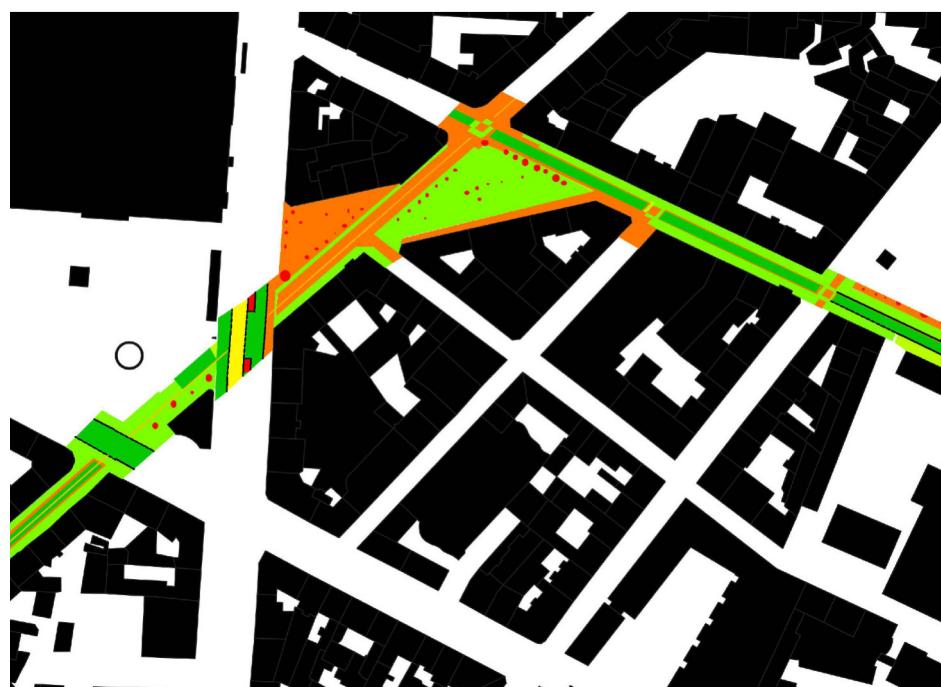
Kopfsteinpflaster



Schwelle



ABB.35: ÖBERFLÄCHENMATERIALIEN SKALA



### LEGENDE

Eben

Uneben

----- Höhenunterschied

ABB.36: BLITZANALYSE BODENBESCHAFFENHEIT K1

## BLITZANALYSE



ABB.37: ANALYSE K1 IM BILD

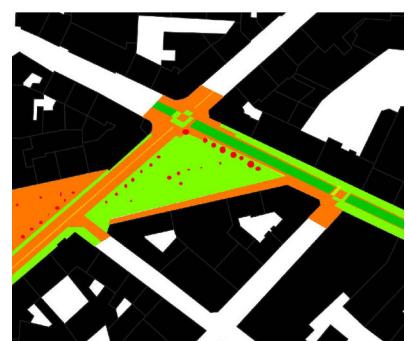


ABB.38: FOKUS BEREICH K1

## ERSTE MESSUNG

Bei der ersten Messung wurden im Gehen Erschütterung und GPS-Koordinaten parallel gemessen, hierbei ging es primär darum eine Datengrundlage zu erhalten an der die weitere Verarbeitung der Daten gelernt werden konnte.

Wir machen eine Bestandsaufnahme der verschiedenen Bodenbeläge, die sich an den Untersuchungsorten in Karlsruhe befinden können. Man bemerkt die Form der Materialien, von denen man bereits feststellen kann, dass sie für den Nutzer mehr oder weniger angenehm sind. Man beobachtet auch den allgemeinen Zustand der Beläge, der bei manchen sehr schlecht sein kann (Abb. 36).

## ZWEITE MESSUNG : EINRICHTUNG FÜR DIE FAHRT



ABB.39: HANDYS SET-UP

Das Handy ist festgelegt auf dem Fahrradrahmen.



ABB.40: STRESSBEMESSUNG UHR

Das Messarmband wird am Handgelenk des Nutzers befestigt. Es ist mit dem Messtelefon verbunden.

Eine Kamera wird an der Brust des Nutzers angebracht, um die Fahrt auf Video aufzuzeichnen. Zusätzlich zur Fahrt, die anhand der GPS-Koordinaten des Telefons aufgezeichnet wird, das Vibrationen und Stress misst.



ABB.41: KAMERA SET-UP

Das Fahrrad ist bereit, auf das Feld zur Messung von Stress und Vibrationen des Bodenbelags zu gehen! Los geht's!



ABB.42: FAHRRADLAUF

## **ZWEITE MESSUNG**

Bei der zweiten Messung wurde das Smartphone erstmals mittels einer verschraubten Halterung am Fahrrad angebracht. Verwendet wurde ein Rennrad vom Typ Enik Falzarego mit 20mm breiten Reifen um gezielt wenig Federwirkung der Fahrradteile zu erreichen. Eine vorbestimmte Strecke wurde abgefahren, um die Erschütterungsmessung am Fahrrad zu testen und erste Erkenntnisse zu gewinnen, wie sich verschiedene Bodenbeläge in den Messdaten bemerkbar machen. Mit diesen Daten konnten zum ersten Mal MOV die durch Bodenbeschaffenheit ausgelöst wurden auf einer Karte verortet werden.

## **DRITTE MESSUNG**

Bei der dritten Messung kamen zum ersten Mal alle Erfassungsmethoden zusammen, es konnten also auch Korrelationen von Stress und Erschütterung gemessen werden. Das Messtelefon wurde am Lenker des Fahrrads befestigt, möglichst zentral über dem Vorderrad, um genaue Daten zu erhalten. Das Messtelefon zeichnet neben den Erschütterungsdaten aus den Beschleunigungssensoren und den Standortdaten in einer zweiten Messung die MOS des per Bluetooth verbundenen Messarmbands auf. Das zweite Smartphone filmt, an der Brust des Nutzers befestigt die befahrene Strecke, um nachträgliche Auswertungen zu ermöglichen, beispielsweise ob sich gemessene MOS tatsächlich aus Erschütterungen, anderen räumlichen Gegebenheiten oder dem Verkehrsgeschehen ergeben.

Eine Strecke durch die beiden zu vertiefenden Gebiete K1 und K2 wurde je zwei Mal pro Richtung abgefahren um zwei Datensätze zu den jeweiligen Richtungsfahrbahnen/Straßenseiten zu erhalten. Dies erwies sich vor allem im Bereich einer temporären Baustellenumleitung am Markgräflischen Palais als nützlich, da hier Radfahrende die in östlicher Richtung unterwegs sind auf der Fahrbahn fahren, in westlicher Richtung jedoch auf den Bürgersteig umgeleitet werden.

## AUSWERTUNG DER MESSUNG

Um eine Korrelation zwischen Erschütterung und MOS zu untersuchen, wurden beide Datensätze in dem geografischen Informationssystem QGIS übereinandergelegt.

Die Erschütterungen wurden dann nach ihrer Stärke sortiert. Das geschah nach dem Vorbild von den Untersuchungen von Scholz & Petermann 2022. D.h.  $\pm 0 - 5 \text{ m/s}^2$  für leichte Erschütterung,  $\pm 5 - 10 \text{ m/s}^2$  für leichte mittlere,  $\pm 10 - 20 \text{ m/s}^2$  für starke mittlere,  $\pm 20 - 35 \text{ m/s}^2$  für starke,  $\pm 35 - 70 \text{ m/s}^2$  sehr starke und  $\pm 70 - 86 \text{ m/s}^2$  für extreme Erschütterungen. Dabei ist auffällig, dass Scholz & Petermann nur Maximalwerte bis  $\pm 40 \text{ m/s}^2$  gemessen haben und in unseren Messungen sogar Werte bis  $\pm 86 \text{ m/s}^2$  aufgetreten sind (siehe Abb. 46). Das könnte an der Wahl des Fahrrades liegen, da das Messrad in unserer Untersuchung ein ungefedertes Rennrad ist.

Danach wurden die MOS sortiert nach ihrer Entfernung von den sehr starken und den extremen Erschütterungspunkten. Die gewählten Radien sind 1m und 5m, in dem Versuch sowohl visuell wie auch durch die tatsächliche Erschütterung erzeugte Stressmomente zu erfassen (siehe Abb. 43, 44 und 45).

Schließlich wurden die Erschütterungspunkte einmal farblich codiert und einmal als eine Heatmap für alle MOV stärker als  $\pm 10 \text{ m/s}^2$  dargestellt. Diese Karten wurden dann mit den sortierten MOS überlagert und die Heatmap wurde noch mit den Geschwindigkeitswerten (siehe Abb. 47), dargestellt als Punkte von weiß bis schwarz, erweitert.

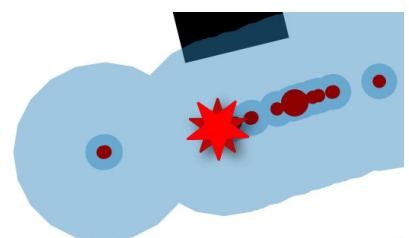


ABB.43: MOS IM RADIUS VON 1M UM MOV

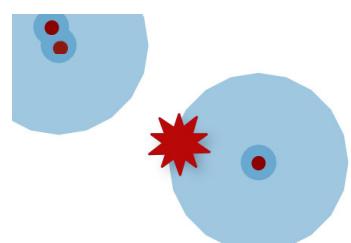


ABB.44: MOS IM RADIUS VON 5M UM MOV

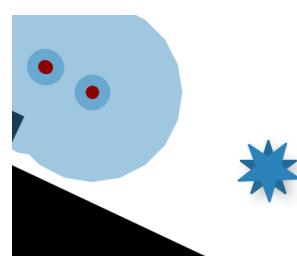


ABB.45: MOS ENTFERNT VON MOV

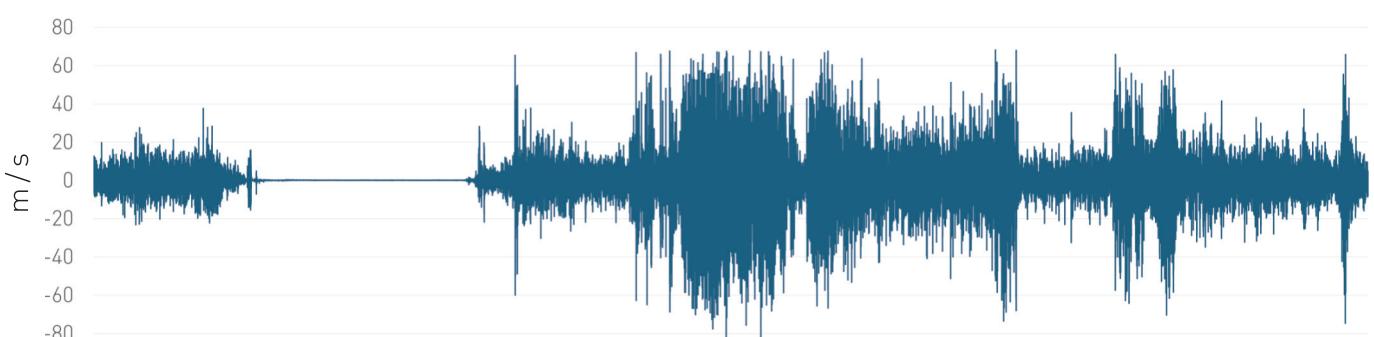


ABB.46: ERSCHÜTTERUNGEN VON EINER BEFAHRUNG VON K1 MIT FAHRTRICHTUNG WEST NACH OST



ABB.47: ZUGEHÖRIGE FAHRTGESCHWINDIGKEITSMESSTUNGEN

## **ERKENNTNISSE**

Allgemein lassen sich bei Betrachtung der Daten verschiedene Vibrationsstärken für verschiedene Materialien erkennen. Dies zeigt sich insbesondere in der Ähnlichkeit der vorab erstellten Karten mit den aus den Erschütterungsdaten generierten Heatmaps.

Auch lassen sich Korrelationen von MOS und Erschütterung feststellen, sowohl an Stellen mit konstantem, unebenen Fahrbahnbeflag wie auch an Orten mit häufigen Belagswechseln. Allgemein treten die MOS in Kreuzungsbereichen gehäuft auf, was Aussagen zu möglichen Kausalzusammenhängen an Kreuzungen mit Erschütterung und Stresspunkten wie Adlerstraße/Zähringerstraße und Markgrafenstraße/Kreuzstraße schwierig macht. An einigen Orten treten Korrelationen von MOS und Erschütterungen abseits von Kreuzungen auf, im Gedächtnisprotokoll des Fahrenden lässt sich das Unwohlsein auch tatsächlich auf die Erschütterung zurückführen.

Ferner lässt sich eine Tendenz erkennen, dass die Geschwindigkeit an Orten mit Erschütterung häufig niedriger ist, hierbei spielen sowohl der erhöhte Energieaufwand wie auch die erhöhte Erschütterung eine Rolle. Es sind jedoch weitere Erhebungen notwendig, um diese Tendenz bestätigen zu können.

## **SCHWIERIGKEITEN**

Die genaue Verortung von MOS gestaltet sich schwierig, da hierbei mehrere Faktoren berücksichtigt werden müssen. Zum einen sind die geolokalisierten Daten gerade in dicht bebauten Gebieten teils ungenau, bei einigen Datensätzen lassen sich Straße und Straßenseite akkurat nachverfolgen, bei anderen werden Messpunkte anstatt auf der Straße in angrenzenden Gebäuden verortet.

Hinzu kommt, dass bei Stressmessungen die Art der Wahrnehmung und die Latenz der Stressreaktion im Körper mit einbezogen werden muss. Wird ein Hindernis von Weitem gesehen und umfahren tritt der Stress schon vor Erreichen des Schlaglochs auf, der gemessene Stresspunkt befindet sich also in Fahrtrichtung vor dem Hindernis. Wird das Hindernis nicht umfahren und führt dadurch zu Stress wird dieser durch die leicht verzögerte Reaktion des Körpers erst hinter dem Hindernis detektiert. Bei der Überlagerung vieler Datensätzen ist also eine Gruppierung der Stresspunkte sinnvoll.

## DARSTELLUNG

Bei der Wahl der Darstellungen lassen sich leichte, aber wirksame Unterschiede erkennen: Bei einer Heatmap, die Messwerte von Punkten mit denen umliegender Punkte vergleicht, werden flächenmäßig verteilte Erschütterungen, wie durchgehend schlechter Belag hervorgehoben. Einzelne Erschütterungen wie bei Kanten oder Schwellen werden weniger stark dargestellt. Wenn mehrere Datensätze ausgewertet werden können sich bei der Überlagerung von Fahrwegen Trugschlüsse ergeben. Bei diesen nah aneinander liegenden Abschnitten werden Punkte verschiedener Messreihen zusammen gruppiert und erscheinen als häufigere Erschütterungen.

Auf einer Punktekarte, bei der jeder Erschütterungspunkt farblich markiert ist, lassen sich durchgehend schlechte Beläge ebenfalls finden, zusätzlich werden hohe Einzelausschläge besser sichtbar gemacht und die Trennungen verschiedener Materialien lassen sich genauer erkennen. Das Problem der Gruppierung verschiedener Messreihen tritt hierbei nicht auf.

## ERKENNTNISSE K1



ABB.48: ERSCHÜTTERUNGSKARTE K1



### LEGENDE

Erschütterungspunkte

- $\pm 0 - 5 \text{ m/s}^2$
- $\pm 5 - 10 \text{ m/s}^2$
- $\pm 10 - 20 \text{ m/s}^2$
- $\pm 20 - 35 \text{ m/s}^2$
- $\pm 35 - 70 \text{ m/s}^2$
- $\pm 70 - 86 \text{ m/s}^2$

MOS in Abständen zu Erschütte-  
rungspunkten von min.  $\pm 35 \text{ m/s}^2$

- MOS im Radius von 1m
- MOS im Radius von 5m
- MOS in größerer Entfer-

Fahrtgeschwindigkeit

- 0 - 3,5 km/h
- 3,5 - 4,7 km/h
- 4,7 - 5,5 km/h
- 5,5 - 6,0 km/h
- 6,0 - 7,1 km/h
- 7,1 - 10 km/h



ABB.49: HEATMAP K1



#### LEGENDE

Häufung von Erschütterungspunkten ab  $\pm 10 \text{ m/s}^2$  aufsteigend

Geringe Häufung



Starke Häufung

Auf der Waldstraße können zwischen Amalienstraße und Erbprinzenstraße hohe Erschütterungen gemessen werden. Dies bedingt sich durch das verlegte Kopfsteinpflaster und den häufigen Belagswechsel im Bereich Stephanplatz/Karlstraße. Auch lassen sich hier häufige MOS messen, jedoch muss hierbei auch die hohe Verkehrsdichte berücksichtigt werden.

Besonders viele Ausschläge über  $60 \text{ m/s}^2$  treten im Bereich der Waldstraße zwischen Karlstraße und Blumenstraße auf, hier sind auch am verlegten Pflaster starke Beschädigungen durch den örtlichen Lieferverkehr zu erkennen.

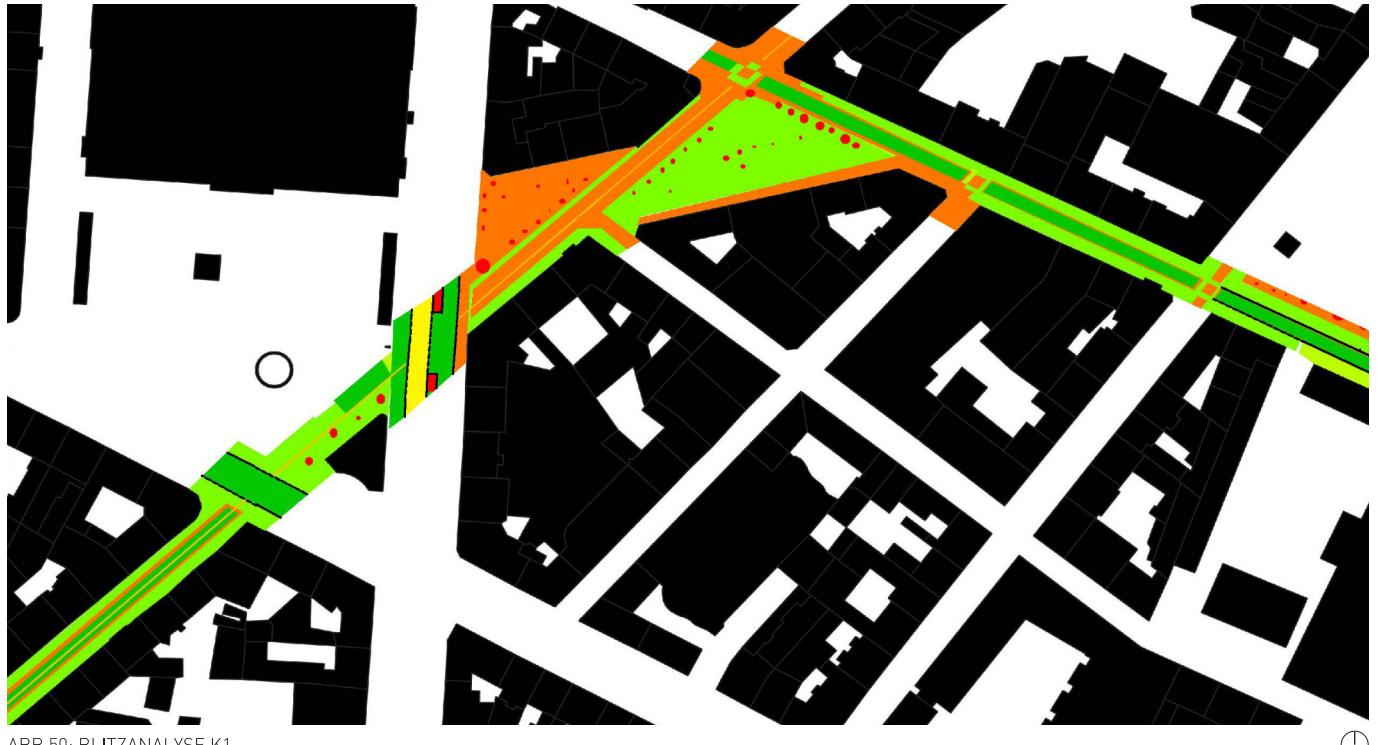


ABB.50: BLITZANALYSE K1

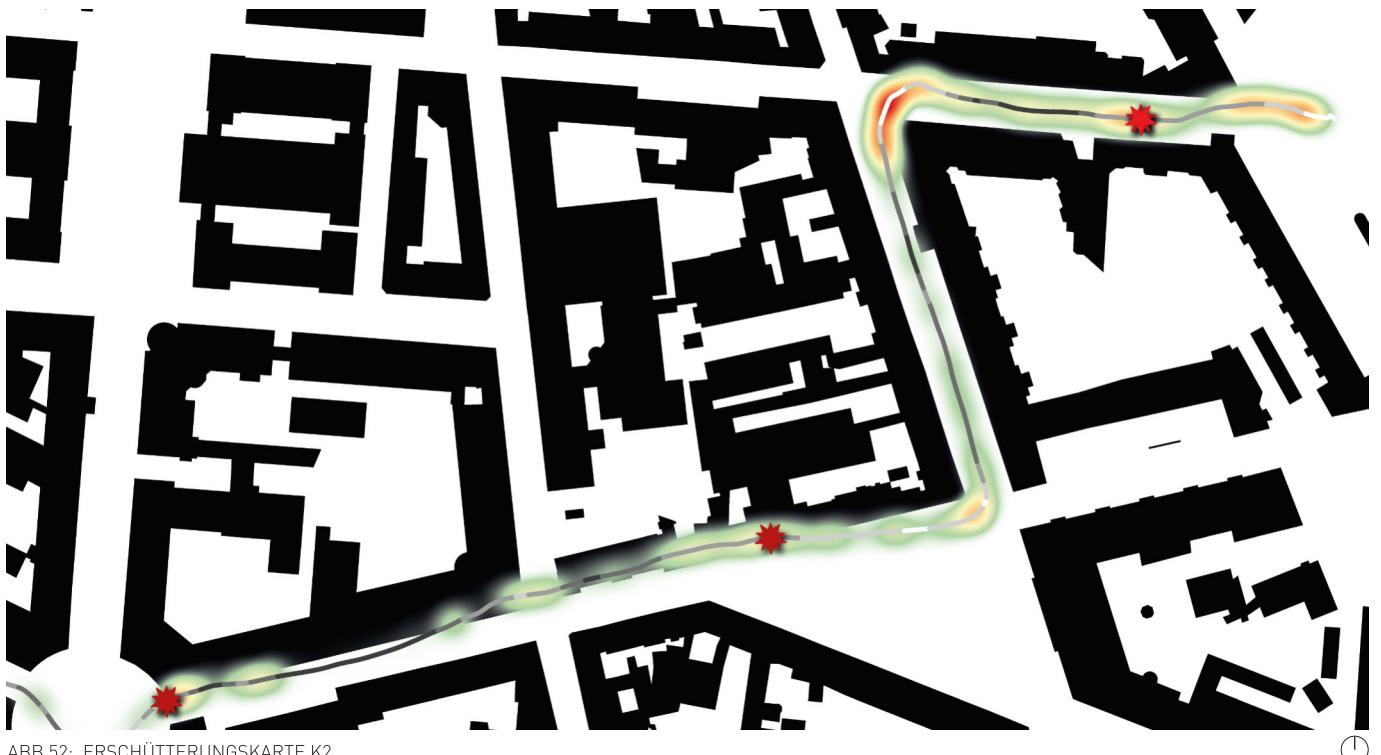


ABB.51: ANALYSE IM BILD K1

#### LEGENDE

	Eben
	Uneben
	Höhenunterschied

## ERKENNTNISSE K2



### LEGENDE

Erschütterungspunkte	MOS in Abständen zu Erschütterungspunkten von min. $\pm 35 \text{ m/s}^2$	Fahrtgeschwindigkeit
$\pm 0 - 5 \text{ m/s}^2$	MOS im Radius von 1m	0 - 3,5 km/h
$\pm 5 - 10 \text{ m/s}^2$	MOS im Radius von 5m	3,5 - 4,7 km/h
$\pm 10 - 20 \text{ m/s}^2$		4,7 - 5,5 km/h
$\pm 20 - 35 \text{ m/s}^2$		5,5 - 6,0 km/h
$\pm 35 - 70 \text{ m/s}^2$		6,0 - 7,1 km/h
$\pm 70 - 86 \text{ m/s}^2$	MOS in größerer Entfer-	7,1 - 10 km/h

MOS in Abständen zu Erschütterungspunkten von min. $\pm 35 \text{ m/s}^2$	Fahrtgeschwindigkeit
MOS im Radius von 1m	0 - 3,5 km/h
MOS im Radius von 5m	3,5 - 4,7 km/h
	4,7 - 5,5 km/h
	5,5 - 6,0 km/h
	6,0 - 7,1 km/h
MOS in größerer Entfer-	7,1 - 10 km/h

Auf der Zähringerstraße lassen sich ebenfalls hohe Erschütterungswerte messen, die auf unebene Materialien, häufigen Materialwechsel sowie allgemein schlechten Zustand des Bodenbelags zurückzuführen sind. Stresspunkte treten vor allem an den Kreuzungen Zähringerstraße/Adlerstraße und Markgrafenstraße/Kreuzstraße auf. Hervorzuheben ist ein häufig auftretender Stresspunkt auf Höhe der Zähringerstraße 41/43, welcher mit einem hohen gemessenen Erschütterungswert korreliert und auch im Gedächtnisprotokoll des Fahrenden auf eine unangenehme Schwelle im Bodenbelag an dieser Stelle zurückzuführen ist. Eine weitere Korrelation findet sich im Kreuzungsbereich Markgrafenstraße/Kreuzstraße, hier wurde der Kreuzungsbereich zur Verkehrsverlangsamung angehoben. Wie bei den allgemein im Kreuzungsbereich erhöht auftretenden MOS ist hier davon auszugehen, dass diese durch erhöhte Verkehrsdichte und geringere Sichtweiten begünstigt werden.



ABB.53: HEATMAP K2



#### LEGENDE

Häufung von Erschütterungspunkten ab  $\pm 10 \text{ m/s}^2$  aufsteigend

Geringe Häufung



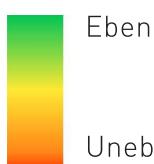
Starke Häufung



ABB.54: BLITZANALYSE K2



#### LEGENDE



— Höhenunterschied

## ERKENNTNISSE 01



ABB.55: BLITZANALYSE 01



Das Gebiet 01 besteht überwiegend aus asphaltierten und Pflastersteinstraßen. Größere Schadstellen konnten anhand des verfügbaren Bildmaterials nicht erkannt werden. Bei den gefasten Betonsteinen die verwendet wurden ist nicht von erhöhten Erschütterungswerten auszugehen. Ebenfalls wurden hier keine Schwellen oder Kanten entdeckt.

## ERKENNTNISSE 02



ABB.56: BLITZANALYSE 02



Im Abschnitt 2 von Osnabrück wird der Fahrradweg zum größten Teil über die Autostraße mit einem Asphalt in einem überwiegend guten Zustand geführt. Teilweise liegen jedoch Entwässerungselemente an den Straßenseiten, über welche die Fahrradfahrer:innen fahren müssen. Nach der Kurve am „Platz der Deutschen Einheit“ ist die Straße und somit auch der Fahrradweg mit etwas unebeneren Betonsteinen ausgeführt.

# **ERKENNTNISSE**

## **WEITERE UNTERSUCHUNGEN**

In einem ersten Schritt sollten mehr Messdaten zu den zu untersuchenden Gebieten generiert werden, um erste Funde zu validieren und weitere Korrelationen ausfindig zu machen. Vor allem hinsichtlich der Auswirkungen unterschiedlicher Geschwindigkeiten auf Erschütterungen ist ein größerer Datensatz erforderlich.

Insbesondere sollten Kreuzungsbereiche vertieft analysiert werden, hier können Kreuzungen mit erhöhten Erschütterungswerten mit Kreuzungen ähnlicher städtebaulicher Lage, jedoch geringerer Erschütterung untersucht werden, um die Auswirkung von Erschütterungen gerade an den stressanfälligen Kreuzungsbereichen zu untersuchen und Erkenntnisse für die sicherere und komfortablere Gestaltung von Kreuzungen zu gewinnen.

## **POTENZIALE DER METHODIK**

Generell lässt sich die Methode auch verwenden, um Umbaumaßnahmen von Straßen zu dokumentieren, indem Messfahrten vor und nach dem Umbau sowie falls zutreffend während Baustellenumleitungen miteinander verglichen werden.

Bei einer breiteren Streuung der Messdaten lässt sich potenziell das gesamte Radwegenetz kartografieren. Maßgeblich wird dies durch den geringen technologischen Aufwand ermöglicht, die Verwendung von Smartphones lässt Messungen von praktisch allen Fahrradfahrer:innen durchführen, wodurch eine enorme Datenmenge generiert werden kann. Diese Daten können genutzt werden, um den aktuellen Stand des Radwegenetzes zu dokumentieren und schnelle Verbesserungsmaßnahmen gezielt an verkehrsstarken Stellen einzusetzen, wo sie den größtmöglichen Nutzen bieten. Bei kontinuierlicher Aufzeichnung der Daten lassen sich auch neu auftretende Schadstellen automatisiert erkennen, um eine schnelle Ausbesserung zu ermöglichen.

Bei dieser breiten Streuung sind insbesondere die Vorteile interessant, die sich im Vergleich zum Scanning der gesamten Fahrwege mittels Laser ergeben: diese sind kostenaufwendig und können deshalb nur punktuell und in großen Zeitintervallen durchgeführt werden, wohingegen die Messungen per Smartphone kontinuierlich durchgeführt werden können, so können Schadstellen schneller erkannt werden und Veränderungen über kleinere Zeitintervalle dokumentiert werden.

Zu beachten ist, dass bei Verwendung verschiedener Fahrräder, Smartphones und Halterungen bei gleichen Streckenbedingungen verschiedene Messwerte zu erwarten sind. Hier könnte es sich für genauere Analyse der Daten anbieten eine Teststrecke einzurichten, bei der diese charakteristischen Messverhalten aufgezeichnet werden und die für die Auswertungen der verschiedenen Datensätze verwendet werden können.

## LITERATURVERZEICHNIS

Forschungsgesellschaft für straßen- und Verkehrswesen (FGSV, 2010). Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (Era R2).

Herrmann, H. & Steinmetz, W. (2014). Nur Komfort? Oberflächenqualität von Radverkehrsanlagen. <https://fahrradzukunft.de/18/radweg-oberflaeche> [Zugriff 29.01.2024]

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2018). Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg.

Scholz, U. & Petermann, M. (2022). Radweganalyse per Smartphone. <https://fahrradzukunft.de/35/radweganalyse-per-smartphone> [Zugriff 24.01.24)

Schulz, O. (2023). Erschütterungsmessungen und deren Auswertung. <https://fahrradzukunft.de/36/erschuetterungsmessungen> [Zugriff 24.01.24]

UPI (2020). UPI-Bericht 41 - Entwicklung und Potentiale des Fahrradverkehrs. <https://www.upi-institut.de/upi41.htm> [Zugriff 29.01.2024)

Xenomatix (2023). True solid state lidar. <https://xenomatix.com/company/> [Zugriff 25.02.2024)

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abb. 1: Fahrradweg.

Abb. 2: Fahrradlauf.

Abb. 3: Fahrradlogo in Karlsruhe.

Abb. 4: Rad überrollt Hindernis (Herrmann & Steinmetz, 2014). <https://fahrradzukunft.de/18/radweg-oberflaeche> (Zugriff 29.01.2024)

Abb. 5: Vergleich Winkel bei kleinem und Großem Rad (Herrmann & Steinmetz, 2014). <https://fahrradzukunft.de/18/radweg-oberflaeche> (Zugriff 29.01.2024)

Abb. 6: Zu schmaler Radweg mit vielfachen Belagswechseln, Höhenunterschieden und weiteren Hindernissen (Herrmann & Steinmetz, 2014). <https://fahrradzukunft.de/18/radweg-oberflaeche> (Zugriff 29.01.2024)

Abb. 7: Für Radverkehr optimierter Weg auf einer Kopfsteinpflasterstraße, Berlin (Herrmann & Steinmetz, 2014). <https://fahrradzukunft.de/18/radweg-oberflaeche> (Zugriff 29.01.2024)

Abb. 8: Xenobike (Xenomatik, 2024). <https://xenomatix.com/company/> (Zugriff 25.02.2024)

Abb. 9: Meetfiets (Herrmann & Steinmetz, 2014). <https://fahrradzukunft.de/18/radweg-oberflaeche> (Zugriff 29.01.2024)

Abb. 10: 3d Modell aus einer LiDAR Xenotrack Aufnahme (Xenomatix, 2023). <https://xenomatix.com/company/> (Zugriff 25.02.2024)

Abb. 11: 2D Projizierung einer LiDAR Xenotrack Aufnahme (Xenomatix, 2023). <https://xenomatix.com/company/> (Zugriff 25.02.2024)

Abb. 12: Flachbordstein (Ministerium für Verkehr BaWü, 2018). Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg.

Abb. 13: Rampensteine (Ministerium für Verkehr BaWü, 2018). Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg.

Abb. 14: Beschleunigungsmesswerte des Teilstücks Langen-Engelsbach (Scholz, Petermann, 2022). <https://fahrradzukunft.de/35/radweganalyse-per-smartphone> (Zugriff 24.01.24)

Abb. 15: Streckenverlauf des bemessenen Teilstück Langen-Engelsbach (Scholz, Petermann, 2022). <https://fahrradzukunft.de/35/radweganalyse-per-smartphone> (Zugriff 24.01.24)

Abb. 16: Bordstein (Scholz, Petermann, 2022). <https://fahrradzukunft.de/35/radweganalyse-per-smartphone> (Zugriff 24.01.24)

Abb. 17: Asphalt mit Farbmarkierungen (Scholz, Petermann, 2022). <https://fahrradzukunft.de/35/radweganalyse-per-smartphone> (Zugriff 24.01.24)

Abb. 18: Erschütterungen im Bereich um WPT001 (Scholz, Petermann, 2022). <https://fahrradzukunft.de/35/radweganalyse-per-smartphone> (Zugriff 24.01.24)

Abb. 19: Fahrgeschwindigkeit im Bereich um WPT001 (Scholz, Petermann, 2022). <https://fahrradzukunft.de/35/radweganalyse-per-smartphone> (Zugriff 24.01.24)

Abb. 20: Erschütterungen im Bereich um WPT003 (Scholz, Petermann, 2022). <https://fahrradzukunft.de/35/radweganalyse-per-smartphone> (Zugriff 24.01.24)

Abb. 21: Fahrgeschwindigkeit im Bereich um WPT003 (Scholz, Petermann, 2022). <https://fahrradzukunft.de/35/radweganalyse-per-smartphone> (Zugriff 24.01.24)

Abb. 22: Feinasphalt im Bereich WPT003 (Scholz, Petermann, 2022). <https://fahrradzukunft.de/35/radweganalyse-per-smartphone> (Zugriff 24.01.24)

Abb. 23: Langfristiger Sanierungsbedarf (Ministerium für Verkehr BaWü, 2018). Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg.

Abb. 24: Mittelfristiger Sanierungsbedarf (Ministerium für Verkehr BaWü, 2018). Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg.

Abb. 25: Kurzfristiger Sanierungsbedarf (Ministerium für Verkehr BaWü, 2018). Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg.

Abb. 26: Kies.

Abb. 27: Ortbeton.

Abb. 28: Feinasphalt.

Abb. 29: Betonverbundpflaster.

Abb. 30: Natursteinplatten.

Abb. 32: Screenshot Phyxox App Bemessung.

Abb. 33: Grafik Bodenfläche.

Abb. 34: Grafik Vibration und Stresskorrelation.

Abb. 35: Oberflächenmaterialen Skala.

Abb. 36: Blitzanalyse Bodenbeschaffenheit k1.

Abb. 37: Analyse K1 im Bild.

Abb. 38: Fokus Bereich K1.

Abb. 39: Handys Setup.

Abb. 40: Stressbemessung.

Abb. 41: Kamera Setup.

Abb. 42: Fahrradlauf.

Abb. 43: MOS im Radius von 1m um MOV.

Abb. 44: MOS im Radius von 5m um MOV.

Abb. 45: MOS entfernt von MOV.

Abb. 46: Erschütterungen von einer Befahrung von K1 mit Fahrtrichtung West nach Ost.

Abb. 47: Zugehörige Fahrtgeschwindigkeitsmessungen.

Abb. 48: Erschütterungskarte K1.

Abb. 49: Heatmap K1.

Abb. 50: Blitzanalyse K1.

Abb. 51: Analyse im Bild K1.

Abb. 52: Erschütterungskarte K2.

Abb. 53: Heatmap K2.

Abb. 54: Blitzanalyse K2.

Abb. 55: Blitzanalyse O1.

Abb. 56: Blitzanalyse O2.



ABB. 1: LUDWIGSPLATZ

**THOMAS BICHEL**  
**JULIUS HIRSCHMANN**

## **WIE WIRKEN SICH HINDERNISSE IM STRASSENRAUM AUF DAS BEWEGUNGSPROFIL VON VERKEHRSTEILNEHMER\*INNEN AUS?**

In dieser Seminararbeit wird die Auswirkung von Hindernissen im Straßenraum auf das Bewegungsprofil von Verkehrsteilnehmer\*innen untersucht. Dabei wird die Burano-Methode adaptiert, um speziell den Einfluss dieser Hindernisse auf das Zufußgehen und Radfahren zu analysieren. Die Burano-Methode, ursprünglich zur Erfassung von Verhaltensweisen in öffentlichen Räumen entwickelt, wird hier in einem neuen Kontext angewendet.

Im Rahmen der Untersuchung werden Hindernisse wie abgestellte Fahrräder, E-Scooter, Poller, Straßenlaternen, Pflanzkübel und Hindernisse durch die Nutzung der Erdgeschosszonen, wie beispielsweise die Bestuhlung von Cafés, kartiert.

Die Hindernisse werden in verschiedenen Kategorien erfasst und in einem Fotoessay grafisch dargestellt. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf dem potenziellen und dem tatsächlichen Bewegungsraum für Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen.

Im Zusammenhang mit den vorangegangen Stressmessungen liefert die Analyse Einblicke in die Funktionalität und Nutzbarkeit des Straßenraums und hilft dabei Stresspotenziale für die Verkehrsteilnehmer\*innen aufzudecken.

## EINLEITUNG | MOTIVATION | THEMENFINDUNG

In der heutigen Zeit, geprägt von zunehmender Urbanisierung und Verkehrsdichte, ist die Gestaltung des öffentlichen Raums zu einem zentralen Thema geworden. Insbesondere der Straßenraum als Schnittstelle zwischen individueller Mobilität und öffentlichem Raum spielt eine bedeutende Rolle für die Lebensqualität und die Funktionalität urbaner Umgebungen. Doch trotz der offensichtlichen Bedeutung des Straßenraums für das städtische Leben sind viele dieser Räume von Hindernissen geprägt, die das Bewegungsprofil von Verkehrsteilnehmer\*innen einschränken und die Nutzbarkeit des öffentlichen Raums beeinträchtigen. Ausgehend von dieser Problematik widmet sich diese Arbeit der Untersuchung der Auswirkungen von Hindernissen im Straßenraum auf das Bewegungsverhalten von Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen.

### BURANO-METHODE



ABB. 2: DIE BURANO-METHODE (DELLEMANN, 1980)

MANN, 1980)

Die Wahl, die Burano-Methode für die Untersuchung der Verkehrssituation im Straßenraum zu adaptieren, ergibt sich aus ihrer vielfach anerkannten Effektivität bei der Erfassung und Analyse von Verhaltensweisen in öffentlichen Räumen. Ursprünglich wurde die Burano-Methode im Jahr 1972 während eines Ferienaufenthaltes in Burano, einer Lagune von Venedig, entwickelt (Dellemann, 1980; siehe Abb. 2). Seitdem hat sie sich als wertvolles Instrument erwiesen, um in kurzer Zeit umfassende Informationen über die Qualität und Nutzungsmuster eines Ortes zu gewinnen. Die Methode basiert auf der Kartierung der räumlichen Situation, der Aufnahme von Randnutzungen und Gegenständen im öffentlichen Raum sowie der Erfassung von Tätigkeiten zu verschiedenen Tageszeiten. Durch die differenzierte Erfassung und Darstellung dieser Informationen ermöglicht die Burano-Methode eine präzise Analyse der Funktionalität und Nutzungsmuster eines Raumes.

### HINDERNISSE IM STRASSENRAUM

Ein zentraler Fokus dieser Arbeit liegt auf der Identifizierung und Analyse von Hindernissen im Straßenraum, die das Bewegungsverhalten von Verkehrsteilnehmern beeinflussen. Diese Hindernisse können vielfältiger Natur sein und reichen von festen Strukturen wie Pollern, Straßenlaternen oder Pflanzkübeln bis hin zu temporären Hindernissen wie abgestellten Fahrrädern oder E-Scootern. Darüber hinaus spielen auch Hindernisse, die sich aus der Nutzung der Erdgeschoss-

zonen ergeben, eine entscheidende Rolle. Dazu zählen beispielsweise die Bestuhlung von Cafés oder die Platzierung von Werbetafeln. Die Erfassung und Analyse dieser Hindernisse ist von großer Bedeutung, um ihre Auswirkungen auf das Bewegungsverhalten von Verkehrsteilnehmer\*innen besser zu verstehen und Lösungsansätze für eine verbesserte Gestaltung des Straßenraums zu entwickeln.

## **BEWEGUNGSRAUM**

Ein weiterer Aspekt bei der Untersuchung der Hindernisse im Straßenraum ist die Berücksichtigung des wahrgenommenen Raums seitens der Verkehrsteilnehmer\*innen. Der wahrgenommene Raum bezeichnet die subjektive Einschätzung und Wahrnehmung des verfügbaren Platzes durch Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen während ihrer Fortbewegung im urbanen Umfeld. Diese Wahrnehmung wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren beeinflusst, darunter die Anwesenheit von Hindernissen, die Verkehrsichte sowie persönliche Erfahrungen und Erwartungen der Verkehrsteilnehmer\*innen. Im Gegensatz dazu umfasst der Netto-Bewegungsraum den tatsächlich nutzbaren Raum für Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen nach Abzug aller Hindernisse und Einschränkungen. Die Erfassung und Visualisierung des Netto-Bewegungsraums (Abb. 3 & Abb. 4) ermöglicht eine präzise Analyse der Verkehrssituation. Durch die Anwendung und Adaption der Burano-Methode kann der Netto-Bewegungsraum strukturiert erfasst und analysiert werden. Die Diskrepanz zwischen dem wahrgenommenen Raum und dem Netto-Bewegungsraum ist ein entscheidender Faktor, der bei der Gestaltung des Straßenraums berücksichtigt werden muss. Oftmals können Verkehrsteilnehmer den verfügbaren Raum aufgrund von Hindernissen und Einschränkungen anders wahrnehmen, als er tatsächlich ist. Diese Diskrepanz kann zu Fehleinschätzungen führen und das Verhalten der Verkehrsteilnehmenden beeinflussen. Daher ist es von großer Bedeutung, die Diskrepanz zwischen dem wahrgenommenen und dem tatsächlich nutzbaren Raum zu erkennen und eventuelle Stresssituationen zu identifizieren.

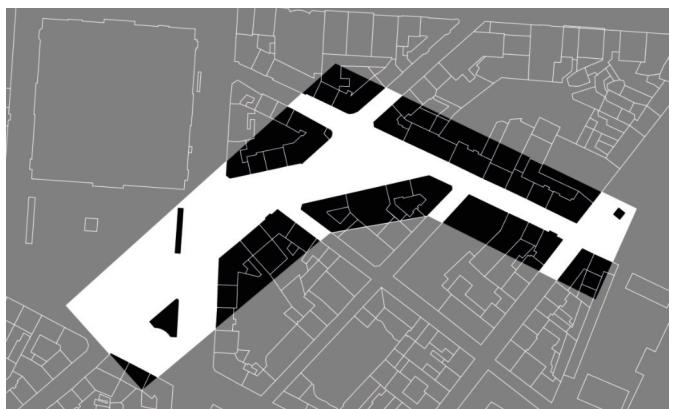


ABB. 3: BRUTTO RAUMMENGE

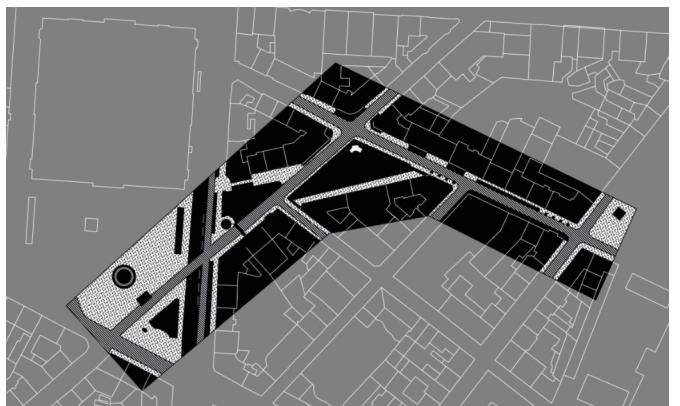


ABB. 4: NETTO RAUMMENGE

## **FORSCHUNGSFRAGE**

### **WIE WIRKEN SICH HINDERNISSE IM STRASSENRAUM AUF DAS BEWEGUNGSPROFIL VON VERKEHRSTEILNEHMER\*INNEN AUS?**

Hindernisse sind im Verkehrsgeschehen Alltag und können verschiedenste Formen annehmen. Von Abgrenzungen wie Zäune, Poller oder Stützen geht es bis zu Bordsteinen und Schienen.

Aber auch andere Verkehrsteilnehmer und ihre Fahrzeuge sind für die anderen Nutzer des Straßenraums ein Hindernis mit dem sie umgehen müssen.

Wie genau und auf welche Art wirken sich also diese Hindernisse auf die Art aus wie wir uns im Straßenraum bewegen. Schränken sie den Nutzbaren Raum ein oder ändern sie die Bewegungsprofile? Und wie sorgen sie für erhöhten Stress?

Wir haben versucht diese Frage in 3 Unterfragen aufzuteilen und durch Verschiedene Methoden zu beantworten.

## **UNTERFRAGEN**

### **INWIEFERN BEEINFLUSSEN ABGRENZUNGEN, SELEKTIVE BARRIEREN UND DIE WIDMUNG DES STRASSENRAUMS DIE VERKEHRSDYNAMIK?**

Mit dieser Unterfrage wollen wir untersuchen wie feste Abgrenzungen, selektive Barrieren und die Widmung des Straßenraums die Nutzung des Straßenraums beeinflussen.

Als erstes wollen wir erklären was für Hindernisse hiermit überhaupt gemeint sind. Wir wollen Poller, Sperrpfosten, Blumenkübel, Kettenpfosten und Schilder Aufnehmen und Kartieren.

Danach wollen wir beobachten wie sich diese auf Konfliktstellen der Verkehrsteilnehmer, Nutzungsaufteilung des Straßenraumes und Anteile der Verschieden Verkehrsteilnehmer auswirken.

### **WIE VERÄNDERT SICH DIE WAHRNEHMUNG DURCH VERKEHRSTEILNEHMER\*INNEN IN ABHÄNGIGKEIT VON TAGESZEIT, WOCHENTAG UND JAHRESZEIT, UND WELCHEN EINFLUSS HABEN DIESE ZEITLICHEN ASPEKTE AUF DIE GESAMTDYNAKIM DES STÄDTISCHEN VERKEHRSRAUMS?**

Hier wollen wir Bestuhlung und Bewirtschaftung von Terrassen, Außenbereiche im Einzelhandel und auch Stehende, gehende und sitzende Menschen beobachten, aufnehmen und kartieren.

Das alles aber zu unterschiedlichen Tages-, Wochen-, und Jahreszeiten um zu verstehen wie sich der Faktor Zeit auf die Verkehrsdynamik und auch die Stressfaktoren in der Innenstadt auswirkt.

Wir hoffen so zu sehen ob es zu unterschiedlichen Zeiten einen Unterschiedlichen weg gibt den z.B. Fußgänger\*innen nehmen um Stress aus dem Weg zu gehen.

### **INWIEFERN EIGNEN SICH MENSCHEN ÖFFENTLICHE RÄUME AN UND WELCHE FAKTOREN BEEINFLUSSEN DIE FORM DER AENEIGNUNG SOWIE DEREN AUSWIRKUNGEN AUF DIE STÄDTISCHE MOBILITÄT?**

Wie schränken Menschen durch Aneignung des Straßenraums das Bewegungsprofil von Verkehrsteilnehmer\*innen ein?

Hier wollen wir besonders dynamische Faktoren wie sitzende Menschen, E-Scooter und wildparkende Fahrräder beobachten.

Wir wollen untersuchen ob solche zeitlich begrenzten Faktoren das Bewegungsprofil anhaltend einschränken können indem bestimmte Orte, wie z.B. Treppen, besonders zur Aneignung einladen.

# METHODIK | STAND DER FORSCHUNG

## DIE BURANO-METHODE

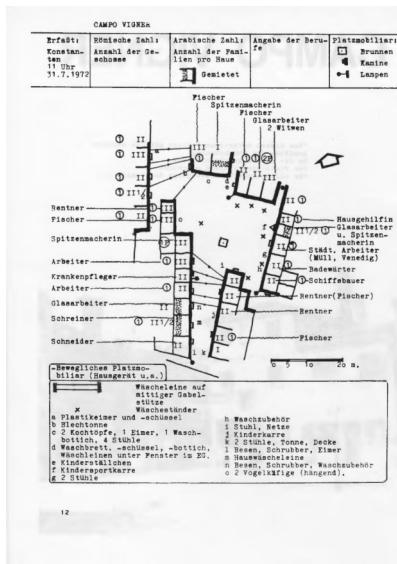


ABB. 5: CAMPO VIGNER (DELLEMANN, 1980)

Die Burano-Methode, als Stand der Forschung, ermöglicht eine präzise Analyse von Nutzungsmustern und Interaktionen im öffentlichen Raum, insbesondere im Hinblick auf Hindernisse und Bewegungsflächen im Straßenraum für Fußgänger und Radfahrer. Entwickelt wurde sie 1972 auf der Insel Burano in der Lagune von Venedig, um das Verhalten der Nutzer öffentlicher Räume zu erfassen. Durch Schritte wie die Kartierung der räumlichen Charakteristik und die Erfassung von Nutzeraktivitäten zu verschiedenen Tageszeiten erlaubt sie eine schnelle Erfassung und Darstellung der Qualität eines Ortes. Die differenzierte Darstellung von Stehen, Gehen und Sitzen sowie die Berücksichtigung der Blickrichtung und Gehrichtung ermöglichen eine präzise Analyse Abb. 5. Ihre Relevanz für diese Arbeit liegt in der Strukturierung und Systematisierung der Analyse öffentlicher Räume, wodurch Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung des Straßenraums und dem Bewegungsverhalten der Verkehrsteilnehmer\*innen genauer untersucht werden können.

## BEZOCHTEN UND KARTIEREN

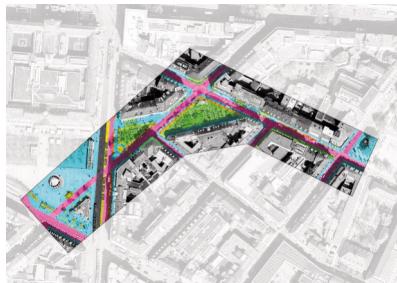


ABB. 6: ANALYSE RAUMZUORDNUNG

Um die Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung des städtischen Raums und dem Bewegungsverhalten der Verkehrsteilnehmer zu untersuchen, wird eine umfassende Analysemethode angewendet. Diese Methode kombiniert Beobachtungen vor Ort mit einer fotografischen Dokumentation der Untersuchungsgebiete (Abb. 7), um ein detailliertes Bild der Verkehrssituation zu erhalten. Zunächst werden die Untersuchungsgebiete sorgfältig beobachtet, um verschiedene Hindernisse und Bewegungsflächen zu identifizieren. Dabei werden sowohl temporäre mobile Hindernisse wie abgestellte Fahrräder, E-Scooter oder geparkte Autos, als auch dauerhafte Hindernisse wie Poller, Kettenpfosten und Straßenlaternen erfasst. Des Weiteren werden Hindernisse durch die Nutzung der Erdgeschosszonen, wie beispielsweise die Bestuhlung von Cafés oder Werbetafeln, berücksichtigt. Gleichzeitig werden potenzielle Bewegungsflächen für Radfahrerinnen und Fußgängerinnen identifiziert. Parallel dazu erfolgt eine fotografische Dokumentation der Untersuchungsgebiete (Abb. 8), um die erfassten Hindernisse und Bewegungsflächen visuell festzuhalten und eine detaillierte Analyse zu ermöglichen. Die erfassten Hindernisse und Bewegungsflächen werden anschließend in verschiedene Kategorien eingeteilt, um eine strukturierte Analyse zu ermöglichen.

Hierbei können beispielsweise Kategorien wie temporäre Hindernisse, dauerhafte Hindernisse und Hindernisse durch die Nutzung der Erdgeschosszonen definiert werden. Ebenso werden potenzielle Bewegungsflächen für Radfahrerinnen und Fußgängerinnen separat kategorisiert. Schließlich werden die erfassten Hindernisse und Bewegungsflächen kartiert und in einem Fotoessay visualisiert. Die Standorte der Hindernisse sowie die potenziellen Bewegungsflächen werden auf Kartenmaterial festgehalten und mit den fotografischen Aufnahmen verknüpft. Durch diese Kartierung und Visualisierung wird eine übersichtliche Darstellung der Verkehrssituation geschaffen, die eine detaillierte Analyse der Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung des Straßenraums und dem Bewegungsverhalten der Verkehrsteilnehmer ermöglicht (Abb.8).



ABB. 7: BLICK ERBPRINZENSTRASSE

## SCHLÜSSE AUS DEN KARTEN ZIEHEN

Nach der Kartierung und Visualisierung der Hindernisse und Bewegungsflächen erfolgt die Analyse der erhobenen Daten, um Rückschlüsse auf das Bewegungsverhalten von Fußgängerinnen und Radfahrerinnen zu ziehen. Dabei werden die kartierten Hindernisse mit den Bildern aus den Fotoessays verglichen, um die tatsächlichen Auswirkungen der Hindernisse auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmer zu ermitteln. Ein wichtiger Schritt besteht darin, die räumliche Verteilung der Hindernisse zu betrachten und zu untersuchen, inwieweit sie potenzielle Bewegungsflächen für Fußgängerinnen und Radfahrerinnen beeinträchtigen. Hindernisse, die sich beispielsweise in stark frequentierten Fußgängerzonen oder auf Radwegen befinden, könnten das Bewegungsverhalten deutlich stärker beeinflussen als solche in weniger frequentierten Bereichen. Des Weiteren werden mögliche Konfliktpunkte zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmern identifiziert, die durch Hindernisse entstehen können. Hierbei werden insbesondere Bereiche betrachtet, in denen sich Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen Wege teilen müssen oder wo es zu Engpässen aufgrund von Hindernissen kommt. Darüber hinaus werden auch qualitative Aspekte des Bewegungsverhaltens berücksichtigt, die nicht unmittelbar aus den Karten ablesbar sind. Hierzu gehören beispielsweise Umwege, die Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen möglicherweise nehmen müssen, um Hindernissen auszuweichen, sowie Verhaltensänderungen wie langsames Gehen oder plötzliches Abbremsen. Diese Beobachtungen aus den Fotoessays liefern wertvolle Einblicke in die tatsächlichen Auswirkungen der Hindernisse auf das Bewegungsverhalten der Verkehrsteilnehmer\*innen.



ABB. 8: BLICK ERBPRINZENSTRASSE ÜBERARBEITET

## DURCHFÜHRUNG

Das Ziel bestand darin, nicht nur die gegenwärtige Verkehrssituation zu erfassen, sondern auch potenzielle Konfliktpunkte zu identifizieren. Im Weiteren wird der methodische Ansatz beschrieben sowie die Schritte, die unternommen wurden, um ein umfassendes Verständnis für die Verkehrsdynamik dieser Standorte zu erlangen. Die Untersuchungstour begann mit einem Besuch der Plätze, die im Fokus standen: Lidell- und Ludwigsplatz. Um eine ganzheitliche Perspektive zu gewinnen, wurde entschieden, von einem Ort aus zu beobachten, der eine umfassende Übersicht ermöglichte und gleichzeitig einen Ort zum Verweilen bot, beispielsweise ein Café oder Restaurant. Nach der Ankunft erfolgte eine gründliche Beobachtung der Situation. Der Fokus lag auf der Identifizierung und Analyse der Hauptachsen für den Fahrrad-, Fuß- und Autoverkehr sowie der Kreuzungen dieser Achsen. Besondere Aufmerksamkeit galt potenziellen Konfliktpunkten, sei es durch Hindernisse wie Poller oder Verkehrsschilder oder durch die Gestaltung von Einzelhandelsgeschäften und Café-Sitzplätzen im Freien.

Nach einer ausführlichen Analyse wurden die wichtigsten Konfliktpunkte und Verkehrswege zusammengefasst. Anschließend wurden Fotos aus verschiedenen Perspektiven aufgenommen, sowohl im Überblick als auch im Detail. Diese Fotos wurden später bearbeitet und nach verschiedenen Kriterien wie Pollern, Verkehrsschildern, beweglichen Hindernissen, Einzelhandelsgeschäften, Verkehrsteilnehmern und Straßentypen unterteilt (Abb. 9 ff.).

Anschließend wurden die Fotos aussortiert, um die Situation und Konflikte an diesen Orten optimal zu beschreiben. Schließlich wurden die Beobachtungen und das Bildmaterial analysiert und pro Standort eine Karte erstellt. Diese Karten zeigen, welche Straßenräume von welchen Verkehrsteilnehmern genutzt und geteilt werden und wie viel Raum tatsächlich zur Verfügung steht. Sie dienen als Grundlage für zukünftige Planungsentscheidungen und tragen dazu bei, die Verkehrssituation an den untersuchten Standorten zu verbessern.



ABB. 9: GRUNDLAGE BILD



ABB. 13: PERSONEN



ABB. 10: FESTE HINDERNISSE



ABB. 14: RAUM FÜR FUSSGÄNGER\*INNEN

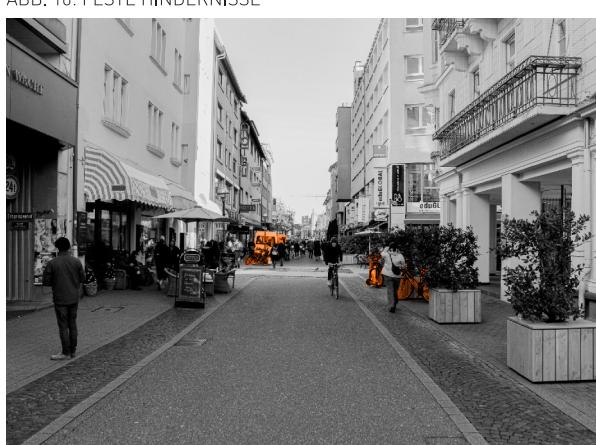


ABB. 11: BEWEGLICHE HINDERNISSE



ABB. 15: RAUM FÜR RAD- UND LIEFERVERKEHR



ABB. 12: AUSSENBESTÜHLUNG UND EINZELHANDEL



ABB. 16: FINALES BILD

## KARLSRUHE LUDWIGSPLATZ

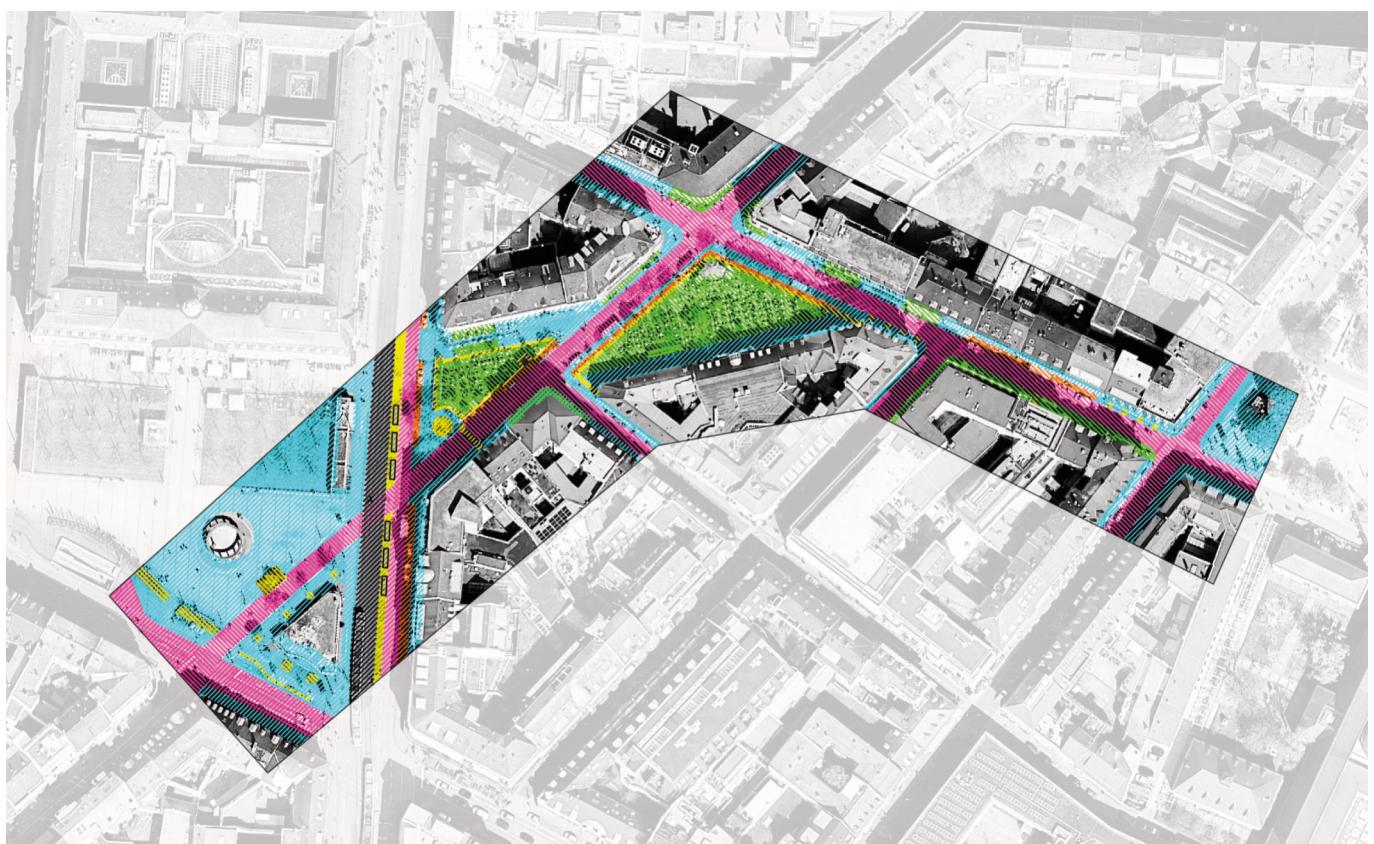


ABB. 17: ANALYSE RAUMNUTZUNG LUDWIGSPLATZ



■ Rad- und Lieferverkehr

■ Fußgänger\*innen

■ Außenbestuhlung und Einzelhandel

■ Feste Hindernisse

■ Bewegliche Hindernisse



ABB. 18: LUDWIGSPLATZ 1



ABB. 22: LUDWIGSPLATZ 5



ABB. 19: LUDWIGSPLATZ 2



ABB. 23: LUDWIGSPLATZ 6



ABB. 20: LUDWIGSPLATZ 3



ABB. 24: LUDWIGSPLATZ 7



ABB. 21: LUDWIGSPLATZ 4



ABB. 25: LUDWIGSPLATZ 8

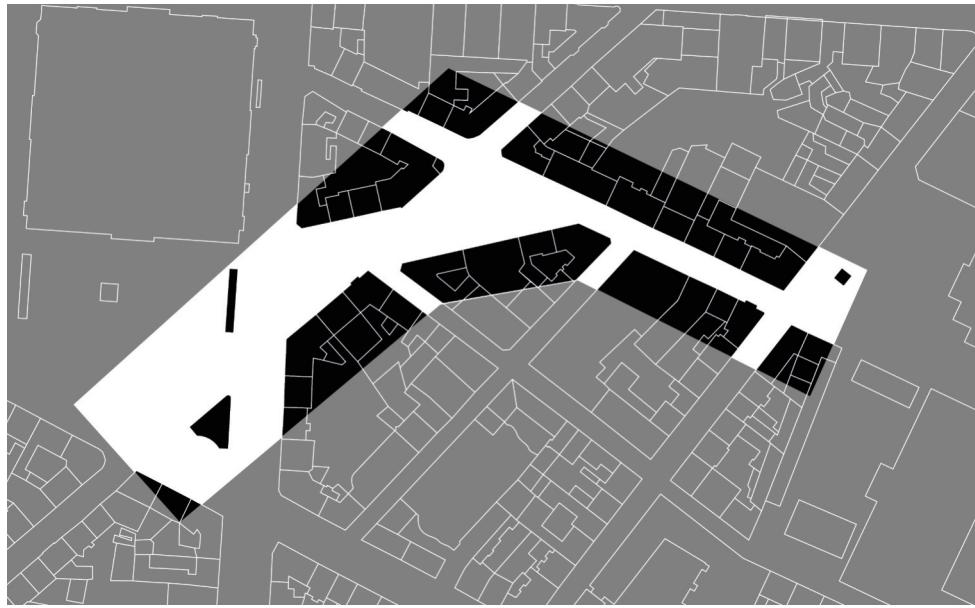


ABB. 26.1: THEORETISCH VERFÜGBARE BEWEGUNGSFLÄCHE AM LUDWIGSPLATZ



ABB. 26.2: TATÄCHLICH VERFÜGBARE BEWEGUNGSFLÄCHE AM LUDWIGSPLATZ



#### LEGENDE

- Brutto Stadtraum
- Bewegungsfläche Fußgänger\*innen
- Bewegungsfläche Radverkehr

## **ERKENNTNISSE LUDWIGSPLATZ**

Die Analyse des Ludwigplatzes mittels unserer Vorgehensweise offenbarte mehrere Erkenntnisse.

Erstens wurden viele Einschränkungen im Straßenraum identifiziert (Abb. 26.1 & Abb. 26.2), die subtil sind und nicht sofort als Hindernisse erkennbar sind, wie z.B. Bordsteine, die die Bewegungslinie schneiden (Abb. 18 ff.).

Zweitens kam es im Bereich des Ludwigplatzes zu zahlreichen beweglichen Hindernissen, insbesondere durch wildparkende Fahrräder und haltende Lieferfahrzeuge, die oft um feste Hindernisse wie Laternen und Poller gruppiert waren. Dies zwang Fußgänger und Radfahrer dazu, auszuweichen, wodurch die Situation zusätzlich durch den hinzukommenden Lieferverkehr erschwert wurde.

Drittens stellten wir fest, dass der untersuchte Bereich ein erhöhtes Aufkommen an Hindernissen durch Einzelhandelsgeschäfte oder Café-Bestuhlung aufweist, die besonders den für Fußgänger designierten Bereich einschränken, und diese dazu zwingt auf die Straße auszuweichen.

Diese Faktoren führen dazu, dass nur ein geringer Teil des verfügbaren Platzes tatsächlich ohne Hindernisse und Einschränkungen genutzt werden kann, was zu einer Häufung als stressig wahrgenommener Situationen führt.

## KARLSRUHE LIDELLPLATZ



ABB. 27: ANALYSE RAUMNUTZUNG LIDELLPLATZ



### LEGENDE

- |   |                                  |  |                        |
|---|----------------------------------|--|------------------------|
| <span style="background-color: pink; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>      | Rad- und Lieferverkehr           | <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | Feste Hindernisse      |
| <span style="background-color: lightblue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | Fußgänger*innen                  | <span style="background-color: orange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | Bewegliche Hindernisse |
| <span style="background-color: green; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>     | Außenbestuhlung und Einzelhandel |  |                        |



ABB. 28: LIDELLPLATZ 1



ABB. 32: LIDELLPLATZ 5



ABB. 29: LIDELLPLATZ 2



ABB. 33: LIDELLPLATZ 6



ABB. 30: LIDELLPLATZ 3



ABB. 34: LIDELLPLATZ 7



ABB. 31: LIDELLPLATZ 4



ABB. 35: LIDELLPLATZ 8

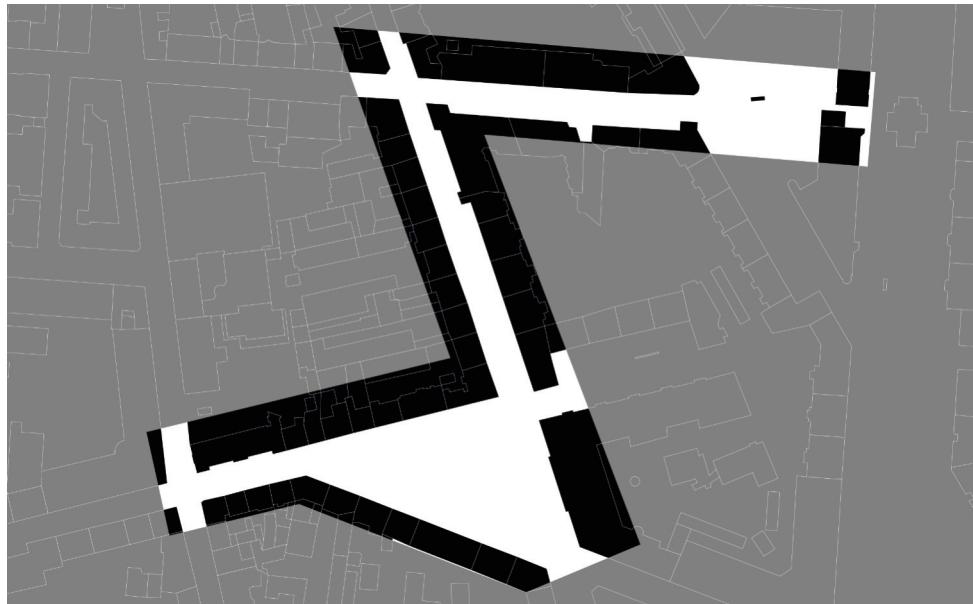


ABB. 36.1: THEORETISCH VERFÜGBARE BEWEGUNGSFLÄCHEFLÄCHE AM LIDELLPLATZ

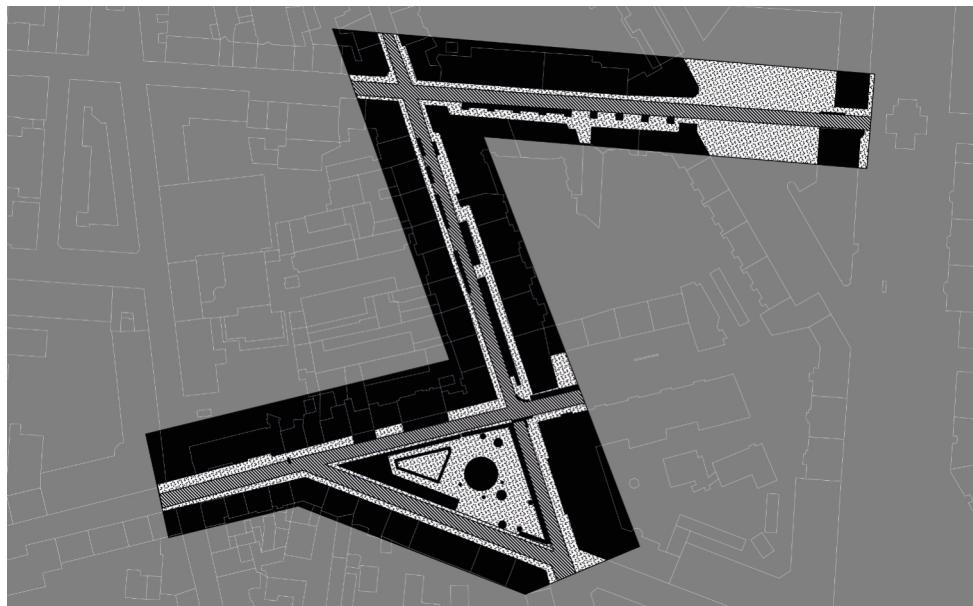


ABB. 36.2: TATSÄCHLICH VERFÜGBARE BEWEGUNGSFLÄCHEFLÄCHE AM LIDELLPLATZ



#### LEGENDE

- Brutto Stadtraum
- Bewegungsfläche Fußgänger\*innen
- Bewegungsfläche Radverkehr

## **ERKENNTNISSE LIDELLPLATZ**

Im Vergleich zum Ludwigsplatz ist die Situation hier anders. Das Verkehrsaufkommen sowohl von Fahrrädern als auch von Fußgängern ist geringer, ebenso wie die Präsenz von Einzelhandelsgeschäften (Abb. 28 ff.).

Dies führt auf den ersten Blick zu einer entspannteren Situation. Hauptursachen für Konfliktsituationen sind jedoch feste Hindernisse wie Poller und Verkehrsschilder, sowie unklar ausgeschilderte Bereiche, beispielsweise unsichere Fahrradwege. Zudem führen Poller, die den Fahrradweg kreuzen und Autos abhalten sollen, zu verengten Situationen, insbesondere dort, wo Fußgänger und Radfahrer aufeinandertreffen.

Trotz des geringeren Verkehrsaufkommens sind die Konflikte jedoch eher geringfügig, und die Konfliktzonen scheinen fast schon geplant zu sein, um den Verkehr an diesen Stellen zu entschleunigen. Auf den Gehwegen in Richtung Kronenplatz sind sorgen Hauptsächlich feste Hindernisse, wie Begrünung in Form von Hecken und Bäumen, sowie Parkflächen für PKWs für eine Einschränkung des Bewegungsraumes.

Es ist erkennbar, dass die Reduzierung von Komponenten wie Einzelhandel, wildem Parken und Lieferverkehr zu einer deutlichen Entspannung der Situation beiträgt (Abb. 36.1 & Abb. 36.2).

# OSNABRÜCK



ABB. 37: ANALYSE RAUMNUTZUNG DIETLINGERSTRASSE

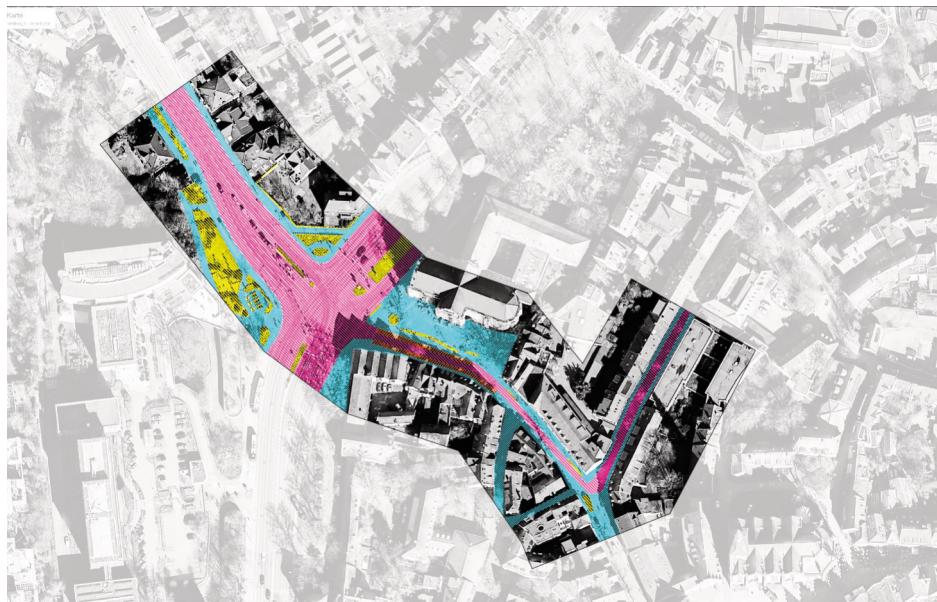


ABB. 37: ANALYSE RAUMNUTZUNG BNIERSTRASSE



## LEGENDE

Rad- und Lieferverkehr

Feste Hindernisse

Fußgänger\*innen

Bewegliche Hindernisse

Außenbestuhlung und Einzelhandel



ABB. 30: DIETLINGERSTRASSE



ABB. 40: BIERSTRASSE

## UMGANG MIT OSNABRÜCK

Aufgrund verschiedener Umstände war eine detaillierte Ausarbeitung wie in Karlsruhe für Osnabrück nicht möglich. Dies lässt sich auf mehrere Gründe zurückführen.

Erstens erfordert unsere Methode Präsenz vor Ort, was uns in diesem Fall nicht möglich war. Die Anwesenheit vor Ort ermöglicht eine genaue Einschätzung von Hindernissen und ist extrem wichtig für verlässliche Ergebnisse. Zweitens erfordert die Aufarbeitung des Materials, einschließlich Bildbearbeitung und Kartenerstellung, eine große Menge an Zeit. Die lange Bearbeitungsdauer für Karlsruhe führte dazu, dass uns die Zeit für Osnabrück fehlte. Drittens sind wir mit dem Ort nicht so vertraut wie mit Karlsruhe, was es schwierig macht, fundierte Aussagen zu treffen.

Trotz dieser Hindernisse wollten wir zeigen, dass eine rudimentäre Analyse durch unsere Methoden auch nur mit Satellitenbildern und Bilddaufnahmen von Dritten möglich ist (Abb. 37 ff.). Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die Ergebnisse bei weitem nicht so präzise sind wie für Karlsruhe.

# **ERKENNTNISSE**

## **ZUR FORSCHUNGSMETHODE**

Unsere Forschungsmethode birgt sowohl Vor- als auch Nachteile. Zu den Vorteilen zählt zunächst das grafische Ergebnis, das sowohl Laien als auch Fachleuten ein verständliches Bild liefert und einen schnellen Einstieg in das Thema ermöglicht.

Die Beobachtung vor Ort ermöglicht eine Forschung, die eng am Thema ist und zu fundierten Aussagen führt. Durch die Aufnahme und Bearbeitung von Bildmaterial wird der Forscher immer wieder mit dem Thema konfrontiert und seine eigenen Annahmen werden hinterfragt, während gleichzeitig häufig bestätigt wird, was beobachtet wurde. Zudem ermöglicht die Methode klare grafische Ergebnisse durch die Bearbeitung des Bildmaterials und die Erstellung von Karten. Allerdings sind auch einige Nachteile zu beachten. Die Methode ist sehr zeitaufwendig, sowohl durch die Zeit, die am Ort verbracht wird, als auch durch den hohen Aufwand, der für die Nachbearbeitung erforderlich ist. Das Bildmaterial bietet nur Momentaufnahmen, und es bedarf einer großen Menge an Bildmaterial und Beobachtungen, um zu fundierten Aussagen zu gelangen. Zudem sind konkrete Zahlen oft Mangelware.

## **ORTSÜBERGREIFENDE ERKENNTNISSE**

Unsere Forschung hat wichtige Erkenntnisse über die Verkehrsdynamik und Konfliktpunkte in städtischen Bereichen geliefert. Eine besondere Beobachtung war, dass die Außenanlagen von Einzelhandelsgeschäften und die Außenbestuhlung von Cafés und Restaurants den Fußgängerbereich erheblich einschränken.

Dies zwingt Fußgänger oft in den Bewegungsraum von Fahrrad- und Lieferverkehr, was zu Konflikten und neuen Hindernissen führt. Zudem haben wir festgestellt, dass feste Hindernisse wie Poller und Straßenschilder bewusst platziert werden, um den Verkehr zu beeinflussen, während feste Hindernisse wie Bäume, Begrünung und Blumenkübel oft unvorhergesehenen Einfluss auf den Verkehr haben können und manchmal zu vermeidbaren Konflikten führen.

Diese Hindernisse dienen oft außerdem als Ankerpunkte für bewegliche Hindernisse wie wild parkende Fahrzeuge, was zu zusätzlichen Einschränkungen im Straßenraum führt, wenn beispielsweise Fahrräder angeschlossen werden.

Darüber hinaus konnten wir feststellen, dass mehr Verkehr zu mehr Konflikten führt. Das lässt sich besonders beobachten bei unter-

schiedlichen Tages- und Jahreszeit. Ein Ort, der morgens im Winter sehr ruhig ist, kann abends im Sommer durch hohes Verkehrsaufkommen komplett anders wirken und deutlich stressiger sein.

## SCHLUSSWORT

Unsere Forschung hat uns einen tiefen Einblick in die Verkehrsdynamik und die Herausforderungen urbaner Räume gewährt. Durch die systematische Analyse von Orten wie dem Ludwigplatz und dem Liddelplatz konnten wir wichtige Erkenntnisse gewinnen. Wir haben festgestellt, dass die Gestaltung von Straßenräumen durch Einzelhandel, Café-Bestuhlung und feste Hindernisse wie Poller und Straßenschilder erheblichen Einfluss auf den Verkehrsfluss und die Konfliktpunkte hat. Darüber hinaus haben wir erkannt, dass sich die Verkehrssituation je nach Tages- und Jahreszeit stark verändern kann.

Trotz des zeitaufwendigen Charakters unserer Forschungsmethode konnten wir wertvolle Einblicke gewinnen, die als Grundlage für die Verbesserung der Verkehrssituation und der städtischen Planung dienen können.

## **LITERATURVERZEICHNIS**

DELLEMANN, C. (1980). Burano. Kommunikation - Sozio-Ökonomie - Städtebau. Eine Stadtbeobachtungs-Methode zur Beurteilung der Lebensqualität. Forschungsstelle Eisenheim.

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

- Abb. 1: Ludwigsplatz.  
Abb. 2: Die Burano Methode (Dellemann, 1980).  
Abb. 3: Brutto Raumnutzung.  
Abb. 4: Netto Raumnutzung.  
Abb. 5: Campo Vigner (Dellemann, 1980).  
Abb. 6: Analyse Raumzuordnung.  
Abb. 7: Blick Erbprinzenstraße.  
Abb. 8: Blick Erbprinzenstraße überarbeitet.  
Abb. 9: Grundlage Bild.  
Abb. 10: Feste Hindernisse.  
Abb. 11: Bewegliche Hindernisse.  
Abb. 12: Aussenbestuhlung und Einzelhandel.  
Abb. 13: Personen.  
Abb. 14: Raum für Fußgänger.  
Abb. 15: Raum für Rad- und Lieferverkehr.  
Abb. 16: Finales Bild.  
Abb. 17: Analyse Raumnutzung Ludwigsplatz.  
Abb. 18: Ludwigsplatz 1.  
Abb. 19: Ludwigsplatz 2.  
Abb. 20: Ludwigsplatz 3.  
Abb. 21: Ludwigsplatz 4.  
Abb. 22: Ludwigsplatz 5.  
Abb. 23: Ludwigsplatz 6.  
Abb. 24: Ludwigsplatz 7.  
Abb. 25: Ludwigsplatz 8.  
Abb. 26.1: Theoretisch verfügbare Bewegungsfläche am Ludwigsplatz.  
Abb. 26.2: Tatsächlich verfügbare Bewegungsfläche am Ludwigplatz.  
Abb. 27: Analyse Raumnutzung Lidellplatz.  
Abb. 28: Lidellplatz 1.  
Abb. 29: Lidellplatz 2.  
Abb. 30: Lidellplatz 3.  
Abb. 31: Lidellplatz 4.  
Abb. 32: Lidellplatz 5.  
Abb. 33: Lidellplatz 6.  
Abb. 34: Lidellplatz 6.  
Abb. 35: Lidellplatz 8.  
Abb. 36.2: Theoretisch verfügbare Bewegungsfläche am Lidellplatz.  
Abb. 36.2: Tatsächlich verfügbare Bewegungsfläche am Lidellplatz.  
Abb. 37: Analyse Raumnutzung Dielingerstrasse.  
Abb. 38: Analyse Raumnutzung Bierstraße.  
Abb. 39: Dielingerstrasse 1.  
Abb. 40: Bierstrasse 1.



ABB. 01: ERDGESCHOSSZONE IN DER ADLERSTRASSE

**JONA THIELE**  
**FELIX WEIMERT**  
**NIKLAS WITTIG**

## **NUTZUNG UND AUSGESTALTUNG VON ERDGESCHOSSZONEN**

Die Erdgeschosszone bildet die wichtigste Schnittstelle zwischen öffentlichem und privatem Raum und definiert so die Charakteristik, Identität und Funktion einer Stadt maßgeblich. An diesem Kontakt-punkt in der untersten Etage entfaltet sich das städtische Leben mit einer Vielzahl von Nutzungen und Aktivitäten und bringt so Menschen zusammen (Masboungi, 2016).

Deshalb besitzt die planerische Auseinandersetzung mit Erdgeschosszonen in der aktuellen Stadt- und Quartiersplanung einen immer höheren Stellenwert, da sie ein wichtiger Bestandteil eines funktionierenden Stadtraumes darstellt. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass aufgrund der politischen und gesellschaftlichen Bemühungen, den Verkehr in den Städten auf umweltfreundlichere Fortbewegungsmethoden umzustellen, die Anzahl der Radfahrer\*innen und Fußgänger\*innen signifikant ansteigen wird (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, o.J.). Insbesondere unter diesem Gesichtspunkt stellt die Sicherheit dieser Verkehrsteilnehmer\*innen einen wichtigen Bestandteil bei der Planung von Straßenräumen dar.

Die folgende Arbeit konzentriert sich darauf, zu ersten Erkenntnissen über die Bedürfnisse der Zufußgehenden und Radfahrenden, insbesondere im Zusammenhang mit der architektonischen und nutzungsorientierten Ausgestaltung der Erdgeschosszone zu kommen. Ziel der Forschungsarbeit ist somit, detailliertere Aussagen über die Bedürfnisse der untersuchten Zielgruppe zu treffen, um diese als Entwurfsparameter bei der Gestaltung von Erdgeschosszonen einzusetzen. Hierfür wurden zwei exemplarische Situationen in der Karlsruher Innenstadt untersucht. In einem ersten Schritt sollen die spezifischen Erdgeschossnutzungen und architektonischen Ausgestaltungen kartiert werden und auf dessen Grundlage erste Beobachtungen über das Bewegungsverhalten von Radfahrer\*innen und Fußgänger\*innen aufgenommen werden. Um zu Erkenntnissen über die subjektiven Assoziationen und Bewertungen spezifischer stadträumlicher Situationen zu kommen, soll im zweiten Schritt ein Fragebogen erstellt werden, welcher verschiedene situative Erdgeschosszonen in den untersuchten Gebieten zeigt.

# EINLEITUNG | MOTIVATION | THEMENFINDUNG

## ERDGESCHOSSE ALS INTEGRATIVE BESTANDTEILE DER STADTPLANUNG

Die hohe Bedeutung der Erdgeschosszone als vermittelndes Scharnier zwischen öffentlichem und privatem Raum für ein lebendiges städtisches Gewebe ist unstrittbar. Schon im Mittelalter dienten die Erdgeschosszonen der Städte als wichtiger Kontakt- und Umschlagplatz für die hiesige Bevölkerung (Medina Warmburg, 2021). Die städtebaulichen Bestrebungen der Nachkriegszeit ließen dann aus vielen Erdgeschosszonen Abfallprodukte zugunsten der funktionalen und autofreundlichen Stadt werden (Masboungi, 2016). Die gegensätzlichen, zeitgemäßen städtebaulichen und architektonischen Bestrebungen die Erdgeschosszonen als sozio-ökologischer Katalysator zu revitalisieren zielen darauf hin, das gewünschte städtische Lebensgefühl zurückzugewinnen, welches im Zuge der Corona Pandemie und des immer größer werdenden Leerstandes in den Stadtzentren verloren gegangen ist (Schmalz, 2021).

Dies kann beispielsweise über eine konkrete Nutzung beeinflusst werden, welche potenzielle zufällige Begegnungen oder spezifische Treffpunkte definiert. So sprechen beispielsweise Nutzungen, welche den täglichen Bedarf an Nahrungsmitteln abdecken oder Konsumgüter vertreiben, sowohl Laufkunden als auch Zielkunden an. Diese Nutzungen sorgen dementsprechend für eine hohe Aktivierung und Belebung des Straßenraumes durch ein hohes Besucheraufkommen. Kleine Cafés oder spezifische Dienstleister wie Friseure, Arztpraxen oder Handwerker bilden stattdessen spezifische Treffpunkte aus, welche auf nachbarschaftlichem Maßstab ein Quartier beleben können (bulwiengesa AG, 2020).

## MOBILITÄTSTREND ZUFUSSGEHEN UND RADFAHREN

Das angelsächsische Prinzip der „walkable city“ geht davon aus, dass in wichtigen Geschäftsstraßen Fußgänger bevorzugt werden und Autos ausgeschlossen werden (Masboungi, 2016). Dies wird sich in den kommenden Jahren noch weiter auf andere Teile der Stadt ausweiten, da laut dem Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg besonders aus ökologischer Sicht der öffentliche Nahverkehr sowie der Fuß- und Radverkehr zugunsten belebter und grünerer Stadträume gestärkt werden sollte (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, o.J.).

Das Gehen und Fahrradfahren als integraler Bestandteil der täglichen Fortbewegung ist nicht nur förderlich für die Gesundheit, sondern auch kostengünstig und weitgehend zugänglich für breite Bevölke-

rungsschichten. Darüber hinaus stellen sie die nachhaltigsten Optionen für Fortbewegung dar (Umweltbundesamt, 2023). Trotz dieser Vorteile wird die Attraktivität des Fuß- und Radverkehrs durch verschiedene Faktoren beeinträchtigt, wobei das subjektive Empfinden von Stress im Straßenraum einen besonders bedeutsamen Einfluss ausübt. Eine Untersuchung des ADFC (vgl. Abb. 02) im Jahr 2022 hat gezeigt, dass seit 2012 die Bedeutung des Radfahrens für die Menschen deutlich zugenommen hat (ADFC, 2022). Gleichzeitig steigt die Anzahl der Zufußgehenden und Radfahrenden in städtischen Gebieten Deutschlands stark an, weshalb davon auszugehen ist, dass besonders in belebten innerstädtischen Gebieten eine immer höhere Konzentration von Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen auftreten wird (Nobis, 2019).



ABB. 02: FAHRRADKLIMA - TEST (ADFC, 2022)

## FUNKTIONIERENDE ERDGESCHOSSZONEN UND SICHERHEIT FÜR RADFAHRER\*INNEN UND FUSSGÄNGER\*INNEN

Die Innenstädte sind somit mit einem höheren Aufkommen von Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen konfrontiert, während gleichzeitig funktionierende Erdgeschosszonen eine immer höhere Bedeutung in der Stadtplanung besitzen, um die gewünschte kollektive Urbanität durch das Verzähnen von Innen und Außen durch beispielsweise flexible Möblierung oder Reklame wieder herstellen zu können (Nobis, 2019; Masboungi, 2016). Hierbei stellt sich jedoch unweigerlich die Frage, inwiefern eine ideale, konflikt- und stressfreie Fortbewegung zu Fuß oder auf dem Rad mit den Interessen einer belebenden und verknüpfenden Erdgeschosszone kollidiert. Während die Parameter für eine funktionierende Erdgeschosszone durch architekturtheoretische Arbeiten und gesellschaftliche Rahmenbedingungen für Planer\*innen zumeist greifbar sind, ist es auch aufgrund fehlender Datengrundlagen oftmals schwierig konkrete Bedürfnisse der Zufußgehenden und Radfahrenden in den Entwurfsprozess und in gesetzliche Rahmenbedingungen wie Bebauungspläne miteinfließen zu lassen. Aus diesem Grund thematisiert die vorliegende Forschungsarbeit konkret, wie sich die Nutzung und Ausgestaltung von Erdgeschosszonen auf das Bewegungsverhalten und Stressniveau von Verkehrsteilnehmer\*innen auswirkt, um so erste Rückschlüsse in Bezug auf die Bedürfnisse von Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen auf die Planung von Erdgeschossen anwenden zu können.

## FORSCHUNGSFRAGE

### **WIE WIRKEN SICH NUTZUNG UND AUSGESTALTUNG VON ERDGESCHOSSZONEN AUF DAS BEWEGUNGSVERHALTEN UND DIE STRESSWAHRNEHMUNG VON VERKEHRSTEILNEHMER\*INNEN AUS?**

Die Innenstadt, als zentraler Kernbereich einer Stadt, wird wesentlich durch die Nutzung und Gestaltung ihrer Erdgeschosszonen geprägt. Diese Zonen spielen besonders entlang der wichtigen Verkehrs- und Versorgungswege eine bedeutende Rolle und bestimmen maßgeblich das Erscheinungsbild und die Lebensqualität im städtischen Zentrum. Dabei ist auch die Aneignung des vorgelagerten öffentlichen Raums durch die Erdgeschossnutzung, wie beispielsweise Gastronomie oder Geschäften, deren Vorzonen häufig weit in den Straßenraum hinausragen, von hoher Bedeutung.

Die Art und Weise, wie Erdgeschosszonen genutzt und gestaltet werden, trägt somit entscheidend zur Charakteristik und Attraktivität der Innenstadt bei.

Die Auseinandersetzung mit dieser Forschungsfrage soll den Einfluss der Erdgeschosszonen auf die Stresswahrnehmung der verschiedenen Verkehrsteilnehmer\*innen untersuchen. Die Erkenntnisse dieser Untersuchung kann im Anschluss dazu dienen Maßnahmen sowie Planungsstrategien zu entwickeln, wie die Stresswahrnehmung der Verkehrsteilnehmer\*innen reduziert werden kann.

### **WIE VERÄNDERT SICH DAS BEWEGUNGSVERHALTEN DER VERKEHRSTEILNEHMER\*INNEN IN ABHÄNGIGKEIT VON WOCHENTAG UND UHRZEIT?**

Die Ausgestaltung der Erdgeschosszonen und die ihr vorgelagerten Bereiche prägt nicht nur das städtische Erscheinungsbild, sondern kann auch das Bewegungsverhalten der Verkehrsteilnehmer\*innen in erheblichen Maße beeinflussen. Diese Dynamik kann in Abhängigkeit von verschiedenen Tageszeiten und Wochentagen durch eine sich ändernde Ausgestaltung der Erdgeschosszonen oder Verkehrsdichte stark variieren.

Somit kann eine Uhr- und tageszeitabhängige Veränderung eine entscheidende Rolle dabei spielen, wie Menschen diese Räume nutzen und wahrnehmen.

Vor diesem Hintergrund soll auch untersucht werden, ob dabei Konflikte zwischen den verschiedenen Verkehrsteilnehmern\*innen entstehen und welchen Einfluss Erdgeschosszonen auf diese möglicherweise haben.

## **WIE BEEINFLUSSEN UNTERSCHIEDLICHE NUTZUNGEN DER ERDGESCHOSSZONEN DAS WOHLBEFINDEN VON VERKEHRSTEILNEHMER\*INNEN?**

Die Multifunktionalität von Innenstädten, insbesondere durch Erdgeschosszonen mit Restaurants oder Geschäften, trägt wesentlich zur Belebung des öffentlichen Raums bei. Die vielfältigen Nutzungen dieser Erdgeschosszonen spielen dabei eine entscheidende Rolle für das Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmer\*innen im Stadtraum. Soziale Interaktion und Begegnungen in Cafés, Restaurants oder auf öffentlichen Plätzen sollen eine Atmosphäre der Gemeinschaft schaffen und das individuelle Wohlbefinden fördern.

Jedoch verändert der zunehmende Onlinehandel, verstärkt durch die Corona-Krise, das Gesicht der Innenstädte. In diesem Wandel fällt besonders auf, dass die Frequenz verschiedener Teilbereiche der Innenstädte unterschiedlich stark ausfällt.

In diesem Kontext soll untersucht werden, wie die verschiedenen Funktionen der Erdgeschosszonen das Wohlbefinden von Verkehrsteilnehmern beeinflussen. Außerdem soll beobachtet werden, ob die konkreten Nutzungen der Erdgeschosse zur Meidung von verschiedenen Gebieten in der Innenstadt führen.

## **WIE BEEINFLUSST DIE AUSGESTALTUNG DER ERDGESCHOSSZONEN DAS WOHLBEFINDEN VON VERKEHRSTEILNEHMER\*INNEN?**

Neben der Nutzung ist auch die Ausgestaltung der Erdgeschosszonen mit festen und verschiebbaren Elementen, die in den öffentlichen Raum hineinragen, maßgeblich prägend für das Stadtbild. Dazu zählen beispielsweise die Anordnung von Bestuhlung in der Außengastronomie, Werbetafeln, Beschilderungen oder Verkaufsgegenstände aber auch baulichen Elementen, wie Arkaden, Schaufenster, Schriftzüge oder Vordächer einen Einfluss auf die Wahrnehmung der Erdgeschosszonen haben.

Vor diesem Hintergrund soll untersucht werden, wie die verschiedenen Elemente der Erdgeschosszonen das Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmer\*innen beeinflussen.

# HINTERGRUND | STAND DER FORSCHUNG

## DAS BAUGESETZBUCH ALS RECHTLICHE GRUNDLAGE

Die Rahmenbedingungen für die sichtbare Ausgestaltung von Erdgeschosszonen sind im Baugesetzbuch und der Baunutzungsverordnung geregelt. Dort ist auch der Bebauungsplan als verbindlicher Bauleitplan verzeichnet (§ 1, Abs. 2, BauGB). Dieser definiert die Art und das Maß der baulichen Nutzung, die Bauweise, die überbaubaren und die nicht überbaubaren Grundstücksflächen, die Stellung der baulichen Anlagen, den besonderen Nutzungszweck von Flächen, die öffentlichen und privaten Grünflächen sowie die Wasserflächen (§ 9, Abs. 1, BauGB). Somit hat dieser einen wesentlichen Einfluss auf die Gestalt, Struktur, Nutzung und Entwicklung des städtischen Raums und dient als die rechtsverbindlichen Festsetzungen für die städtebauliche Ordnung (§ 8, Abs. 1, BauGB).

Ziel des Bebauungsplans ist eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung, die die sozialen, wirtschaftlichen und umweltschützenden Anforderungen und dabei zum Wohl der Allgemeinheit dienende sozialgerechte Bodennutzung ermöglicht. Somit dient er der Schaffung und Erhaltung einer menschenwürdigen Umwelt, welche durch den Schutz natürlicher Lebensgrundlagen und des Klimas gekennzeichnet ist. Unter Beachtung dieser Aspekte soll trotzdem die städtebauliche Gestalt und das Orts- und Landschaftsbild baukulturell erhalten bleiben (§ 1, Abs. 5, BauGB).

## WEITERE RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Während das Baugesetzbuch das Baurecht auf Bundesebene regelt, definiert die Landesbauordnung dies auf Landesebene. Hier findet man ebenso Angaben zur Gestaltung von Erdgeschosszonen. So ist beispielsweise laut § 11, Abs. 1, der LBO BW sicherzustellen, dass bauliche Anlagen harmonisch in ihre Umgebung integriert werden, um das Erscheinungsbild von Straßen, Orten oder Landschaften nicht zu beeinträchtigen oder zu entstellen. Dabei ist besonders auf die Wahrung von kulturellen und natürlichen Denkmälern sowie erhaltenen Eigenarten der Umgebung zu achten. Sie sind so zu gestalten, dass sie nach Form, Maßstab, Werkstoff, Farbe und Verhältnis der Baumassen und Bauteile zueinander nicht verunstaltet wirken (§ 11, Abs. 2, LBO BW). Diese Regelungen sind auch für Werbeanlagen, Automaten und andere Anlagen geltend (§ 11, Abs. 3, LBO BW). Außerdem sind in reinen Wohngebieten, allgemeinen Wohngebieten, Dorfgebieten und Kleinsiedlungsgebieten nur bestimmte Werbeanla-

gen zulässig (§ 11, Abs. 4, LBO BW).

Weitere wichtige Grundlagen für die Festsetzung von Erdgeschosszonen sind im Straßengesetz für Baden Württemberg verankert. Dieses Gesetz hat zum Ziel, die öffentlichen Straßen so bereitzustellen, dass eine Nutzung des Verkehrsraums möglich ist, die den Bedürfnissen aller Mobilitätsgruppen entspricht. Es soll dazu beitragen, eine leistungsfähige, nachhaltige und umweltfreundliche Mobilität zu entwickeln und dabei die sich verändernden Ansprüche an Mobilität und Raum für verschiedene Verkehrsarten im öffentlichen Straßenraum zu berücksichtigen (§ 1, Abs. 1, StrG).

## FORSCHUNGSLÜCKE

Es gibt bereits Forschungen und Studien, die sich auf verschiedene Aspekte der städtebaulichen Gestaltung konzentrieren, darunter unter anderem auf die traditionelle Architektur und Stadtstrukturen in Korrelation mit dem subjektiven Wohlbefinden (Humpert, 2021). Des Weiteren aber auch über die Nutzung öffentlicher, städtischer Räume, sowie den Einfluss von Naturräumen auf die Gesundheit (Rambow, Moczek & Hofmann, 2014; Claßen & Bunz, 2018).

Eine Studie der Georg August Universität Göttingen befasst sich unter anderem mit Konflikten verschiedener Nutzertypen auf der Göttinger Schillerwiese und darüber hinaus, wie abgestellte E-Scooter im dortigen städtischen Kontext wahrgenommen werden (Magotsch, 2023; Bittendorf, 2023).

Die Universität Stuttgart hat im Rahmen des Real Corp zur Steigerung der gendergerechten Stadtplanung für mehr Sicherheit bei Nacht geforscht und hierbei unter anderem den Zusammenhang von baulichen Strukturen und gesellschaftspolitischen Faktoren herausgearbeitet (Kraus & Schwimmer, 2021).

Weitere Forschungen welche im Rahmen der jährlich stattfindenden verkehrswissenschaftlichen Konferenz Real Corp entstanden sind, befassen sich mit einem interdisziplinären Stressforschungsansatz zur Förderung qualitätsvoller öffentlicher Stadträume für den Rad- und Fußverkehr unter Anwendung der EmoCycling-Methode (Haug, Zeile & Neppl, 2023).

Jedoch bezieht sich aktuell keine dieser Untersuchungen explizit auf den möglichen Einfluss der verschiedenen Gestaltungen und Nutzungen von Erdgeschosszonen auf das Stressniveau von Radfahrenden und Zufußgehenden, was in der folgenden Forschungsarbeit näher beleuchtet werden soll.

# METHODIK

## KARTIERUNG

Im Städtebau bezieht sich Kartierung auf den Prozess der Erfassung, Darstellung und Analyse von räumlichen Informationen über eine Stadt oder eine städtische Region. Dieser Aspekt der Kartierung ist entscheidend für die Stadtplanung und ermöglicht es, die bestehende städtebauliche Struktur zu verstehen, Entwicklungsbedürfnisse zu identifizieren und zukünftige Planungen zu gestalten (Spektrum.de, 2024).

Im Rahmen der Forschungsarbeit soll zunächst die bestehende städtebauliche Struktur in den beiden Karlsruher Untersuchungsgebieten K1 und K2 mit einer Bestandsaufnahme erfasst werden. Diese erfolgt auf zwei unterschiedlichen Maßstabsebenen: Zunächst liegt der Fokus auf einem größeren städtischen Kontext, bei dem die unterschiedlichen Funktionen und deren Vorzonen detailliert festgehalten werden. Dieser erste Schritt stellt die Basis der weiteren Forschung dar.

Anschließend werden Vertiefungsgebiete definiert, die eine Betrachtung in einem größeren Maßstab und damit einhergehend, eine detailliertere Kartierung der Erdgeschosse, der Nutzung des Straßenraums mit Mobiliar und der Erfassung von Bewegungslinien ermöglichen. Für diesen zweiten Schritt sind, wie unter „Forschungsfrage“ erläutert, verschiedene Erhebungszeiträume notwendig, welche im folgenden Abschnitt „Beobachtung“ genauer ausgeführt werden.

## BEOBACHTUNG

Die Beobachtung ist eine systematische Methode der Datenerhebung in der empirischen Sozialforschung, bei der Forschende Ereignisse, Verhaltensweisen oder Merkmale erfassen, dokumentieren und analysieren. Im Gegensatz zu spontanen Alltagsbeobachtungen ist sie gezielt an einer Forschungsfrage ausgerichtet. Dabei ist die Anwesenheit der Beobachtenden vor Ort und zum Zeitpunkt des Geschehens entscheidend und erfordert eine genaue Bestimmung des Untersuchungsfeldes, sowie die Auswahl geeigneter Beobachtungszeiten, -orte und -einheiten. Dabei konzentrieren sich die Beobachtungen auf tatsächlich stattfindendes soziales Handeln, Begebenheiten oder Abläufe in unterschiedlichen Kontexten und eignen sich so zur Untersuchung und Analyse des Bewegungsverhaltens von Verkehrsteilnehmer\*innen im städtischen Raum (Thierbach, Petschick, 2022).

Für diese Methodik sind, wie unter „Forschungsfrage“ erläutert, verschiedene Erhebungszeiträume notwendig. Hierfür wurden Montag 8 Uhr, 12 Uhr und 20 Uhr sowie Samstag 8 Uhr, 12 Uhr und 20 Uhr mit einer Beobachtungsdauer von je 30 Minuten definiert, die möglichst Berufsverkehr, Regelbetrieb und Freizeitaktivitäten abdecken sollen. Anschließend soll das Bewegungsverhalten kartiert und im Hinblick auf die Forschungsfragen analysiert werden. Dabei werden auch Konflikte zwischen den Verkehrsteilnehmer\*innen dokumentiert. Diese können beispielsweise Ausweichen oder Abbremsen sein.

## **BEFRAGUNG**

Die Befragung gilt als klassisches Instrument der Datenerhebung in den empirisch orientierten Disziplinen der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften. Insbesondere in der Markt- und Meinungsforschung hat ihre Bedeutung in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen. Sie stellt eine wirksame Methode dar, um die subjektiven Wahrnehmungen der beteiligten Personen zu erfassen (Reinecke, 2022).

Die Befragung, welche zur Beleuchtung subjektiver Teilespekte der gestellten Forschungsfragen dient, sieht einen standardisierten Fragebogen zur digitalen Bearbeitung vor, bei dem im ersten Teil statistische Daten erhoben werden. Im zweiten Teil sollen die befragten Personen verschiedene Bildsituationen assoziativ im teiloffenen Fragemodus beurteilen. Die Bewertung der Situationen erfolgt dabei mit Hilfe von kategorialen Antwortmöglichkeiten, in diesem Fall mit einer Rangskala. Ergänzt werden diese durch ungestufte Antwortmöglichkeiten, bei der auch Mehrfachnennungen und individuelle Ergänzungen durch die befragte Person möglich sind.

Diese zweistufige Struktur ermöglicht eine differenzierte Datenerhebung. Im ersten Teil werden demografische Informationen gesammelt, während der zweite Teil einen qualitativen Ansatz verfolgt, indem die befragten Personen ihre subjektiven Assoziationen und Bewertungen zu den präsentierten Bildsituationen teilen. Die Verwendung einer Rangskala bietet eine strukturierte Methode zur Einschätzung, während die ungestuften Antwortmöglichkeiten Raum für individuelle Meinungen und Ergänzungen lassen.

# DURCHFÜHRUNG

## KARTIERUNG

Die Erstellung der notwendigen Karten für die beiden Gebiete in Karlsruhe, die die Basis der Kartierung darstellen, erfolgte auf Grundlage von Qgis - Daten. Diese wurden mit Hilfe von Luftbildern, die eine visuelle Übersicht über die Gebiete verschaffen, ergänzt. Anschließend wurden die Luftbilddaten mit einer Vorortbegehung sukzessiv mit weiteren Informationen vervollständigt, wodurch Karten auf zwei unterschiedlichen Maßstabsebenen entstanden sind. Die Karte im größeren Maßstab zeigt jeweils das komplette Untersuchungsgebiet K1 und K2 und enthält Daten zu Nutzung, Ausgestaltung der Vorzone und Erschließung. Bei der Karte im kleineren Maßstab handelt es sich um Vertiefungsausschnitte der Untersuchungsgebiete, die in Anlehnung an den Nolli - Plan den öffentlich zugänglichen Stadtraum darstellen. Für jedes Untersuchungsgebiet wurden je ein Vertiefungsausschnitt definiert, der eine Vielzahl an unterschiedlichen Erdgeschossnutzungen mit Vorzonen und Verkehrsteilnehmern, sowie potentielle Konfliktstellen wie Kreuzungen oder das Ende von Fußgängerzonen aufweist (vgl. Abb. 03). Da für die Gebiete in Osnabrück keine Begehung durchgeführt werden kann, diese jedoch unverzichtbar ist, wurde die Kartierung nur für die Gebiete in Karlsruhe durchgeführt.

## BEOBACHTUNG

Die Beobachtung erfolgte gemäß den Ausführungen unter „Methodik“ und wurde durch Feldskizzen dokumentiert, um sie anschließend auswerten zu können (vgl. Abb. 04). Im Untersuchungsgebiet K1 wurde die Beobachtung am Montag, 05.02.2024 und am Samstag, 10.02.2024 jeweils von 8 - 8:30 Uhr, 12 - 12:30 Uhr und 20 - 20:30 Uhr

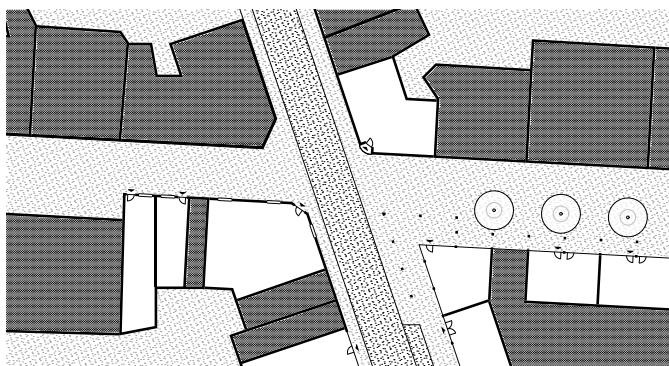


ABB. 03: BEISPIELHAFTER VERTIEFUNGSAUSSCHNITT



ABB. 04: FELDSKIZZE

durchgeführt. Die Beobachtung des Untersuchungsgebiets K2 erfolgte am Montag, 19.02.204 und am Samstag, 24.02.2024 jeweils von 8 - 8:30 Uhr, 12 - 12:30 Uhr und 20 - 20:30 Uhr. Aufgrund der zwischenzeitlich hohen Fluktuation sind insbesondere in den Zeiträumen von 8 - 8:30 Uhr und von 12 - 12:30 Uhr Messungenauigkeiten möglich. Da für die Gebiete in Osnabrück keine Begehung durchgeführt werden kann, diese jedoch unverzichtbar ist, wurde die Beobachtung nur für die Gebiete in Karlsruhe durchgeführt.

## BEFRAGUNG

Die Befragung wurde mit dem Onlinetool Google Docs gemäß den Ausführungen unter Methodik erstellt. Nach der Erfassung der demografischen Daten wurden den Befragten insgesamt zehn Bildsituationen aus den Untersuchungsgebieten K1 und K2 gezeigt, zu denen die Teilnehmenden vier Fragen mit Hilfe einer Rangskala von 1 bis 5 beantworten sollten. Abschließend erhielten die Teilnehmenden die Möglichkeit die Erdgeschosszonen mit ungestuften Antwortmöglichkeiten zu bewerten. Dabei konnten auch individuelle Ergänzungen hinzugefügt werden (vgl. Abb. 05 & 06).

**Fall 1**

Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenaums?

1	2	3	4	5	
Sehr negativ	<input type="radio"/> Sehr positiv				

Wie gerne würden sie den Ort besuchen?

1	2	3	4	5	
Sehr ungern	<input type="radio"/> Sehr gerne				

Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?

1	2	3	4	5	
Sehr unangenehm	<input type="radio"/> Sehr angenehm				

Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsbauflug ein?

1	2	3	4	5	
Wenig stark	<input type="radio"/> Sehr stark				

Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall Ihr Wohlbefinden?

- Schaufenster
- Reklame/Werbung
- Fassadenmaterial
- Vegetation
- Straßenbelag
- Fahrräder
- Autos
- E-Scooter
- Stellplätze
- Nutzung
- Sonstiges:

ABB. 05: UMFRAGE BEISPIEL FALL 1

**Fall 6**

Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenaums?

1	2	3	4	5	
Sehr negativ	<input type="radio"/> Sehr positiv				

Wie gerne würden sie den Ort besuchen?

1	2	3	4	5	
Sehr ungern	<input type="radio"/> Sehr gerne				

Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?

1	2	3	4	5	
Sehr unangenehm	<input type="radio"/> Sehr angenehm				

Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsbauflug ein?

1	2	3	4	5	
Wenig stark	<input type="radio"/> Sehr stark				

Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall Ihr Wohlbefinden?

- Schaufenster
- Reklame/Werbung
- Fassadenmaterial
- Vegetation
- Straßenbelag
- Fahrräder
- Autos
- E-Scooter
- Stellplätze
- Nutzung
- Sonstiges:

ABB. 06: UMFRAGE BEISPIEL FALL 6

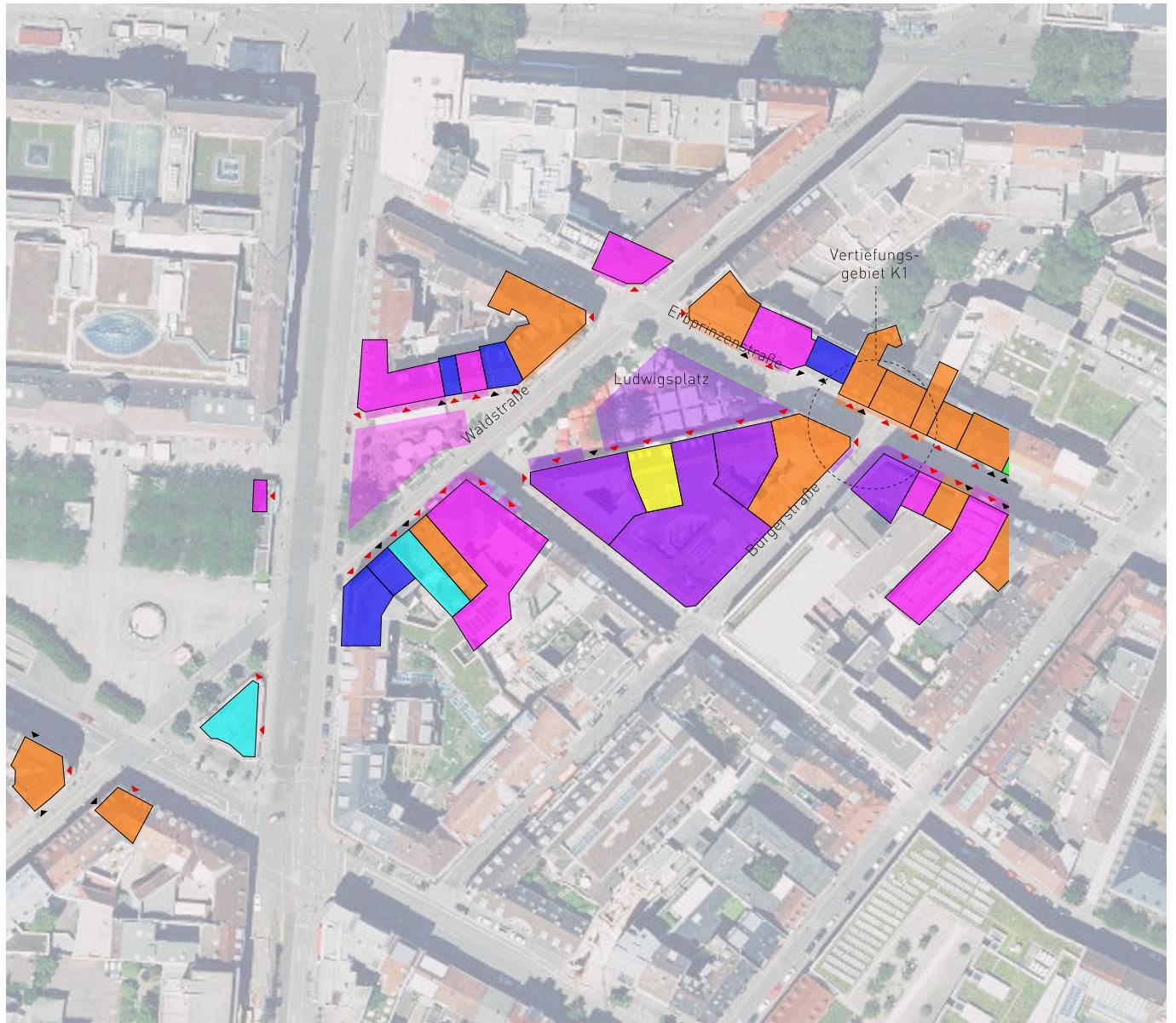


ABB. 07: NUTZUNGSKARTE UNTERSUCHUNGSGEBIET K1 (LUDWIGSPLATZ)



#### LEGENDE

<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Galerie	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Dienstleistung	<span style="background-color: brown; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Schule	<span style="color: red;">▲</span>	Öffentliche Erschl.
<span style="background-color: magenta; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Restaurant	<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Med. Versorgung	<span style="background-color: grey; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Leerstand	<span style="color: red;">△</span>	Gemischte Erschl.
<span style="background-color: purple; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Bar	<span style="background-color: green; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Büro	<span style="border: 2px dashed red; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Baustelle	<span style="color: red;">▼</span>	Außenflächen in transparenter Nutzungsfarbe
<span style="background-color: orange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Geschäft	<span style="background-color: limegreen; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Wohnen	<span style="color: red;">▲</span>	Private Erschl.		

## ERKENNTNISSE NUTZUNGSKARTE K1 - LUDWIGSPLATZ

Das Gebiet K1 (vgl. Abb. 07) erstreckt sich über einen Teil der Erbprinzenstraße sowie der Waldstraße und befindet sich direkt in der Karlsruher Innenstadt. Im Osten bildet die Kreuzung Herrenstraße und Erbprinzenstraße den Auftakt des Untersuchungsgebiets. An dieser Kreuzung befindet sich auch der Übergang von einer Fahrradstraße zu einer Fußgängerzone. In dieser sind Radfahrende sowie Lieferverkehr, jedoch nur zu bestimmten Uhrzeiten, erlaubt. Die Fußgängerzone führt dann fließend in den sich öffnenden Stadtraum mit dem Ludwigsplatz fort. Am westlichen Abschluss des Ludwigsplatz, an der Kreuzung Waldstraße und der stark befahrenen Karlsstraße, endet auch die Fußgängerzone. Bei der Morphologie der Bebauung handelt es sich um eine dichte Blockrandbebauung, bei der die Erschließung typischerweise von der Straße aus erfolgt. Die Parzellierung und Fassadengestaltung ist sehr heterogen.

Das Untersuchungsgebiet K1 ist charakterisiert durch eine hohe Dichte an Geschäften, Dienstleistungen und anderen kommerziellen Aktivitäten. Die Bereiche der Erdgeschosse werden mit einer Ausnahme im östlichen Bereich der Erbprinzenstraße ausschließlich kommerziell genutzt und weisen häufig großflächige Schaufenster auf. In den oberen Geschossen sind sowohl Büros und andere Dienstleistungen wie auch Wohnen verortet, die ausschließlich über eine sekundäre Erschließung zugänglich sind (vgl. Abb. 08).

Der östliche Teil, etwa bis zur Kreuzung Erbprinzenstraße / Waldstraße, ist vermehrt durch Geschäfte und Dienstleistungen geprägt und Restaurants und Bars sind nur vereinzelt vorhanden. Im Bereich des Ludwigsplatz ändert sich dies und der Fokus der Nutzungen liegt primär auf Restaurants und Bars. Die einzelnen Funktionen dehnen sich mit Ihren Vorzonen unterschiedlich stark in den Straßenraum aus. Geschäfte und Dienstleistungen greifen beispielsweise mit Kartenständern, Aufbewahrungs- und Ausstellungskisten sowie Klappschildern häufig zwischen 1,5m und 2m in den Straßenraum ein. Bei der Gastronomie greifen die Bereiche der Außengastronomie durch Bestuhlung, Tischen und Sonnenschirm mit etwa 3m bis 4m weitaus tiefer in den Straßenraum ein, während der Ludwigsplatz komplett durch die Außengastronomie besetzt wird. Ergänzt werden die beweglichen Objekte durch feste Installationen wie Vordächer, darunter auch Markisen oder (Leucht-)Reklame (vgl. Abb. 09).



ABB. 08: SEKUNDÄRERSCHLIESSUNG



ABB. 09: REKLAME AM LUDWIGSPLATZ



ABB. 10: BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIEKT K1 MONTAG 05.02.2024 8:00 - 8:30 UHR



ABB. 11: BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIEKT K1 SAMSTAG 10.02.2024 8:00 - 8:30 UHR



#### LEGENDE

Zufußgehende

Radfahrende

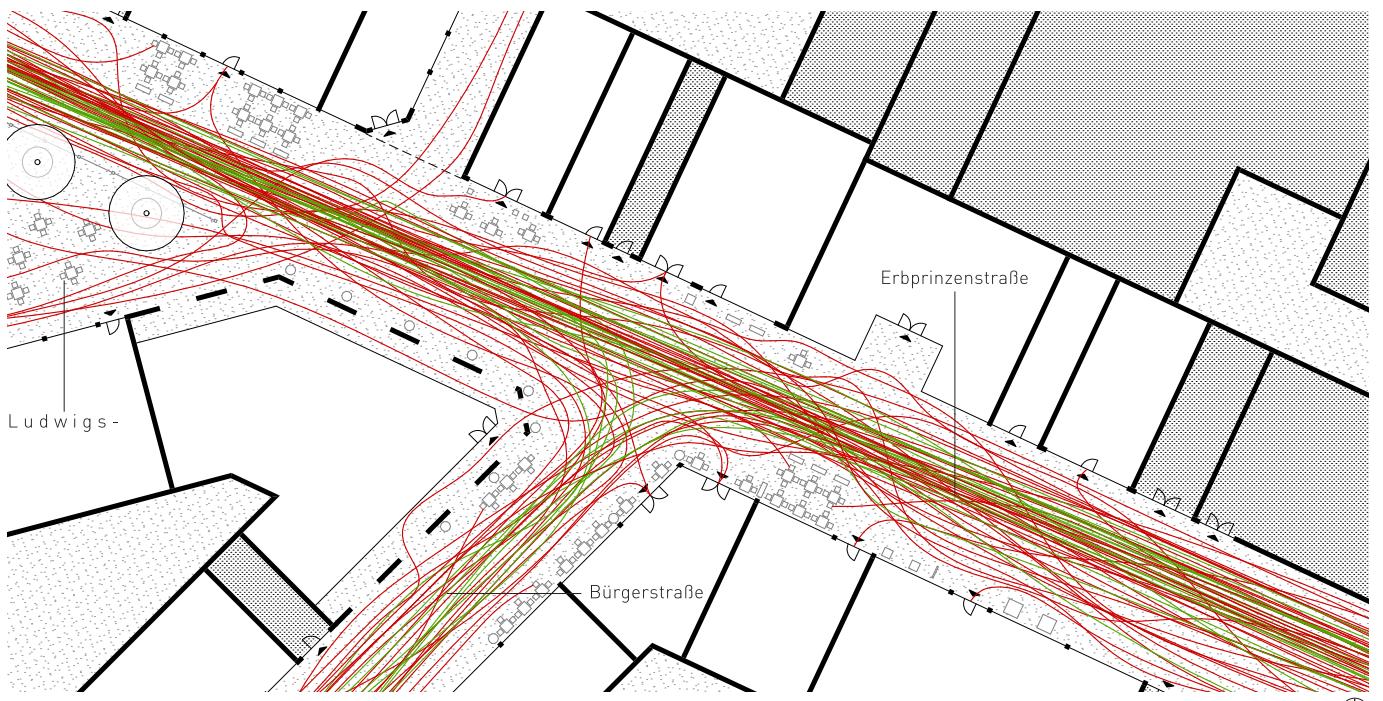


ABB. 12: BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIET K1 MONTAG 05.02.2024 12:00 - 12:30 UHR

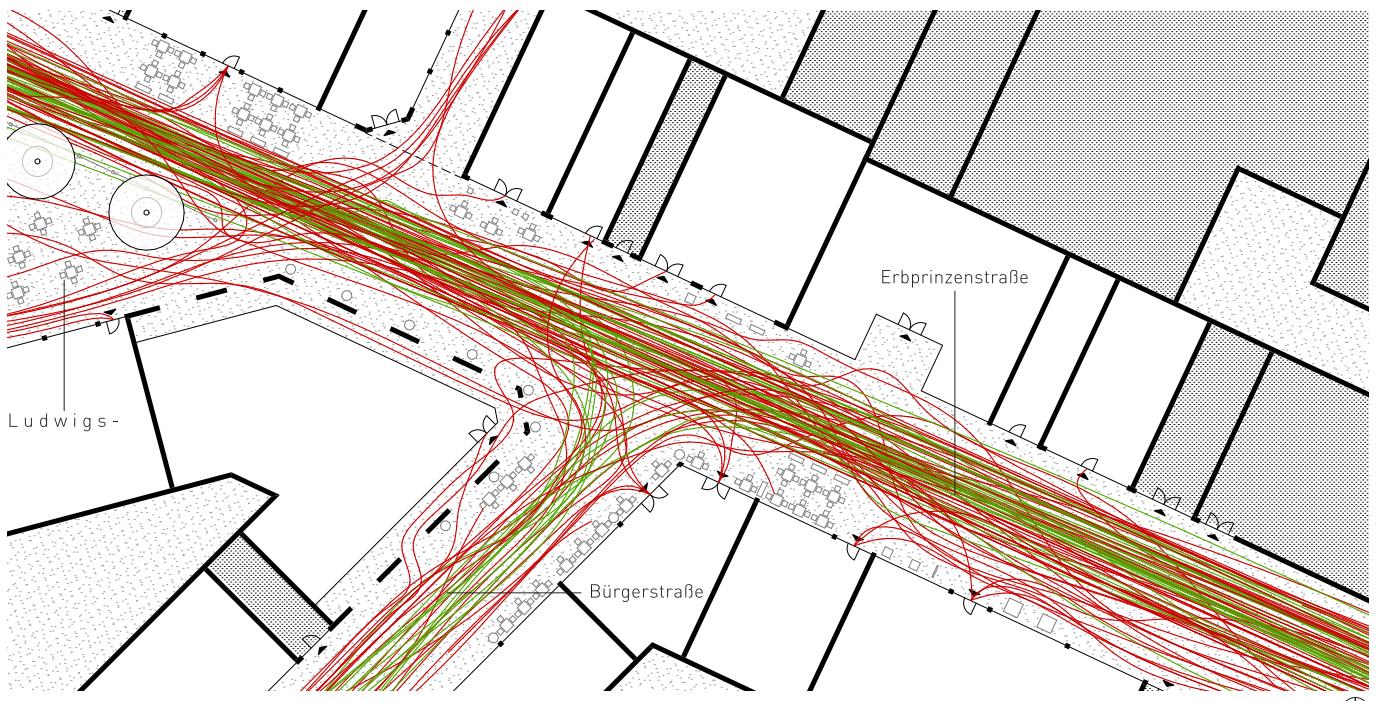


ABB. 13: BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIET K1 SAMSTAG 10.02.2024 12:00 - 12:30 UHR



#### LEGENDE

Zufußgehende

Radfahrende



ABB. 14: BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIET K1 MONTAG 05.02.2024 20:00 - 20:30 UHR

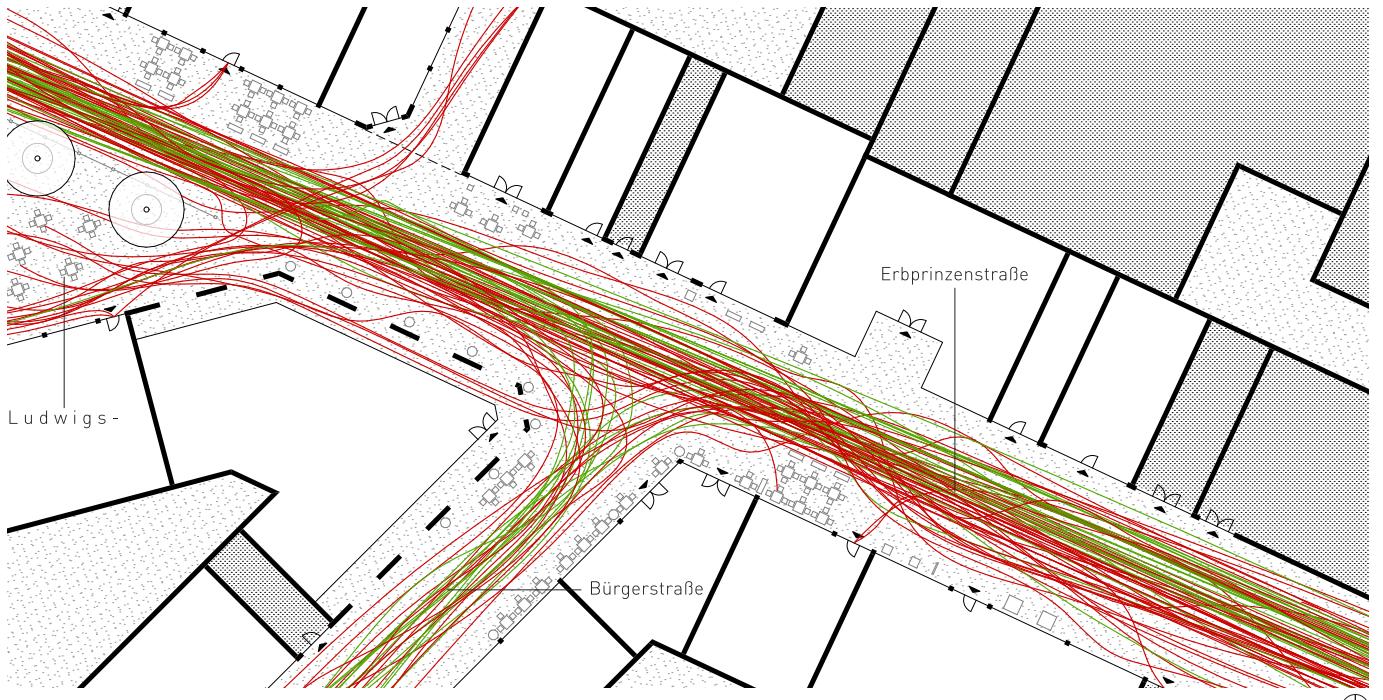


ABB. 15: BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIET K1 SAMSTAG 10.02.2024 20:00 - 20:30 UHR

#### LEGENDE

- Zufußgehende
- Radfahrende

## **ERKENNTNISSE BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIET K1**

Das Vertiefungsgebiet im Gebiet K1 liegt an der Kreuzung der Erbprinzen- und Bürgerstraße und mündet im weiteren Verlauf in westlicher Richtung auf den Ludwigsplatz. Beide Straßen sind Fußgängerzonen, welche für den Radverkehr sowie den temporär beschränkten Lieferverkehr offen sind. Das gesamte Areal ist durch eine hohe Urbanität, gefördert durch lebendige Außenmöblierung, Schaufenster, Werbeanlagen und Fassadenbeschriftung, gekennzeichnet. Im Erdgeschoss findet sich hauptsächlich Gastronomie, welche meist eine teils drei bis vier Meter in den Straßenraum ragende Außenbestuhlung besitzt. Daneben sind weitere Geschäfte mit kleineren, der Warenpräsentation dienenden Vorzonen vorhanden. Lediglich im Osten findet sich vereinzelt eine Wohnnutzung im Erdgeschoss. Fast im gesamten Vertiefungsgebiet besitzen die Gebäude einen klaren Abschluss zur Straße, nur das Eckgebäude zwischen Ludwigsplatz und Bürgerstraße verfügt über Arkaden.

Das Gebiet wurde zur vertiefenden Analyse des Bewegungsverhaltens von Radfahrenden und Zufußgehenden ausgewählt, da es aufgrund der Nutzungsstruktur durch eine hohe Urbanität und ein hohes Verkehrsaufkommen gekennzeichnet ist. Darüber hinaus herrscht auf den Straßen aufgrund der Mischung aus Rad- und Fußverkehr sowie der ausgeprägten Außenmöblierung eine sehr hohe Dichte, was ein hohes Konfliktpotenzial zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmer\*innen vermuten lässt. Bei der Darstellung der Bewegungslinien wurde der motorisierte Individualverkehr aus Gründen der Lesbarkeit und Übersichtlichkeit vernachlässigt. Außerdem wurden größere Personengruppen zusammengefasst und durch eine Bewegungslinie dargestellt.

Datum & Zeit	Anzahl der Radfahrenden	Anzahl der Zufußggenden
Mo, 05.02.2024, 8:00 - 8:30 Uhr	32	31
Sa, 10.02.2024, 8:00 - 8:30 Uhr	10	18
Mo, 05.02.2024, 12:00 - 12:30 Uhr	22	61
Sa, 10.02.2024, 12:00 - 12:30 Uhr	40	95
Mo, 05.02.2024, 20:00 - 20:30 Uhr	24	29
Sa, 10.02.2024, 20:00 - 20:30 Uhr	32	72

ABB. 16: VERKEHRSZÄHLUNG VERTIEFUNGSGEBIET K1

Die Auswertung und Zählung der Verkehrsteilnehmer\*innen zeigt, dass in dem Vertiefungsgebiet aufgrund der innerstädtischen Lage ein hohe Frequentierung durch Fußgänger\*innen und Fahrradfahrer\*innen besteht, die das Gebiet vor allem aufgrund des hohen Angebots verschiedener Funktionen besuchen.

Insgesamt zeigt die Auswertung, dass die Anzahl der Zufußgehenden, und damit einhergehend die Frequentierung des Vertiefungsgebiets, mit etwa 306 fast doppelt so hoch ist wie die Anzahl der Radfahrenden (160). Dabei war die Auslastung am Wochenende mit insgesamt 267 Radfahrenden und Zufußgehenden deutlich höher als unter der Woche (199). Besonders der Zeitraum von 12:00 Uhr bis 12:30 Uhr sowie 20:00 bis 20:30 sticht mit einer hohen Anzahl hervor.

Im Vergleich dazu ist die Zahl der Radfahrer\*innen und Fußgänger\*innen, die das Gebiet in den Morgenstunden zwischen 8 Uhr und 8:30 Uhr passieren sehr gering. Besonders der Zeitraum am Samstagmorgen stellt mit insgesamt 28 Radfahrenden und Zufußgehenden die geringste Anzahl aller Beobachtungszeiträume dar (vgl. Abb. 11).

Analog zur tages- und uhrzeitabhängigen Auslastung des Verkehrsraumes kommt es bei hoher Frequentierung, wie zwischen 12:00 Uhr und 12:30 Uhr sowie 20 Uhr und 20:30 Uhr, auch zu den meisten Konflikten zwischen den verschiedenen Verkehrsteilnehmer\*innen (vgl. Abb 12-15).

Die Bewegungslinien zeigen, dass der gesamte Straßenraum im Sinne eines Shared-Space ohne Trennungen und Barrieren gleichermaßen und gleichzeitig von Radfahrer\*innen und Fußgänger\*innen genutzt wird. Dies führt, wie die Beobachtungen zeigen, zwangsläufig zu Konflikten zwischen den verschiedenen Verkehrsteilnehmer\*innen. Eine Ursache der Konflikte ist dabei unter anderem, dass der tatsächlich nutzbare Straßenquerschnitt durch Außengastronomie und sonstige Staffage deutlich geringer ist und der Straßenraum die große Anzahl an Radfahrenden und Zufußgehenden kaum aufnehmen kann. Zusätzlich stellt auch die unterschiedliche Geschwindigkeit und Fortbewegungsweise der Zufußgehenden und Radfahrenden eine Ursache dar. Wie die Bewegungslinien zeigen, nutzen viele Fahrradfahrer\*innen das Gebiet, um von Westen nach Osten zu gelangen. Demgegenüber stehen die Zufußgehenden, die das Gebiet vorwiegend zum Einkaufen und Bummeln oder den Besuch von Bars und Restaurants nutzen. Dies resultiert in einer stark reduzierten Laufgeschwindigkeit oder das häufige Kreuzen der Straße.

Auch die Kreuzung Erbprinzenstraße / Bürgerstraße stellt mit dem Café, dessen Außengastronomie sich zu allen Seiten der Kreuzung verteilt und in den Straßenraum hineinragt, eine unübersichtliche und potenzielle Gefahrenstelle dar. Zu Konflikten mit PKW und LKW kommt es kaum, da dieser weitestgehend beschränkt ist.

Dementsprechend können die Konflikte zwischen den Verkehrsteilnehmer\*innen in dem Vertiefungsgebiet durchaus auf bestimmte Erdgeschosszonen zurückgeführt werden.

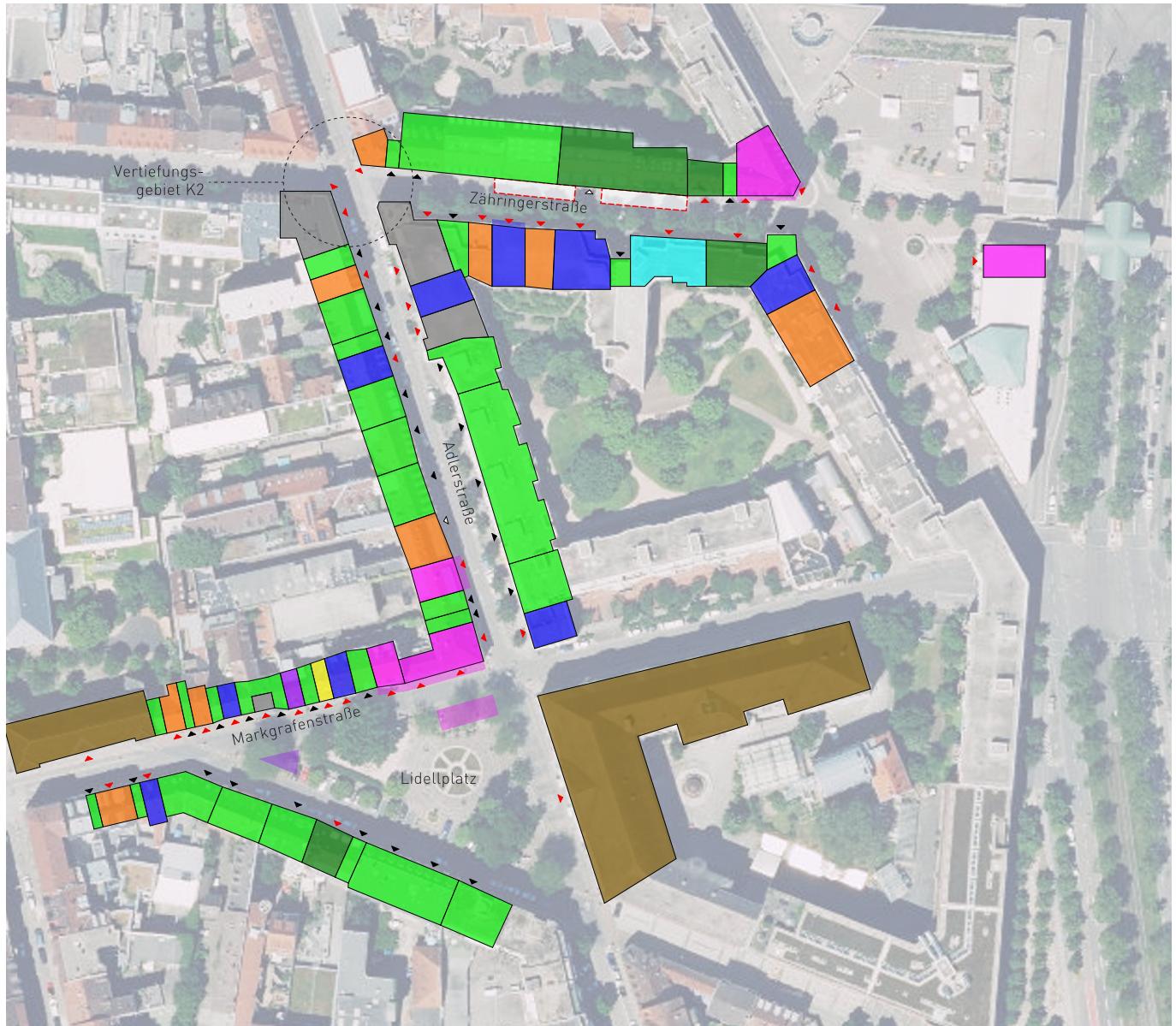


ABB. 17: NUTZUNGSKARTE UNTERSUCHUNGSGEBIET K2 (LIDELLPLATZ)



#### LEGENDE

<span style="color: yellow;">■</span>	Galerie	<span style="color: blue;">■</span>	Dienstleistung	<span style="color: brown;">■</span>	Schule	<span style="color: red;">▲</span>	Öffentliche Erschl.
<span style="color: cyan;">■</span>	Restaurant	<span style="color: cyan;">■</span>	Med. Versorgung	<span style="color: grey;">■</span>	Leerstand	<span style="color: black;">△</span>	Gemischte Erschl.
<span style="color: purple;">■</span>	Bar	<span style="color: green;">■</span>	Büro	<span style="color: red;">— -</span>	Baustelle		Außenflächen in transparenter Nutzungsfarbe
<span style="color: orange;">■</span>	Geschäft	<span style="color: lime;">■</span>	Wohnen	<span style="color: black;">▲</span>	Private Erschl.		

## ERKENNTNISSE NUTZUNGSKARTE K2 - LIDELLPLATZ

Das Gebiet K2 (vgl. Abb. 17) erstreckt sich z-förmig über Teile der Zähringerstraße, Adlerstraße sowie Markgrafenstraße und befindet sich am östlichen Rand der Karlsruher Innenstadt. Im Osten bildet der Kronenplatz den Auftakt des Untersuchungsgebiets. Von hier führt eine Fußgängerzone nach Westen bis zur Kreuzung Zähringerstraße / Adlerstraße, in der auch Radfahrende, Lieferverkehr, jedoch nur zu bestimmten Uhrzeiten, sowie die Zufahrt zu einer Tiefgarage zulässig sind. Den Abschluss der Fußgängerzone bildet die Kreuzung Zähringerstraße / Adlerstraße, die durch verschiedene Verkehrsteilnehmer genutzt wird. Am Lidellplatz geht das Gebiet erneut in eine Fußgängerzone über, die ebenfalls durch Radfahrende, Lieferverkehr und Nutzer\*innen der Tiefgaragen befahren werden darf und bis zum westlichen Abschluss des Lidellplatzes reicht. Bei der Morphologie der Bebauung handelt es sich um eine dichte Blockrandbebauung bei der sich die Dichte und Größe der unterschiedlichen Blöcke teilweise stark unterscheidet. Auffallend ist auch die unterschiedliche Parzellierung der einzelnen Gebäude: Es gibt sowohl eine kleinteilige Parzellierung, die vor allem für die (neo-)klassizistischen Gebäude charakteristisch ist, als auch größere Parzellierungen, die sich vor allem in den Gebäuden der 1960er und 1970er Jahre widerspiegeln (vgl. Abb. 18).



ABB. 18: STRASSENRAUM MIT UNTERSCHIEDLICHER PARZELLIERUNG



ABB. 19: ERDGESCHOSSZONE ZÄHRINGERSTRASSE



ABB. 20: ERDGESCHOSSZONE LIDELLPLATZ

Die Erdgeschosszonen des Untersuchungsgebiet K2 sind entlang der südlichen Straßenseite der Zähringerstraße vor allem durch Geschäfte und Dienstleistungen geprägt. Im Bereich der Adlerstraße befinden sich im Erdgeschoß vermehrt auch Wohnungen sowie Geschäfte, Restaurants, Bars und Dienstleistungen, gibt es nur vereinzelt. Auffallend ist hier auch der Leerstand, der sich im nördlichen Teil der Adlerstraße konzentriert. Zur nördlichen Seite des Lidellplatzes gibt es vermehrt Nutzungen wie Restaurants und Bars, aber auch Geschäfte, während Wohnnutzung nur noch vereinzelt im Erdgeschoß verortet sind. Die Nutzungen dehnen sich deutlich zurückhaltender in den Straßenraum aus: In der Zähringerstraße wird trotz des breiten Straßenraums lediglich der Bereich unter den Arkaden zum Aufstellen von Beschilderungen oder Aufbewahrungs- und Ausstellungskisten genutzt (vgl. Abb. 19). Auch die Bereiche der Gastronomie entlang der Markgrafenstraße nutzen nur einen schmalen Teil des Straßenraums, breiten sich jedoch zusätzlich punktuell auf den Lidellplatz aus (vgl. Abb. 20).



ABB. 21: BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIET K2 MONTAG 19.02.2024 8:00 - 8:30 UHR

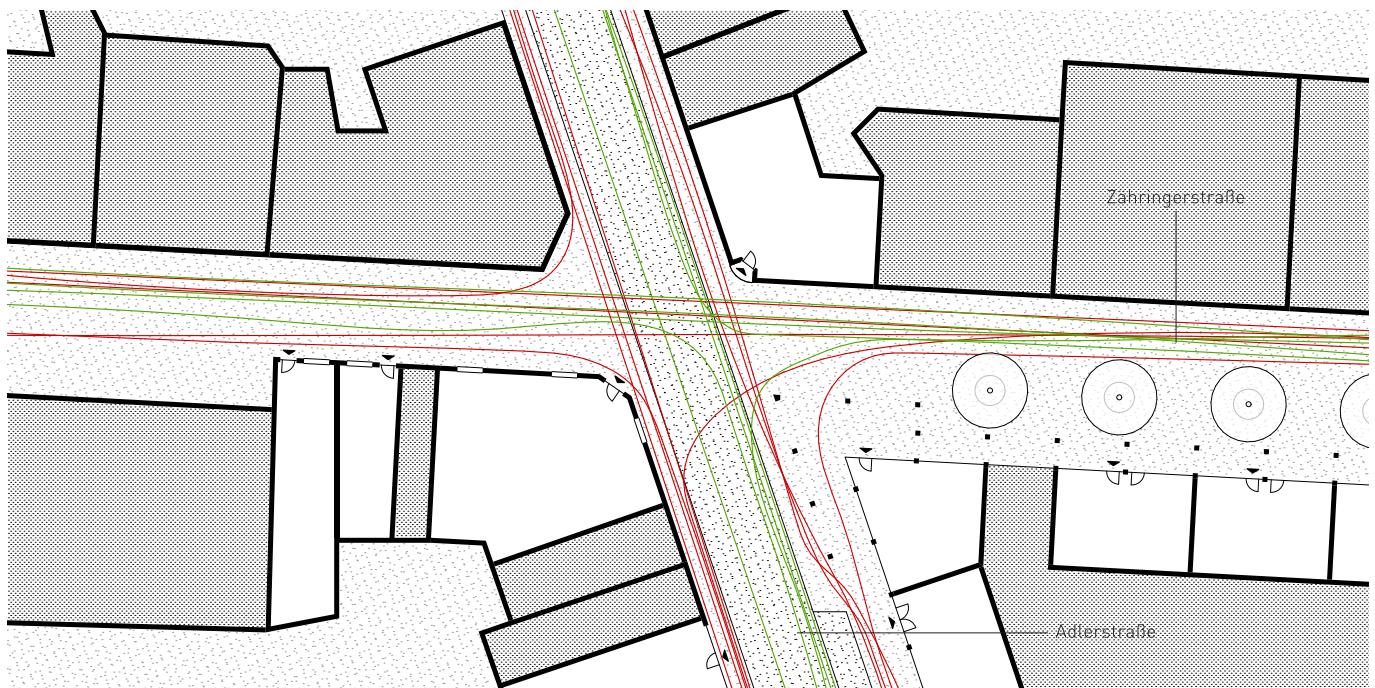


ABB. 22: BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIET K2 SAMSTAG 24.02.2024 8:00 - 8:30 UHR



#### LEGENDE

- Zufußgehende
- Radfahrende

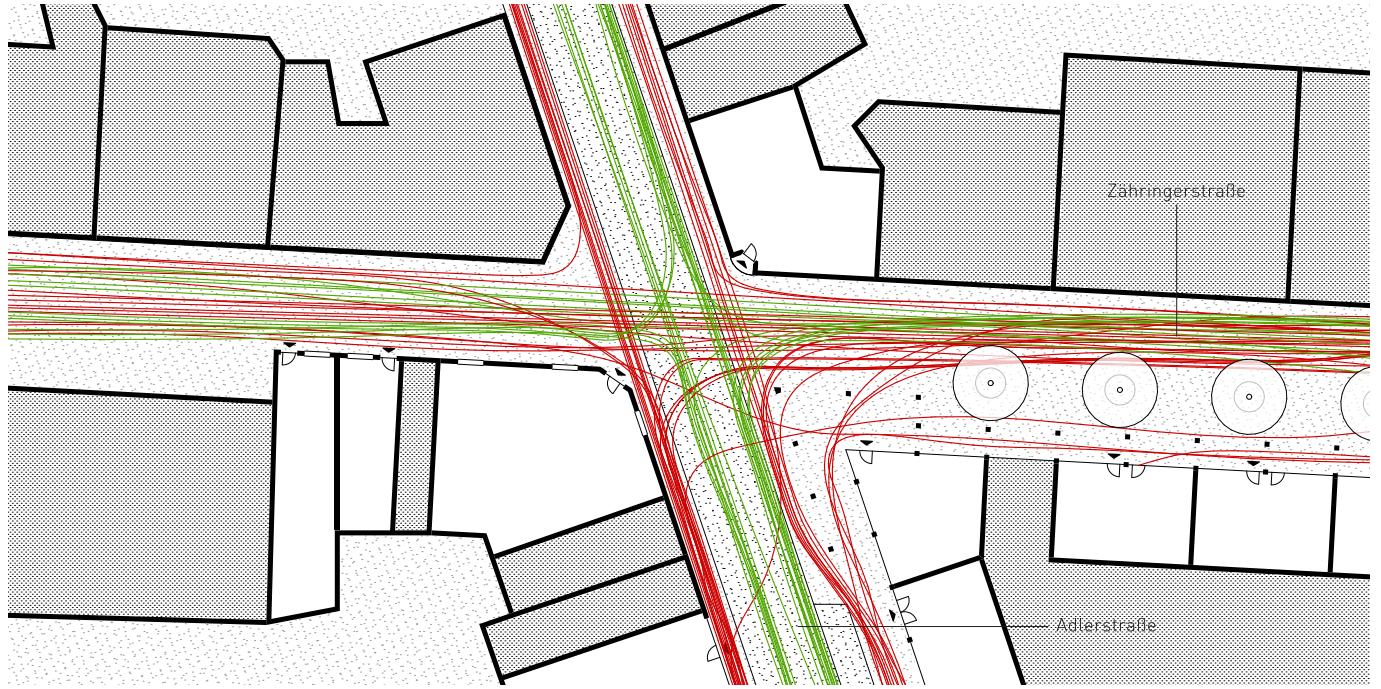


ABB. 23: BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIET K2 MONTAG 19.02.2024 12:00 - 12:30 UHR

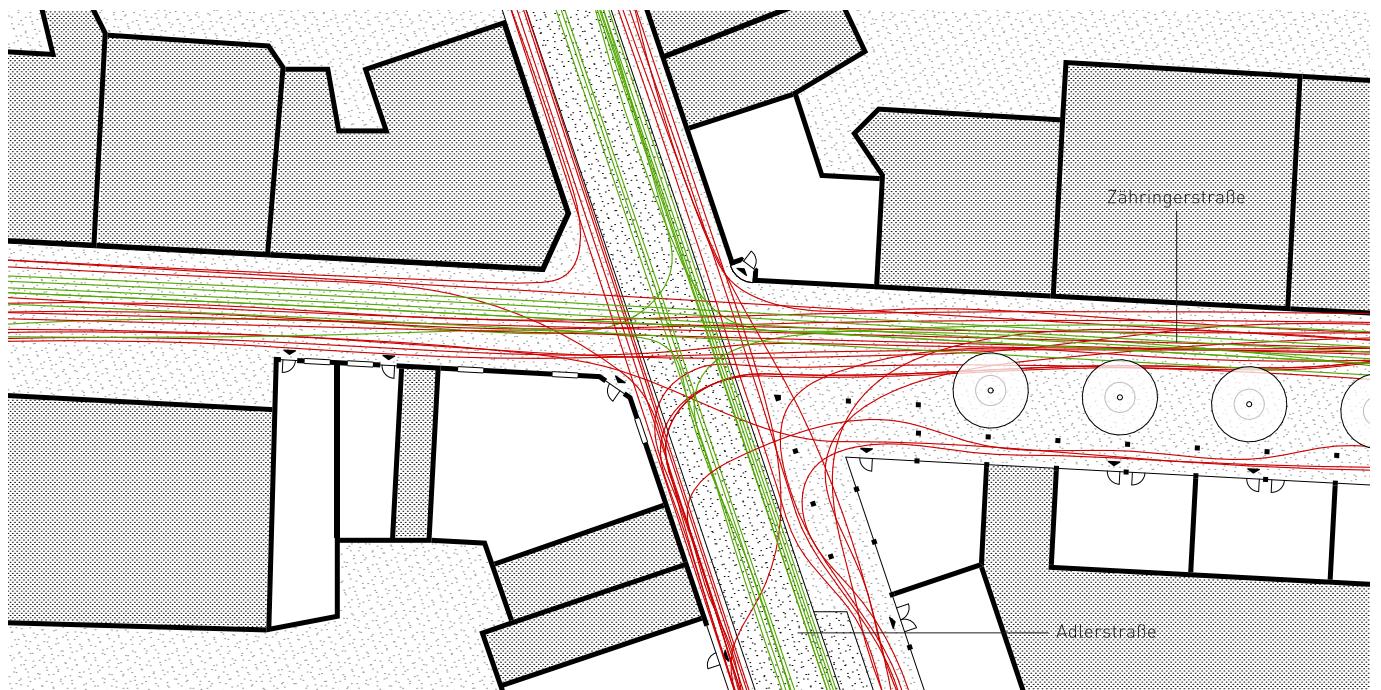


ABB. 24: BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIET K2 SAMSTAG 24.02.2024 12:00 - 12:30 UHR

#### LEGENDE

Zufußgehende      Radfahrende



ABB. 25: BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIET K2 MONTAG 19.02.2024 20:00 - 20:30 UHR

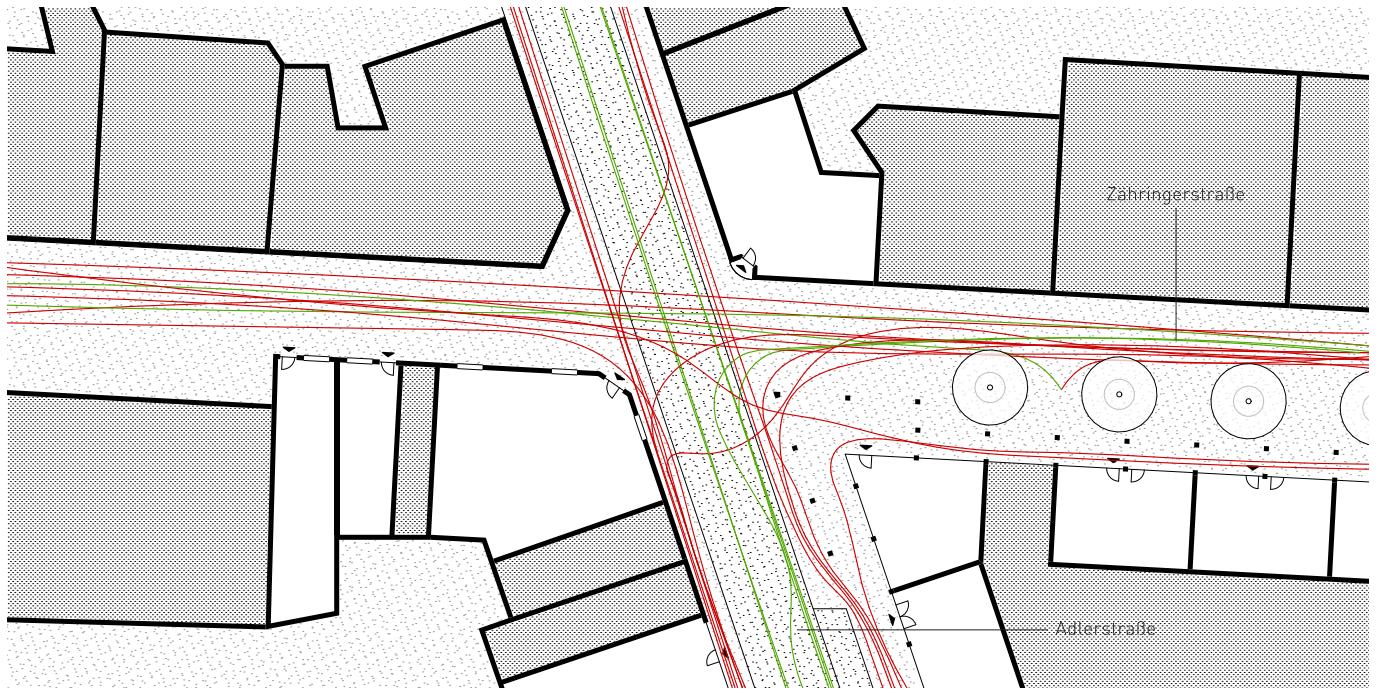


ABB. 26: BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIET K2 SAMSTAG 24.02.2024 20:00 - 20:30 UHR



#### LEGENDE

- Zufußgehende
- Radfahrende

## **ERKENNTNISSE BEWEGUNGSLINIEN VERTIEFUNGSGEBIET K2**

Das Vertiefungsgebiet im Gebiet K2 liegt an der Kreuzung der Adler- und Zähringerstraße. Die Adlerstraße, welche in Richtung Kaiserstraße führt, dient als wichtiger Weg für den dort benötigten Lieferverkehr. Die Zähringerstraße ist als Fußgängerzone deklariert, welche für den Radverkehr, den temporär beschränkten Lieferverkehr und die Zufahrt zur Tiefgarage im Westen des Gebiets dient. Im Erdgeschoss überwiegen Wohn- und Büronutzungen, lediglich vereinzelt sind kleinere Geschäfte oder öffentlich zugängliche Flächen verortet. Auffallend ist hierbei die wenig belebte Arkadenstruktur im Westen des Vertiefungsgebiets, welche im Verlauf der Zähringerstraße von einer Baumreihe gesäumt wird. Die öffentlich zugänglichen Nutzungen besitzen hierbei keinerlei Außenmöblierung und teilweise sind diese auch durch Leerstand geprägt.

Das Gebiet wurde zur vertiefenden Analyse des Bewegungsverhaltens von Radfahrenden und Zufußgehenden ausgewählt, da es eine hohe Diversität verschiedener architektonischer Ausgestaltungen der Erdgeschosse besitzt. Darüber hinaus stellt das Areal mit der Adler- und Zähringerstraße eine Kreuzung wichtiger Nord-Süd, sowie West-Ost Verbindungen dar, in welcher verschiedenste Verkehrsteilnehmer\*innen auf engem Raum zusammen kommen. Bei der Darstellung der Bewegungslinien wurde der motorisierte Individualverkehr aus Gründen der Lesbarkeit und Übersichtlichkeit vernachlässigt. Außerdem wurden größere Personengruppen zusammengefasst und durch eine Bewegungslinie dargestellt.

Datum & Zeit	Anzahl der Radfahrenden	Anzahl der Zufußgehenden
Mo, 19.02.2024, 8:00 - 8:30 Uhr	39	48
Sa, 24.02.2024, 8:00 - 8:30 Uhr	9	13
Mo, 19.02.2024, 12:00 - 12:30 Uhr	31	46
Sa, 24.02.2024, 12:00 - 12:30 Uhr	18	30
Mo, 19.02.2024, 20:00 - 20:30 Uhr	14	18
Sa, 24.02.2024, 20:00 - 20:30 Uhr	8	19

ABB. 27: VERKEHRSZÄHLUNG VERTIEFUNGSGEBIET K2

Die mit der Erhebung der Bewegungslinien durchgeführte Zählung der Verkehrsteilnehmer\*innen zeigt, dass das untersuchte Gebiet besonders in den Morgenstunden zwischen 8:00 Uhr und 8:30 Uhr sowie mittags zwischen 12:00 Uhr und 12:30 frequentiert ist (vgl. Abb. 21-24). So haben beispielsweise am Montag, 19.02.2024 zwischen 8:00 Uhr und 8:30 Uhr 39 Radfahrer\*innen und 48 Fußgänger\*innen das Gebiet passiert, während sich zwischen 20:00 Uhr und 20:30 Uhr lediglich 8 Radfahrer\*innen und 19 Fußgänger\*innen durch das Areal bewegt haben (vgl. Abb. 25-26). Darüber hinaus ist das Gebiet unter der Woche stärker ausgelastet als am Wochenende. Lediglich das Verkehrsaufkommen Samstagmittags ist mit dem von Montagmittag gleichzusetzen. Allgemein zeigt sich anhand der Verkehrszählung, dass die Adler- und Zähringerstraße etwas stärker durch Zufußgehende frequentiert wird als durch Radfahrende. Analog zur tages- und uhrzeitabhängigen Auslastung des Verkehrsraumes kommt es bei hoher Frequentierung, wie zwischen 12:00 Uhr und 12:30 Uhr, auch zu den meisten Konflikten zwischen Verkehrsteilnehmer\*innen.

Die Bewegungslinien aller Tage und Uhrzeiten charakterisieren die erwartete Straßenraumausnutzung der Verkehrsteilnehmer\*innen. So gibt es auf der Adlerstraße, welche über genau definierte Gehwege und Fahrspuren verfügt eine deutliche Trennung zwischen Radfahrenden in der Straßenmitte, die auch von Autos befahren wird, und Zufußgehenden, die ausschließlich den Gehweg für die Fortbewegung verwenden. Auf der Zähringerstraße, welche als Fußgängerzone mit Radverkehr ausgewiesen ist, nutzen Radfahrer\*innen und Fußgänger\*innen jedoch primär gemeinsam den mittleren Straßenraum. Somit kommt es in der Zähringerstraße häufiger zu Konflikten zwischen den verschiedenen Verkehrsteilnehmer\*innen. Diese werden beispielsweise durch den nur begrenzt zur Verfügung stehenden Platz, unübersichtliche Ecken, wie der Arkadenbereich im östlichen Teil des Gebietes oder die Differenz der Fortbewegungsgeschwindigkeit ausgelöst. In der Adlerstraße kommt es aufgrund der strikten Trennung der Verkehrswege nur partiell zu Konflikten, wenn Zufußgehende unvorsichtig die Straße wechseln oder Radfahrende unachtsam abbiegen.

Darüber hinaus zeigt sich, dass der Arkadenbereich entlang der Zähringerstraße nur wenig genutzt wird. Die Gründe hierfür sind möglicherweise in den wenig attraktiven und von Leerstand geprägten Erdgeschossnutzungen sowie der konkreten architektonischen

Ausgestaltung dieser Zonen zu finden. Allgemein sind die dort ansässigen Geschäfte nur wenig frequentiert, da in den Erhebungszeiträumen lediglich mittags eine geringfügige Anzahl an Laufkundschaft die Läden passiert (vgl. Abb. 23-24). Auch die umgebende Wohn- und Bürobauung ist wenig frequentiert.

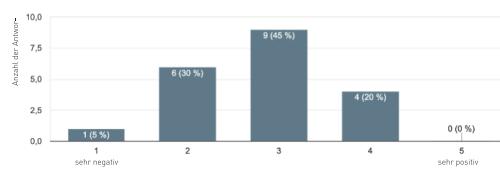
Daraus lässt sich schließen, dass sowohl die Zähringerstraße als auch die Adlerstraße hauptsächlich als Durchgangsstraße und weniger als Aufenthaltsort oder zum Flanieren genutzt wird. Dies zeigt sich auch in der, im Rahmen der Fortbewegungsart, vergleichsweise hohen Bewegungsgeschwindigkeit der einzelnen Verkehrsteilnehmer\*innen. Außerdem weißen die durchfahrenden, beziehungswise durchgehenden Personen meist eine hohe Zielstrebigkeit auf, was darauf hindeutet, dass der durchschrittene Raum wenig Potenzial zur Ablenkung bietet.

Folglich sind auch entstehende Konflikte zwischen Verkehrsteilnehmer\*innen selten auf bestimmte Erdgeschossnutzungen zurückzuführen, da diese wenig Potenzial zur Ablenkung bieten, sondern vielmehr auf die konkrete Ausgestaltung des Straßenraumes. Lediglich die architektonische Ausgestaltung der Arkadenräume, insbesondere an der Ecke Zähringerstraße / Adlerstraße, kann aufgrund der Unübersichtlichkeit der Eckgestaltung zu potenziellen Konflikten führen.



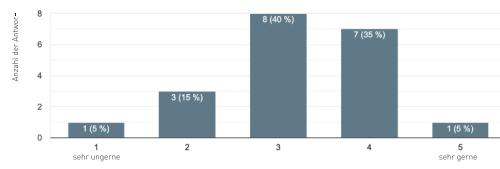
Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenraums?

20 Antworten



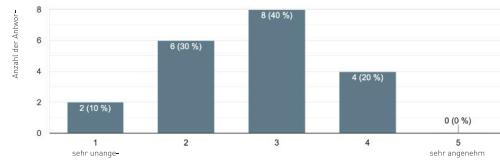
Wie gerne würden sie den Ort besuchen?

20 Antworten



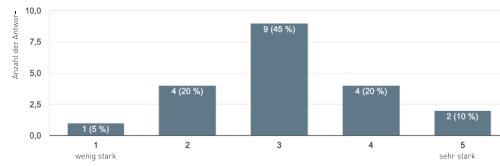
Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?

20 Antworten



Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsablauf ein?

20 Antworten



Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall ihr Wohlbefinden?

12 Antworten

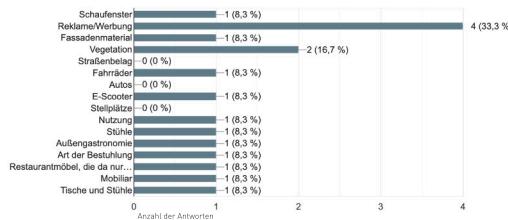
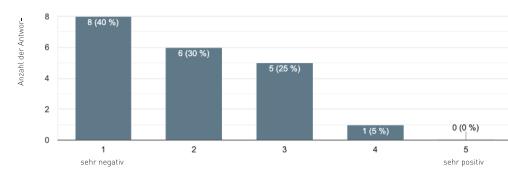


ABB. 28: AUSWERTUNG FRAGEBOGEN FALL 02



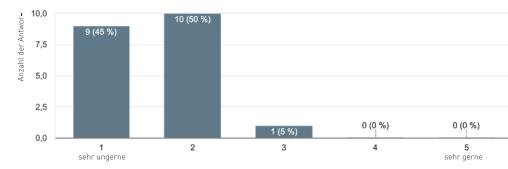
Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenraums?

20 Antworten



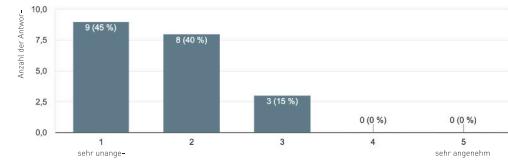
Wie gerne würden sie den Ort besuchen?

20 Antworten



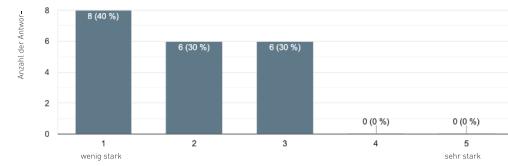
Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?

20 Antworten



Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsablauf ein?

20 Antworten



Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall ihr Wohlbefinden?

18 Antworten

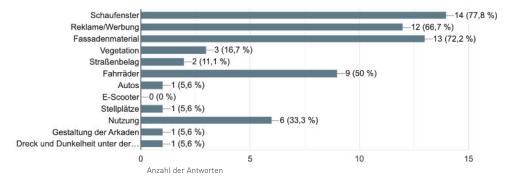


ABB. 29: AUSWERTUNG FRAGEBOGEN FALL 10

## ERKENNTNISSE FRAGEBOGEN

Der erstellte Fragebogen mit 10 verschiedenen städtebaulichen Erdgeschosssituationen der Gebiete K1 und K2 wurde an 20 Personen versendet und entsprechend bearbeitet. Unter den Befragten befanden sich jeweils 10 männliche und weibliche Personen (vgl. Abb. 30) aus verschiedenen Altersgruppen (vgl. Abb. 32). Der Altersdurchschnitt der Befragten liegt bei ca. 29 Jahren und 90% davon waren bereits einmal oder öfter in Karlsruhe (vgl. Abb. 31).

Die zwei exemplarisch gezeigten Ergebnisse der Umfrage (vgl. Abb. 28-29) differenzieren zwischen einer durch Arkaden geprägten Erdgeschosszone mit Schaufenstern in der Zähringerstraße und einer bestellten Außenfläche eines Cafés auf dem Ludwigsplatz. Während die Atmosphäre des Straßenraums rund um das Café im Schnitt mit circa 3 von 5 Sternen bewertet wurde, so schneiden die gezeigten Schaufenster mit durchschnittlich circa 2 Sternen ab. Ein ähnlicher Unterschied wird sichtbar im Bezug auf das Empfinden der architektonischen Ausgestaltung. Hier wurde die Situation an der Zähringerstraße mit durchschnittlich 1,4 Sternen bewertet und steht somit stark im Kontrast zu den durchschnittlich 2,7 Sternen am Ludwigsplatz. Daher würden die befragten Teilnehmer mit einer Differenz von durchschnittlich 1,6 Sternen deutlich lieber die Erdgeschosszone mit Café Nutzung besuchen.

Als störende Einflussfaktoren, welche das Wohlbefinden der Befragten mindern könnten, wurde die Ausgestaltung der Schaufenster, Reklame, Fassadenmaterial, parkende Fahrräder an den Arkaden und die jeweiligen Nutzungen der Schaufenster genannt. Laut den Befragten greift jedoch die Architektur nach Ihrem Befinden entlang der Arkaden in der Zähringerstraße im Schnitt mit 1,2 Sternen Differenz deutlich weniger in den Bewegungsablauf der Verkehrsteilnehmer und Verkehrsteilnehmerinnen ein.



ABB. 30: DEMOGRAFISCHE INFORMATIONEN  
GESCHLECHT



ABB. 31: DEMOGRAFISCHE INFORMATIONEN  
KENNTNIS ÜBER KARLSRUHE

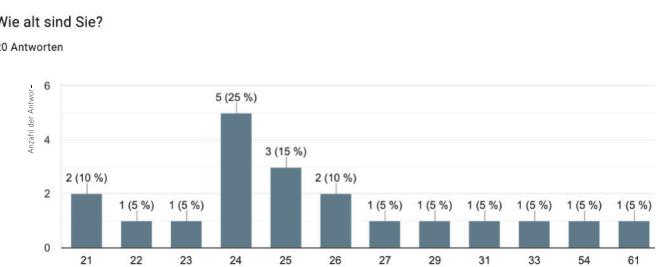


ABB. 32: DEMOGRAFISCHE INFORMATIONEN ALTER

# ERKENNTNISSE

## VERGLEICH DER ERKENNTNISSE AUS K1 UND K2

Nach Abschluss der Kartierung, Beobachtung durch das Festhalten von Bewegungslinien und einer Online-Befragung lassen sich verschiedene Besonderheiten und Unterschiede identifizieren.

Das Gebiet K1 rund um den Ludwigsplatz ist durch eine hohe Dichte an Geschäften mit großen Schaufenstern, Dienstleistungen, sowie Restaurants und Bars mit bestuhlten Bereichen der Außengastronomie geprägt. Das Gebiet K2 steht hierzu durch seine deutlich geringere Dichte an Restaurants, Bars und Dienstleistungen im Kontrast. Neben vermehrter Wohnnutzung zeichnen sich dort auch vereinzelt Leerstände ab.

Die Analyse der Bewegungslinien gibt Aufschluss darüber, wie sich das unterschiedliche Angebot an Nutzungen in den beiden Gebieten auf die Anzahl und das Verhalten der Verkehrsteilnehmer\*innen auswirkt. Besonders signifikant sind dabei die Ergebnisse für Samstagmittag. In einem Zeitraum von einer halben Stunde passierten im Bereich der Zähringerstraße und der Adlerstraße des Gebiets K2 insgesamt 58 Radfahrende und Zufußgehende, die die Umgebung zügig durchquerten und nur geringes Interesse an den dortigen Erdgeschossnutzungen zeigten. Im Gegensatz dazu waren entlang der Erbprinzenstraße des Gebiets K2 zur gleichen Uhrzeit insgesamt 135 Verkehrsteilnehmer\*innen unterwegs, was auf eine höhere Aktivität und Interaktion mit den Erdgeschossnutzungen hinweist.

Die Beobachtungen am Samstagmittag, an dem sich die Menschen offensichtlich gelassener bewegten und gelegentlich die umliegenden Angebote nutzten, bieten Einblicke in die Attraktivität der gestalteten Erdgeschosszonen in beiden Gebieten. Dabei hat das Wochenende aufgrund der differenzierten Freizeitgestaltung einen entscheidenden Einfluss auf das Bewegungs- und Nutzungsverhalten. Während der Abschnitt des Gebiets K2 hauptsächlich von Durchgangsverkehr geprägt ist dient das Gebiet in K1, insbesondere in der Erbprinzenstraße und um den Ludwigsplatz als Aufenthaltsort. Diese Erkenntnisse ermöglichen Schlussfolgerungen darüber, wie gut die Erdgeschosszonen in den beiden Gebieten angenommen werden und wie attraktiv sie für die Menschen sind. Auch Abstimmungen aus der Umfrage bestätigen, dass die Beteiligten atmosphärische Darstellungen des Straßenraums aus K1 im Schnitt als deutlich attraktiver bewerten und diesen Ort daher im Vergleich deutlich lieber aufsuchen würden. Als min-

dernde Einflussfaktoren für das Gebiet K2 wurden dabei die Ausgestaltung der Schaufenster, Reklame, Fassadenmaterialien, Nutzungen, sowie Autos und Stellplätze bemängelt.

Eine detailliertere Analyse von einzelnen Bewegungslinien und Straßenräumen der beiden Untersuchungsgebiete lässt jeweils ein höheres Konfliktpotenzial der Verkehrsteilnehmer\*innen in gemeinsam genutzten Verkehrsflächen durch Fußgänger und Fahrradfahrerinnen erkennen. Diese sind häufig unter anderem dem begrenzt zur Verfügung stehenden Platz geschuldet. Hierbei nehmen bespielte Außenflächen, Arkadenbereiche und weitere feste Elemente oder Mobiliar der umliegenden Erdgeschosszonen zusätzlichen Einfluss auf das Bewegungsverhalten und Konfliktpunkte beider teilnehmenden Verkehrsparteien. In beiden Gebieten wurden unter anderem die Bereiche zwischen den Arkaden auffällig wenig genutzt.

Genannte Aspekte veranschaulichen, inwiefern sich die Nutzung und Ausgestaltung von Erdgeschosszonen auf das Bewegungsverhalten und die Stresswahrnehmung von Verkehrsteilnehmer\*innen auswirkt. Die wichtigsten Einflussfaktoren dabei sind die Verkehrsführung als auch die atmosphärische Wirkung des Straßenraums durch Fassadengestaltung einschließlich Schaufenstern, Reklame und Nutzungen. Für eine angenehme und stressfreie Umgebung in der Stadtplanung bedarf es daher einer genauen Betrachtung dieser Gesichtspunkte. Eine klar erkennbare Trennung in der Straßenraumnutzung für Fahrradfahrer\*innen und Fußgänger\*innen mit ausreichend Platz und ohne maßgebliche Eingriffe durch hinderliche Vorzonen der Erdgeschosse bilden hier das Optimum. Des weiteren lässt sich das Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmer\*innen zusätzlich durch autofreie Zonen, gepflegte, ästhetische Fassaden mit einer ansprechenden und attraktiven Nutzung positiv beeinflussen.

Beispiele für eine passende Umsetzung liefert unter anderem das Infrastrukturnetz von Kopenhagen. Als eine der fahrradfreundlichsten Städte weltweit sorgen dort Projekte wie die „Bicycle Snake“ für eine klare Strukturierung des Verkehrs (vgl. Abb. 33) und bilden dadurch gleichzeitig geräumige Erdgeschosszonen für eine stressfreie Umgebung (Arndts, 2023).



ABB. 33: BICYCLE SNAKE (DISSING & WEITLING, 2014)

## KRITISCHE REFLEXION

Bei der Betrachtung der Ergebnisse muss beachtet werden, dass die Beobachtungen durch die Autoren dieser Arbeit selbst durchgeführt wurden und somit subjektive Einschätzungen von verschiedenen Situationen eingeflossen sind. Somit können die dargestellten Erkenntnisse keinesfalls als allgemeingültig und repräsentativ angesehen werden, sondern spiegeln in vielen Situationen eine eigene Einschätzung wider. Außerdem ist bei der Beobachtung, besonders bei der Zählung und Dokumentation der Bewegungslinien, zu beachten, dass es eine Fehlertoleranz gibt. Die Anzahl der Beobachter\*innen müsste deutlich höher sein, um die Daten korrekt zu erfassen oder andere Tools zur Verfügung stehen und genutzt werden.

Bei der Onlinebefragung gilt es zu beachten, dass es sich lediglich um einen Testlauf handelte, bei dem die Zahl der teilnehmenden Personen bewusst niedrig gehalten wurde. Somit zeigt das Ergebnis nur eine Tendenz auf und stellt keine allgemeingültige und repräsentative Erkenntnisse dar. Für eine endgültige Version des Fragebogens wären zusätzliche Pretests und eine größere Stichprobe notwendig gewesen.

Außerdem ergab sich bei der Onlinebefragung, vor allem aufgrund der fehlenden Möglichkeit für Nachfragen, Schwierigkeiten. An manchen Stellen wäre die Möglichkeit zur Rückfrage an diejenigen, die den Fragebogen ausgefüllt haben, hilfreich gewesen. Besonders bei den offen gestellten Fragen wäre eine mündliche und persönliche Interviewsituation besser geeignet, um auf diese genauer eingehen zu können. In diesem Kontext wäre auch ein anderer Aufbau des Fragebogens sinnvoller gewesen und hätte möglicherweise zu besseren Ergebnissen geführt und hätte auch im Rahmen von non-verbalen Kommunikationsmerkmalen zu weiteren Erkenntnissen führen können.

## AUSBLICK UND LÖSUNGSANSÄTZE

Im urbanen Kontext zeichnet sich ein zukünftiges Dilemma ab, welches durch gegenläufige Trends in der Stadtentwicklung geprägt ist. Einerseits intensiviert die fortlaufende Reurbanisierung das Verkehrsproblem, indem sie eine steigende Anzahl von Menschen in die Stadt zieht und somit den Straßenraum überlastet, wie aktuelle Statistiken der Stadt Karlsruhe zeigen (Riedel, 2024). Andererseits deutet sich eine Entspannung durch den rückläufigen Konsum und den selteneren Besuch von Restaurants aufgrund steigender Kosten an, was zukünftig möglicherweise zu Leerständen in Innenstadtbereichen führen könnte (Statistisches Bundesamt, 2024).

In Bezug auf Lösungsansätze deuten sich einige Optionen an, wenngleich ihre Umsetzbarkeit begrenzt ist. Die Idee einer stärkeren Trennung von Vorzonen und Straßenbereichen durch Geländer oder ähnliche Maßnahmen wird aufgrund des knappen Straßenraums als selten möglich betrachtet. Ebenso gestaltet sich die Einführung eigenständiger Spuren für Radfahrer aufgrund der begrenzten Fläche schwierig.

Eine alternative Herangehensweise könnte in der Trennung der Verkehrsteilnehmer\*innen innerhalb der Stadt liegen - also beispielsweise das vollständige Verbieten von Fahrradfahren in Fußgängerzonen, wie es in Teilen der Karlsruher Innenstadt bereits üblich ist. Ein anderes Handlungsfeld stellen stärkere Kontrollen und Maßnahmen dar, wie beispielsweise Fahrradfahrer\*innen zu einer langsameren und rücksichtsvolleren Fahrweise zu zwingen. Zusätzlich könnten strengere Vorgaben für die Gestaltung und Ausdehnung der Erdgeschosszonen, insbesondere an Kreuzungen und in engen Straßen, Konflikte reduzieren.

Insgesamt erfordert die Zukunft der städtischen Mobilität eine sorgfältige Abwägung verschiedener Faktoren und die Suche nach innovativen Lösungen, um den sich abzeichnenden Herausforderungen gerecht zu werden.

# ANHANG

**Forschungsseminar - Emotionen auf der Spur**

felix.weinert@gmail.com Konto wechseln  
Nicht freigegeben

Geschlecht

- Männlich
- Weiblich
- Divers

Wie alt sind Sie?

Meine Antwort

Wohnen Sie aktuell in Karlsruhe?

- Ja
- Nein

Waren Sie schon einmal in Karlsruhe?

- Ja
- Nein

Weiter

All die Eingaben löschen

Geben Sie niemals Passwörter über Google Formulare weiter.

ABB. 34: UMFRAGE DEMOGRAFISCHE INFORMATIONEN

**Fall 1**



Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenraums?

1	2	3	4	5
Sehr negativ				
<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sehr positiv				

Wie gerne würden sie den Ort besuchen?

1	2	3	4	5
Sehr ungerne				
<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sehr gerne				

Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?

1	2	3	4	5
Sehr unangenehm				
<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sehr angenehm				

Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsablauf ein?

1	2	3	4	5
Wenig stark				
<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sehr stark				

Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall ihr Wohlbefinden?

- Schaufenster
- Reklame/Werbung
- Fassadenmaterial
- Vegetation
- Straßenbelag
- Fahrräder
- Autos
- E-Scooter
- Stellplätze
- Nutzung
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

ABB. 35: UMFRAGE FALL 1

**Fall 2**

Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenraums?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr negativ      Sehr positiv

Wie gerne würden sie den Ort besuchen?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr ungerne      Sehr gerne

Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr unangenehm      Sehr angenehm

Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsablauf ein?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Wenig stark      Sehr stark

Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall ihr Wohlbefinden?

- Schaufenster
- Reklame/Werbung
- Fassadenmaterial
- Vegetation
- Straßenbelag
- Fahrräder
- Autos
- E-Scooter
- Stellplätze
- Nutzung
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

ABB. 36: UMFRAGE FALL 2

**Fall 3**

Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenraums?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr negativ      Sehr positiv

Wie gerne würden sie den Ort besuchen?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr ungerne      Sehr gerne

Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr unangenehm      Sehr angenehm

Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsablauf ein?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Wenig stark      Sehr stark

Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall ihr Wohlbefinden?

- Schaufenster
- Reklame/Werbung
- Fassadenmaterial
- Vegetation
- Straßenbelag
- Fahrräder
- Autos
- E-Scooter
- Stellplätze
- Nutzung
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

ABB. 37: UMFRAGE FALL 3

**Fall 4**



Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenraums?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr negativ      Sehr positiv

Wie gerne würden sie den Ort besuchen?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr ungerne      Sehr gerne

Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr unangenehm      Sehr angenehm

Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsablauf ein?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Wenig stark      Sehr stark

Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall ihr Wohlbefinden?

- Schaufenster
- Reklame/Werbung
- Fassadenmaterial
- Vegetation
- Straßenbelag
- Fahrräder
- Autos
- E-Scooter
- Stellplätze
- Nutzung
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

ABB. 38: UMFRAGE FALL 4

**Fall 5**



Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenraums?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr negativ      Sehr positiv

Wie gerne würden sie den Ort besuchen?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr ungerne      Sehr gerne

Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr unangenehm      Sehr angenehm

Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsablauf ein?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Wenig stark      Sehr stark

Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall ihr Wohlbefinden?

- Schaufenster
- Reklame/Werbung
- Fassadenmaterial
- Vegetation
- Straßenbelag
- Fahrräder
- Autos
- E-Scooter
- Stellplätze
- Nutzung
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

ABB. 39: UMFRAGE FALL 5

Fall 6		Fall 7		
Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenraums?		Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenraums?		
1    2    3    4    5				
Sehr negativ <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sehr positiv		Sehr negativ <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sehr positiv		
Wie gerne würden sie den Ort besuchen?		Wie gerne würden sie den Ort besuchen?		
1    2    3    4    5				
Sehr ungerne <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sehr gerne		Sehr ungerne <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sehr gerne		
Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?		Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?		
1    2    3    4    5				
Sehr unangenehm <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sehr angenehm		Sehr unangenehm <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sehr angenehm		
Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsablauf ein?		Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsablauf ein?		
1    2    3    4    5				
Wenig stark <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sehr stark		Wenig stark <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Sehr stark		
Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall ihr Wohlbefinden?		Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall ihr Wohlbefinden?		
<input type="checkbox"/> Schaufenster <input type="checkbox"/> Reklame/Werbung <input type="checkbox"/> Fassadenmaterial <input type="checkbox"/> Vegetation <input type="checkbox"/> Straßenbelag <input type="checkbox"/> Fahrräder <input type="checkbox"/> Autos <input type="checkbox"/> E-Scooter <input type="checkbox"/> Stellplätze <input type="checkbox"/> Nutzung <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____				

ABB. 40: UMFRAGE FALL 6

ABB. 41: UMFRAGE FALL 7

**Fall 8**



Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenraums?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr negativ      Sehr positiv

Wie gerne würden sie den Ort besuchen?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr ungerne      Sehr gerne

Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr unangenehm      Sehr angenehm

Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsablauf ein?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Wenig stark      Sehr stark

Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall ihr Wohlbefinden?

- Schaufenster
- Reklame/Werbung
- Fassadenmaterial
- Vegetation
- Straßenbelag
- Fahrräder
- Autos
- E-Scooter
- Stellplätze
- Nutzung
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

ABB. 42: UMFRAGE FALL 8

**Fall 9**



Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenraums?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr negativ      Sehr positiv

Wie gerne würden sie den Ort besuchen?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr ungerne      Sehr gerne

Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr unangenehm      Sehr angenehm

Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsablauf ein?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Wenig stark      Sehr stark

Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall ihr Wohlbefinden?

- Schaufenster
- Reklame/Werbung
- Fassadenmaterial
- Vegetation
- Straßenbelag
- Fahrräder
- Autos
- E-Scooter
- Stellplätze
- Nutzung
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

ABB. 43: UMFRAGE FALL 9

Fall 10



Wie bewerten Sie die Atmosphäre des Straßenraums?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr negativ      Sehr positiv

Wie gerne würden sie den Ort besuchen?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr ungerne      Sehr gerne

Wie angenehm empfinden Sie die architektonische Ausgestaltung der Erdgeschosse?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Sehr unangenehm      Sehr angenehm

Wie stark greift nach Ihrem Befinden die Architektur in den Bewegungsablauf ein?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Wenig stark      Sehr stark

Welche Einflussfaktoren mindern in diesem Fall ihr Wohlbefinden?

- Schaufenster
- Reklame/Werbung
- Fassadenmaterial
- Vegetation
- Straßenbelag
- Fahrräder
- Autos
- E-Scooter
- Stellplätze
- Nutzung
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

ABB. 44: UMFRAGE FALL 10

## LITERATURVERZEICHNIS

MASBOUNGI, A. (2016). Solide Basis oder Kaltfront - Was passiert eigentlich im Erdgeschoss? <https://www.bauwelt.de/themen/bauten/Solide-Basis-oder-Kaltfront-Was-passiert-eigentlich-im-Erdgeschoss-Planung-Gestaltung-Nutzung-Erdgeschosszonen-Neubaugebiete-Frankreich-2663143.html> (Zugriff am 27.01.2024)

MINISTERIUM FÜR VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (o.J.). Klimaschutz. Ziele der Verkehrswende in Baden-Württemberg. <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/politik-zukunft/nachhaltige-mobilitaet/ziele-der-verkehrswende-in-baden-wuerttemberg#:~:text=Bis%202030%20soll%20der%20Verkehr,auf%20der%20Stra%C3%9Fe%20unterwegs%20sein> (Zugriff am 26.02.2024)

MEDINA WARBURG, J. (2021). Vorlesungsreihe Stadtbaugeschichte I. Karlsruher Institut für Technologie.

SCHMALTZ, A. (2021). Wie Corona unsere Innenstädte verändert. <https://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/corona-innenstaedte-100.html> (Zugriff am 26.02.2024)

ADFC (2022). Fahrradklimatest 2022: Alle Ergebnisse im Überblick. <https://fahrradklima-test.adfc.de/ergebnisse> Zugriff am 26.02.2024)

UMWELTBUNDESAMT (2023). Fahrrad fahren ist gesund und gut für die Umwelt. <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/mobilitaet/fahrrad-radeln#so-macht-klimafreundliches-radfahren-noch-mehr-spass> (Zugriff am 26.02.2024)

NOBIS, C. (2019). Mobilität in Deutschland - MiD Analysen zum Radverkehr und Fußverkehr. [https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/archive/pdf/MiD2017\\_Analyse\\_zum\\_Rad\\_und\\_Fussverkehr.pdf](https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/archive/pdf/MiD2017_Analyse_zum_Rad_und_Fussverkehr.pdf) (Zugriff am 26.02.2024)

BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ und BUNDESAMT FÜR JUSTIZ (2023). Baugesetzbuch. In der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017. <https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/BauGB.pdf> (Zugriff am 01.03.2024)

LAND BADEN-WÜRTTEMBERG (2023). Landesbauordnung für Baden-Württemberg. Fassung vom 20.11.2023. <https://www.landesrecht-bw.de/bsbw/document/jlr-BauOBW2010V12IVZ> (Zugriff am 01.03.2024)

LAND BADEN-WÜRTTEMBERG [2023]. Straßengesetz für Baden-Württemberg. Fassung vom 09.07.1992. <https://www.landesrecht-bw.de/bsbw/document/lr-StrGBW1992rahmen/part/X> (Zugriff am 01.03.2024)

HUMPERT, R. C. (2021). Haus Tradition Glück - Die Korrelation traditioneller Architektur und Stadtstrukturen mit dem subjektiven Wohlbefinden der Altstadtbewohner von Tunis. <https://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/11562> (Zugriff am 01.03.2024)

RAMBOW, R., MOCZEK, N. und HOFMANN, M. (2014). Aneignung, Teilhabe, Wohlbefinden–Städtische Räume und ihre Nutzung. Einführung in das Schwerpunktthema Umweltpsychologie. [https://akomm.ekut.kit.edu/downloads/umps\\_14\\_02\\_3\\_9.pdf](https://akomm.ekut.kit.edu/downloads/umps_14_02_3_9.pdf) (Zugriff am 01.03.2024)

CLASSEN, T und BUNZ,M. (2018). Einfluss von Naturräumen auf die Gesundheit – Evidenzlage und Konsequenzen für Wissenschaft und Praxis. Bundesgesundheitsblatt 61, 720–728. <https://doi.org/10.1007/s00103-018-2744-9> (Zugriff am 01.03.2024)

MAGOTSCH, D. (2023). Eine qualitative Forschung zu Konflikten auf der Schillerwiese-Konfliktpotenzial zwischen unterschiedlichen Nutzertypen. Beiträge eines studentischen Lehrforschungsprojekts. <https://d-nb.info/1294219103/34#page=99> (Zugriff am 01.03.2024)

BITTENDORF, C. (2023). Eine qualitative Forschung zu Konflikten auf der Schillerwiese-Konfliktpotenzial zwischen unterschiedlichen Nutzertypen. Beiträge eines studentischen Lehrforschungsprojekts. <https://d-nb.info/1294219103/34#page=99> (Zugriff am 01.03.2024)

KRAUS, J. und SCHWIMMER, E. (2021). Städtische Angsträume-Analyse zur Steigerung der gendergerechten Stadtplanung für mehr Sicherheit bei Nacht. [https://archive.corp.at/cdrom2021/papers2021/COR-P2021\\_103.pdf](https://archive.corp.at/cdrom2021/papers2021/COR-P2021_103.pdf) (Zugriff am 01.03.2024)

HAUG, N., ZEILE, P. und NEPPL, M. (2023). ecoding Stress-ein interdisziplinärer Stressforschungsansatz zur Förderung qualitätsvoller öffentlicher Stadträume für den Rad- und Fußverkehr. <https://repository.corp.at/1053/> (Zugriff am 01.03.2024)

SPEKTRUM.DE (2024). Lexikon der Kartografie und Geomatik. Kartierung. <https://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/kartierung/2683> [Zugriff am 02.03.2024]

THIERBACH, C. und PETSCHEICK, G. (2022). Beobachtung. In: N. Baur und J. Blasius (Hrsg.), Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung, S 1563 - 1579. Springer VS, Wiesbaden

REINECKE, J. (2022). Beobachtung. In: N. Baur und J. Blasius (Hrsg.), Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung, S 1563 - 1579. Springer VS, Wiesbaden

ARNDTS, M.. (2023). Was Deutschland von Kopenhagen lernen kann. <https://www.deutschlandfunkkultur.de/fahrrad-rad-verkehr-stadtplanung-kopenhagen-100.html> [Zugriff am 05.03.2024]

RIEDEL, C. (2024). Bevölkerung wächst und bleibt weiter jung. <https://www.karlsruhe.de/stadt-rathaus/aktuelles/meldungen/bevoelkerung-waechst-und-bleibt-weiter-jung> [Zugriff am 05.03.2024]

STATISTISCHES BUNDESAMT (2024). Verbraucherpreisindex Deutschland. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelIndex=1&levelId=1709629411412&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=0&rdnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=61111-0001&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf#abreadcrumb> [Zugriff am 05.03.2024]

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abb. 01: Erdgeschosszone in der Adlerstraße.

Abb. 02: Fahrradklima - Test (ADFC, 2022). <https://fahrradklima-test.adfc.de/ergebnisse> (Zugriff am 26.02.2024)

Abb. 03: Beispielhafter Vertiefungsausschnitt.

Abb. 04: Feldskizze.

Abb. 05: Umfrage Beispiel Fall 1.

Abb. 06: Umfrage Beispiel Fall 6.

Abb. 07: Nutzungskarte Untersuchungsgebiet K1 (Ludwigsplatz).

Abb. 08: Sekundärerschließung.

Abb. 09: Reklame am Ludwigsplatz.

Abb. 10: Bewegungslinien Vertiefungsgebiet K1 Montag 05.02.2024  
8:00 - 8:30.

Abb. 11: Bewegungslinien Vertiefungsgebiet K1 Samstag 10.02.2024  
8:00 - 8:30.

Abb. 12: Bewegungslinien Vertiefungsgebiet K1 Montag 05.02.2024  
12:00 - 12:30.

Abb. 13: Bewegungslinien Vertiefungsgebiet K1 Samstag 10.02.2024  
12:00 - 12:30.

Abb. 14: Bewegungslinien Vertiefungsgebiet K1 Montag 05.02.2024  
20:00 - 20:30.

Abb. 15: Bewegungslinien Vertiefungsgebiet K1 Samstag 10.02.2024  
20:00 - 20:30.

Abb. 16: Verkehrszählung Vertiefungsgebiet K1.

Abb. 17: Nutzungskarte Untersuchungsgebiet K2 (Lidellplatz).

Abb. 18: Straßenraum mit unterschiedlicher Parzellierung.

Abb. 19: Erdgeschosszone Zähringerstraße.

Abb. 20: Erdgeschosszone Lidellplatz.

Abb. 21: Bewegungslinien Vertiefungsgebiet K2 Montag 19.02.2024  
8:00 - 8:30.

Abb. 22: Bewegungslinien Vertiefungsgebiet K2 Samstag 24.02.2024  
8:00 - 8:30.

Abb. 23: Bewegungslinien Vertiefungsgebiet K2 Montag 19.02.2024  
12:00 - 12:30.

Abb. 24: Bewegungslinien Vertiefungsgebiet K2 Samstag 24.02.2024  
12:00 - 12:30.

Abb. 25: Bewegungslinien Vertiefungsgebiet K2 Montag 19.02.2024  
20:00 - 20:30.

Abb. 26: Bewegungslinien Vertiefungsgebiet K2 Samstag 24.02.2024  
20:00 - 20:30.

Abb. 27: Verkehrszählung Vertiefungsgebiet K2.

Abb. 28: Auswertung Fragebogen Fall 02.

Abb. 29: Auswertung Fragebogen Fall 10.

Abb. 30: Demografische Informationen Geschlecht.

Abb. 31: Demografische Informationen Kenntnis über Karlsruhe.

Abb. 32: Demografische Informationen Alter.

Abb. 33: Bicycle Snake (Dissing & Weitling, 2024). <https://dissing-weitling.com/en/project/bicycle-snake> (Zugriff am 05.03.20)

Abb. 34: Umfrage Demografische Informationen.

Abb. 35: Umfrage Fall 1.

Abb. 36: Umfrage Fall 2.

Abb. 37: Umfrage Fall 3.

Abb. 38: Umfrage Fall 4.

Abb. 39: Umfrage Fall 5.

Abb. 40: Umfrage Fall 6.

Abb. 41: Umfrage Fall 7.

Abb. 42: Umfrage Fall 8.

Abb. 43: Umfrage Fall 9.

Abb. 44: Umfrage Fall 10.



ABB. 1: SONNENAUFGANG AM LIDELLPLATZ

**NICOLÁS ASTUDILLO  
KARLA JUKIĆ  
OLIVER LEITZBACH**

## **LICHTEXPOSITION**

Licht, als grundlegende und vielseitige Energieform, beeinflusst nicht nur die sichtbare Welt, sondern prägt auch tiefgehend verschiedene Aspekte menschlichen Lebens. Von biologischen und gesundheitlichen Gesichtspunkten bis hin zu kulturellen, ästhetischen und technologischen Anwendungen erstreckt sich die Reichweite von Licht über ein breites Spektrum. Um diesem komplexen Phänomen gerecht zu werden, richten den Forschungsfokus auf das natürliche Licht. Die Entscheidung auf natürliche Lichtquellen sich zu konzentrieren, ermöglicht eine gezielte und detaillierte Analyse, um ein differenziertes Verständnis für dessen Einfluss zu erlangen.

Im Kontext des Langsamverkehrs gewinnt die Rolle des natürlichen Lichts zunehmend an Bedeutung, da es nicht nur eine Beleuchtungsquelle ist, sondern auch als potenzielle Quelle von Blendung und Reflexion agiert.

Die entwickelte Methodik bietet nicht nur Erkenntnisse für Karlsruhe und Osnabrück, sondern birgt auch das Potenzial für eine sinnvolle Übertragung auf andere Städte. Die Erkenntnisse können als mögliche Grundlage dienen, um die Verkehrssicherheit unterschiedlichen urbanen Kontexten zu verbessern.

Durch diese ganzheitliche Perspektive wird Licht nicht mehr nur als Mittel zur Hervorhebung von Objekten betrachtet. Es wird zu einem dynamischen Akteur im urbanen Verkehrsraum. Diese Erkenntnis öffnet den Weg für eine differenzierte Analyse der Lichtverhältnisse in verschiedenen Kontexten und zu unterschiedlichen Tageszeiten.

## **EINLEITUNG | MOTIVATION | THEMENFINDUNG**

Der Eindruck einer Stadt wird maßgeblich durch das sich kontinuierlich verändernde Licht geprägt. Dieses Phänomen unterliegt einer Vielzahl von Faktoren, darunter Wetterbedingungen und atmosphärische Einflüsse, die die Sichtverhältnisse beeinflussen. Insbesondere die Tageszeit spielt eine entscheidende Rolle, da sie die Länge und Intensität der Schatten maßgeblich bestimmt (Schmidt & Töllner, 2006).

Licht zeigt nicht nur Unterschiede in der Helligkeit, sondern variiert auch in seiner Farbtemperatur. Die wechselnde Lichtfarbe wird von uns als entweder warm oder kalt, rot oder blau, klar oder grell wahrgenommen. Diese Nuancen können aufschlussreiche Informationen über die Tageszeit liefern. Die Morgendämmerung taucht einen Ort in ein sanftes, warmes Licht, während die Abenddämmerung eine kühlere, oft intensivere Beleuchtung erzeugt (Schmidt & Töllner, 2006). Die Länge der Schatten, die sich im Laufe des Tages verändern, trägt ebenfalls zur Dynamik des Erscheinungsbildes bei. In den Morgen- und Abendstunden sind die Schatten länger, da das einfallende Licht einen flacheren Winkel zur Erdoberfläche bildet. In der Mittagszeit hingegen sind die Schatten kürzer und die Beleuchtung direkter. Diese natürlichen Veränderungen des Lichts beeinflussen nicht nur die ästhetische Wahrnehmung, sondern prägen auch die Atmosphäre und Stimmung eines Ortes. Sie spielen eine entscheidende Rolle in der urbanen Planung und Architektur, da sie die visuelle Qualität und Wirkung des Raumes maßgeblich beeinflussen (Schmidt & Töllner, 2006).

Insbesondere in städtischen Umgebungen spielt die Ausrichtung von Straßen, Plätzen und Gebäuden zur Himmelsrichtung eine entscheidende Rolle bei der Definition des städtischen Erscheinungsbilds. Die Art und Weise, wie das natürliche Licht auf diese städtischen Elemente fällt, erzeugt eine einzigartige Lichtatmosphäre, die von Stadt zu Stadt unterschiedlich ist. Reykjavík hat im Sommer aufgrund seiner Lage nah am Polarkreis eine ganz besondere Lichtsituation, bei der es nie vollständig dunkel wird. Die Mitternachtssonne erzeugt ein faszinierendes und einzigartiges Licht, welches die Stadt und Landschaft prägt (Schmidt & Töllner, 2006).

Die Orientierung eines Straßen- oder Platzraums kann dazu führen, dass bestimmte Bereiche niemals direktes Sonnenlicht erhalten oder von Streiflicht profitieren. Dies hat nicht nur Einfluss auf die visuelle Wirkung, sondern beeinflusst auch den thermischen Komfort und die Nutzungsmöglichkeiten städtischer Flächen.

Die Ausrichtung von Gebäuden und Fassaden in Bezug auf die Himmelsrichtung bestimmt, in welchem Maße sie von morgens bis abends von Sonnenlicht durchflutet werden (Schmidt, 2007).

Die Ausrichtung von Gebäuden und Fassaden in Bezug auf die Himmelsrichtung bestimmt, in welchem Maße sie von morgens bis abends von Sonnenlicht durchflutet werden (Schmidt, 2007). Die einzigartige Lichtatmosphäre jeder Stadt entsteht durch eine komplexe Wechselwirkung von topografischen Gegebenheiten, klimatischen Bedingungen und städtebaulichen Gestaltungsprinzipien. Moskau, Rom, Stockholm und San Francisco bieten alle unterschiedliche Lichtverhältnisse aufgrund ihrer geografischen Lage und städtebaulichen Struktur (Schmidt & Töllner, 2006).



ABB. 2: REYKJAVIK SOMMERNACHT

Diese Unterschiede prägen nicht nur das ästhetische Erscheinungsbild jeder Stadt, sondern beeinflussen auch die Lebensqualität und den Charakter der städtischen Umgebung. Es wird deutlich, wie das natürliche Sonnenlicht zu einem entscheidenden Element in der Gestaltung und Wahrnehmung urbaner Räume wird. Eine angemessene Beleuchtung entlang von Fuß- und Radwegen verbessert nicht nur die Sichtbarkeit und Sicherheit der Verkehrsteilnehmenden, sondern beeinflusst auch ihre subjektive Wahrnehmung der Umgebung (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014). Eine gut beleuchtete Umgebung kann ein Gefühl von Sicherheit und Komfort vermitteln und somit das Stressempfinden verringern. Gleichzeitig können schlechte Lichtverhältnisse Stress erzeugen, wenn Beispielsweise durch Blendung die Sicht eingeschränkt wird und somit eine Gefahrenquelle entsteht (Schmidt & Töllner, 2006).

## FORSCHUNGSFRAGEN

### **BEEINFLUSSEN VERSCHIEDENE TAGESLICHTVERHÄLNLISSE DAS STRESSNIVEAU VON RADFAHRENDEN UND FUSSGÄNGER\*INNEN IN STÄDTISCHEN UMGEBUNGEN?**

Licht spielt eine bedeutende Rolle im urbanen Umfeld und beeinflusst nicht nur die Ästhetik, sondern kann auch die psychologische Wahrnehmung und das Wohlbefinden beeinflussen. Das Ziel ist es zu untersuchen, ob Licht möglicherweise auch als Auslöser für Stress im Langsamverkehr fungiert. Dabei werden natürliche Lichtquellen, Reflexion und Blendung in städtischen Umgebungen berücksichtigt.

Gibt es spezifische Lichtbedingungen, die mit einem erhöhten Stressniveau verbunden sind? Welche individuellen und umweltbedingten Faktoren könnten dabei eine Rolle spielen?

Es wird untersucht ob es, potenzielle Zusammenhänge zwischen verschiedenen Lichtverhältnissen und dem Stressniveau der Langsamverkehrsteilnehmerinnen gibt. Dies ermöglicht die Ableitung von Erkenntnissen darüber, ob bestimmte Lichtbedingungen als stressfördernd oder stressmindernd erlebt werden.

### **BESTEHT EIN ZUSAMMENHANG ZWISCHEN BELEUCHTUNGSSÄRKEN UND WOHLBEFINDEN? LASSEN SICH AUS DIESEN ERKENNTNISSEN (KOMFORT)- ZONEN KLASIFIZIEREN?**

Es wird die Beziehung zwischen Beleuchtungsstärken und dem subjektiven Empfinden von Nutzern bezüglich des visuellen Komforts untersucht. Beleuchtungsstärken spielen eine entscheidende Rolle in der Wahrnehmung von Räumen und können das Wohlbefinden sowie die Effizienz der Raumnutzung beeinflussen. Diese Forschung beabsichtigt, objektive Daten über die Beleuchtungsverhältnisse zu sammeln und mit den subjektiven Empfindungen der Nutzer in Beziehung zu setzen. Die Beleuchtungsstärke wird in einer quantifizierbaren Einheit gemessen, die mit einfachen Mitteln erfasst werden kann. Es werden die Messwerte mit den Ergebnissen von Stressmessungen verglichen, mit dem Ziel, mögliche Korrelationen zwischen den Messwerten und Bereichen mit erhöhtem Stressniveau zu identifizieren.

## **WELCHE SPEZIFISCHEN FASSADENEIGENSCHAFTEN BEEINFLUSSEN DIE REFLEXION VON TAGESLICHT IN VERKEHRSZONEN? GIBT ES KORRELATIONEN ZWISCHEN REFLEXION, LICHTDURCHLÄSSIGKEIT UND FARBGEWÜND?**

Die Gestaltung von Fassaden hat einen Einfluss auf die Lichtverhältnisse und kann dadurch potenziell das Wohlbefinden der Verkehrsteilnehmenden beeinträchtigen. Faktoren wie Farbe, Textur, Materialien und Anordnung von Oberflächen prägen die Lichtverhältnisse durch Reflexion, Absorption und Streuung von Licht und damit auch das visuelle Bild einer Umgebung. Das Ziel ist es, die Zusammenhänge dieser gestalterischen Elemente zu verstehen und ihre Auswirkungen auf den Stress der Verkehrsteilnehmenden zu forschen.

## **WELCHE ROLLE SPIELEN ARCHITEKTONISCHE ELEMENTE WIE FENSTERGRÖSSE, MATERIALWAHL UND FASSADENGESTALTUNG IN STÄDTISCHEN GEBIETEN IM ZUSAMMENHANG MIT DEM NATÜRLICHEN LICHT?**

Architektonische Elemente spielen eine zentrale Rolle im Zusammenhang mit natürlichem Licht, wobei diese Untersuchung insbesondere auf Fenstergröße, Materialwahl und Fassadendesign fokussiert ist. Die Größe und Position von Fenstern haben einen maßgeblichen Einfluss auf den Eintritt von Tageslicht in städtische Räume, während die Auswahl von Materialien und die Gestaltung der Fassaden das Licht reflektieren oder absorbieren können. Es wird analysiert, ob bestimmte architektonische Entscheidungen, wie etwa die Verwendung großer Fenster oder reflektierender Materialien, zu Blendungen oder unangenehmen Lichtverhältnissen führen können. Könnten derartige Bedingungen potenziell Stress bei Verkehrsteilnehmenden verursachen, da sie die Sichtbarkeit beeinträchtigen und möglicherweise visuelle Unannehmlichkeiten hervorrufen?

Gleichzeitig wird erforscht, ob gezielte architektonische Gestaltung, wie beispielsweise die Integration von lichtlenkenden Elementen, die Wahrnehmung verbessern kann und damit möglicherweise dazu beiträgt, den Stress bei Verkehrsteilnehmenden zu reduzieren.

# HINTERGRUND | STAND DER FORSCHUNG

## LICHTWERTE

- 1) Der Lichtstrom ist die Einheit für die Messung der Lichtleistung einer Lichtquelle, die in alle Richtungen im sichtbaren Bereich abgestrahlt wird. Diese Messung erfolgt in Lumen (lm) und gibt Aufschluss über die Helligkeit der Lichtquelle (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).
- 2) Die Lichtstärke bezieht sich auf die Menge an Licht, die in einer bestimmten Richtung von einer Lichtquelle ausgestrahlt wird. Sie wird in der Einheit Candela (cd) gemessen. Die Lichtstärke gibt an, wie intensiv das Licht in einer bestimmten Richtung abgestrahlt wird. Es ist wichtig zu beachten, dass die Lichtstärke unabhängig von der Entfernung zur Lichtquelle ist und sich auf den spezifischen Bereich konzentriert, in den das Licht gerichtet ist (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).
- 3) Die Leuchtdichte gibt Aufschluss darüber, wie hell eine Fläche, sei es durch Eigenleuchtkraft oder Beleuchtung, für das menschliche Auge erscheint. Sie wird in Candela pro Quadratmeter (cd/m<sup>2</sup>) gemessen und gibt an, wie intensiv das Licht in einem bestimmten Bereich dieser Fläche wahrgenommen wird (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).
- 4) Die Beleuchtungsstärke gibt an, wie viel Lichtstrom von einer Lichtquelle auf eine bestimmte Fläche fällt. Sie wird in Lux (lx) gemessen, wobei 1 Lux bedeutet, dass 1 Lumen Lichtstrom gleichmäßig auf 1 Quadratmeter Fläche verteilt ist. Ein Beispiel hierfür ist, dass eine normale Kerzenflamme in einem Abstand von 1 Meter ungefähr eine Beleuchtungsstärke von 1 Lux erzeugt (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).
- 5) Der Reflexionsgrad gibt an, welcher Prozentsatz des auftreffenden Lichtstroms von einer Fläche reflektiert wird. Ein höherer Reflexionsgrad deutet darauf hin, dass eine größere Menge des einfallenden Lichts reflektiert wird, wodurch die Umgebung heller wird. Helle Fassaden können beispielsweise einen Reflexionsgrad von bis zu 85 Prozent aufweisen, während Standard-Betonstraßenbeläge durchschnittlich etwa 27 Prozent des einfallenden Lichts reflektieren (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).

## **REFLEXIONSGRAD UND GESTALTUNG**

Ein hoher Reflexionsgrad von Fassaden trägt zur Effizienz der städtischen Beleuchtung bei, indem er das reflektierte Licht in städtischen Räumen maximiert. Dadurch wird nicht nur die visuelle Wahrnehmung verbessert, sondern es können auch Energieeinsparungen bei der künstlichen Beleuchtung erzielt werden. Auf der anderen Seite können dunklere Fassaden mit einem niedrigeren Reflexionsgrad zu stärkeren Schatten und einer unterschiedlichen Lichtverteilung führen, was die ästhetische Erscheinung und die Funktionalität des städtischen Raums beeinflussen kann. Daher ist die Auswahl des Reflexionsgrades bei Fassaden ein wichtiger Aspekt in der städtebaulichen Planung und Architektur (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).

## **LICHTREZEPTOREN BEI MENSCHEN**

Lichtempfindliche Sinneszellen in der menschlichen Netzhaut, darunter Zapfen und Stäbchen, wandeln einfallende Lichtquanten (Photonen) in elektrische Signale um, die dann an das Nervensystem weitergeleitet werden. Zapfen sind spezialisiert auf farbiges Sehen, während Stäbchen bei geringen Beleuchtungsstärken aktiv sind, da sie lichtempfindlicher sind als Zapfen (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).

## **ADAPTATIONSZEIT DER AUGEN**

Die Adaptationszeit der Augen bezieht sich auf den Zeitraum, den die Augen benötigen, um sich an unterschiedliche Lichtverhältnisse anzupassen. Die Anpassung der Augen an helle und dunkle Lichtsituationen hat entscheidende Auswirkungen auf die Sehleistung des Menschen. Beeinträchtigungen treten besonders dann auf, wenn große Helligkeitsunterschiede in kurzer Zeit verarbeitet werden müssen. Es gibt zwei Hauptarten der Adaptation: die Dunkeladaptation und die Helladaptation (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).

Dunkeladaptation: Dies ist der Prozess, bei dem die Augen von einer helleren Umgebung zu einer dunkleren wechseln. In dunklen Umgebungen erweitern sich die Pupillen, um mehr Licht einzulassen, und die Netzhaut beginnt, lichtempfindliche Pigmente zu regenerieren. Dieser Anpassungsprozess kann mehrere Minuten dauern (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).

Helladaptation: Hierbei handelt es sich um den umgekehrten Prozess, wenn die Augen von einer dunkleren Umgebung zu einer helleren wechseln.

Die Pupillen verengen sich, um die Menge des einfallenden Lichts zu regulieren und die Augen benötigen einige Sekunden bis Minuten, um sich an das intensivere Licht anzupassen.

Deshalb werden beispielsweise Ein- und Ausfahrten von Tunnel mit Adaptationsstrecken versehen, um einen sicheren Übergang von Hell zu Dunkel beziehungsweise von Dunkel zu Hell zu schaffen (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).

Die Dauer der Adaptationszeit kann von Person zu Person variieren und hängt auch von Faktoren wie Alter, Gesundheit und genetischen Unterschieden ab (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).

## **BLENDUNG UND SCHLEIERLEUCHTDICHTE**

Blendung tritt aufgrund erheblicher Unterschiede in den Leuchtdichten innerhalb des Blickfelds auf. Sie wird nicht unbedingt von der allgemeinen Helligkeit im Raum bestimmt, sondern vielmehr von den auffälligen Helligkeitsunterschieden, die durch die Raumbeleuchtung verursacht werden (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).

Blendung stellt eine erhebliche Beeinträchtigung für die Sehleistung und den Sehkomfort dar. Direkte Blendung kann von Lichtquellen wie Leuchten, der Sonne oder intensivem Tageslicht ausgehen, während indirekte Blendung durch Reflexionen oder Spiegelungen auf glänzenden Oberflächen entsteht. Die Reduzierung von Blendung durch Leuchten kann beispielsweise durch den Einsatz geeigneter Optiken erreicht werden (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).

Im Fall der Schleierleuchtdichte tritt eine starke Lichtreizung und Streuung auf der Netzhaut auf, verursacht durch eine externe Lichtquelle neben dem betrachteten Objekt. Dieser Effekt legt sich wie ein Schleier über die Netzhaut und mindert die Wahrnehmung von Kontrasten. Ein anschauliches Beispiel dafür ist das nächtliche Autofahren bei Gegenverkehr, bei dem die Sehfähigkeit umso stärker beeinträchtigt wird, je heller und näher die Lichtquelle ist. Mit fortschreitendem Alter verstärkt sich die Lichtstreuung zusätzlich aufgrund einer natürlichen Trübung der Linse, was ältere Menschen besonders anfällig für Blendung macht (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).

## **BLENDUNGSBEWERTUNG**

Der Blendungswert, auch als Glare Rating (GR) bezeichnet, ist eine Kennzahl, die die Auswirkungen von Blendung auf die Sehleistung beschreibt. Blendung entsteht durch helle Flächen im Sichtfeld und

kann die Wahrnehmung erheblich stören. Viele Menschen empfinden Blendung als unangenehm und erleben dadurch Unsicherheit sowie rasche Ermüdung, insbesondere beispielsweise beim nächtlichen Autofahren, wo psychologische Blendung eine Rolle spielt. Um Fehler, Müdigkeit und Unfälle zu verhindern, ist es entscheidend, die Blendung zu begrenzen. Der Blendungswert GR bewertet den Grad der direkten Blendung durch Leuchten oder andere Lichtquellen, insbesondere in Arbeits- und Sportumgebungen im Freien. Eine niedrige GR-Zahl deutet auf eine geringe Blendung hin und somit auf eine bessere Sehleistung unter den gegebenen Bedingungen. Dieser Wert ist ein wichtiges Instrument in der Lichtplanung und -gestaltung, um eine optimale Beleuchtung bei minimaler Blendung zu gewährleisten (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2014).

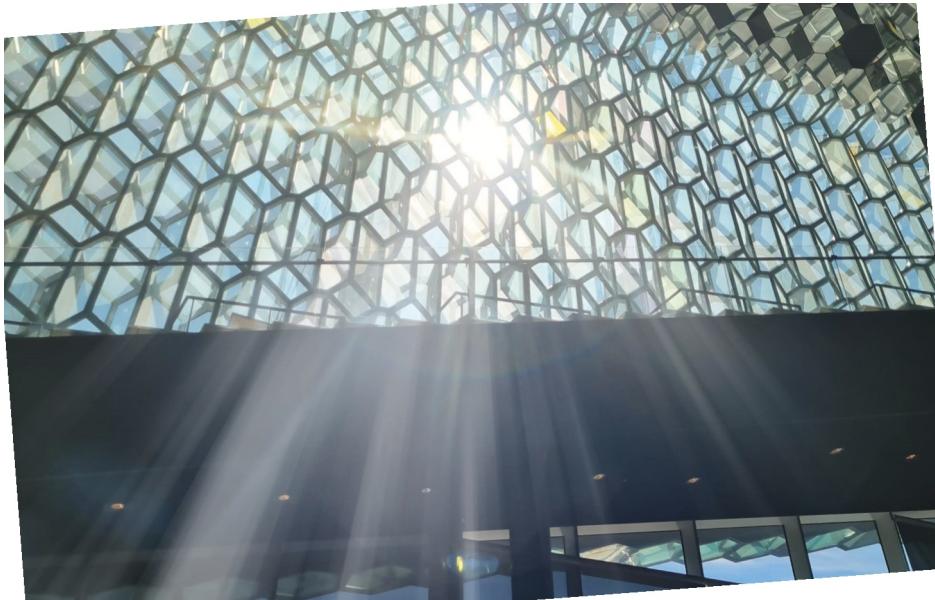


ABB. 3: BLENDUNG GLASFASADE

## BLEND SCHUTZ

Ein effektiver Blendschutz gewährleistet, dass man störende Helligkeitsunterschiede vermied. Ein Blendschutz ist nicht zwangsläufig darauf ausgerichtet Überhitzung zu verhindern. Daher wird in der Regel eine Kombination aus Sonnen- und Blendschutz verwendet, es sei denn, der Blendschutz ist gezielt so konzipiert, dass er beide Funktionen erfüllen kann. Reine Blendschutzsysteme sind besonders dann erforderlich, wenn der Sonnenschutz diese spezifische Funktion übernehmen kann Eine kostengünstigere (Schmidt & Töllner, 2006).



## METHODIK UND DURCHFÜHRUNG

### MESSUNG DER HELLIGKEIT

Die Messung der Helligkeit ist ein wesentlicher Bestandteil zahlreicher wissenschaftlicher, technischer und gestalterischer Anwendungen. Um die Helligkeit zu quantifizieren, kommt oft ein Luxmeter zum Einsatz, ein Gerät, das speziell entwickelt wurde, um die Beleuchtungsstärke in Lux zu messen. Die Vorgehensweise bei der Abmessung der Helligkeit beginnt mit der Auswahl des Messpunkts, der den Bereich repräsentiert, für den die Helligkeit erfasst werden soll. Dies könnte ein Arbeitsplatz, ein Raum, eine Straße oder ein öffentlicher Platz sein. An diesem Punkt wird das Luxmeter platziert und sorgfältig kalibriert, um genaue und zuverlässige Messungen sicherzustellen. Die eigentliche Messung erfolgt durch Aktivierung des Luxmeters und eine kurze Stabilisierungszeit, während der das Gerät die Helligkeit in Lux aufzeichnet. Es ist wichtig sicherzustellen, dass das Luxmeter nicht durch Schatten oder andere Hindernisse beeinträchtigt wird, um genaue Ergebnisse zu gewährleisten.



ABB. 4: LUXMETER

Die Messung kann an verschiedenen Stellen wiederholt werden, um ein umfassendes Bild der Helligkeit in der Umgebung zu erhalten. Während des Messprozesses werden auch Umgebungs faktoren berücksichtigt, die die Helligkeit beeinflussen können, wie Tageslicht, künstliche Beleuchtung oder Reflexionen von Oberflächen. Diese Faktoren können je nach Ort und Tageszeit variieren und sollten in die Interpretation der Ergebnisse einfließen. Die dokumentierten Ergebnisse, einschließlich der gemessenen Luxwerte sowie anderer relevanter Informationen wie Ort, Datum und Uhrzeit, ermöglichen eine klare Nachvollziehbarkeit der Messungen.

#### Durchgeführte Helligkeitsmessung am 08.12.2023 12:00:

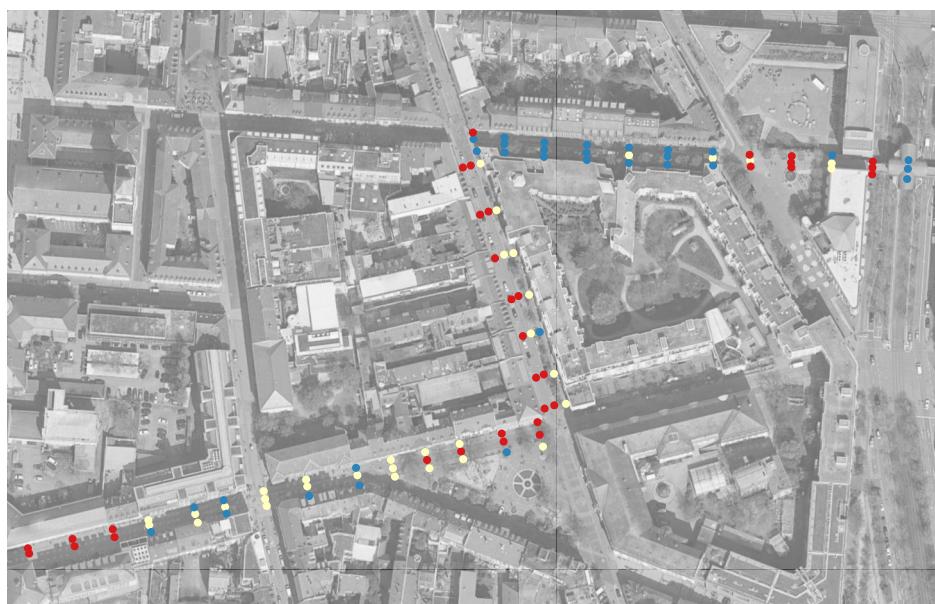


ABB. 5: GEMESSENE HELLIGKEIT



#### Gemessene Werte:

- 100 - 260 lux
- 260 - 580 lux
- ab 580 lux

Entlang der vorgegebenen Strecke wurden drei Messpunkte festgelegt: jeweils an den Gehwegen sowie einmal in der Mitte der Straße, und das alle zehn Meter in einem Abschnitt. Die Farbkodierung gibt Aufschluss darüber, welche Beleuchtungsstärken gemessen wurden. Was man bemerken kann ist, dass an den offenen Stellen, Plätzen und Kreuzungen signifikant mehr Licht durchdringt und die Anzahl der lux steigt.

### Entstandene Kontraste von einer Differenz von 1000 lux



ABB. 6 HELLIGKEITSKONTRASTE



Diese Karte visualisiert die Standorte entlang der Strecke, an denen Lichtkontraste auftreten könnten und potenziell die Sichtverhältnisse im Verkehr beeinflussen.

### Durchgeführte Stressmessungen von mehreren Teilnehmenden



ABB. 7 STRESSMESSUNG



Anhand der Stressmessungen bekommen wir aufschlussreiche Erkenntnisse über Bereiche, in denen Teilnehmende des Langsamverkehrs einem erhöhten Stressniveau ausgesetzt sind.

### Überlagerung und Vergleich



ABB. 8 HELLIGKEITSKONTRASTE UND STRESSMESUNGEN



Die festgestellte Überlappung zwischen den Helligkeitsmessungen und den Stressmessungen an bestimmten Punkten legt nahe, dass es einen Zusammenhang zwischen den Helligkeitsunterschieden und dem erlebten Stress gibt. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass die Kontraste oder Helligkeitsunterschiede an diesen Stellen potentielle Stressauslöser sein könnten.



## METHODIK UND DURCHFÜHRUNG

### FASSADENSTUDIE

Eine Blendung durch Sonnenlicht kann sowohl direkt als auch indirekt auftreten. Sonnenlicht kann durch Spiegelungen auf verschiedenen Oberflächen, je nach Richtung und Positionierung, die Verkehrsteilnehmer stören. Aus diesem Grund haben wir beschlossen, die Fassaden zu analysieren und eine Methode festzulegen, mit der die Reflexion im Straßenraum nachkonstruiert und untersucht werden kann. Es war uns wichtig, dass diese Methode auch digital durchführbar ist, beispielsweise für den Fall von Osnabrück anhand von Bildern aus Apple Maps, Google Maps u.a.

Zunächst haben wir die Fassaden der Strecke mithilfe von Bildern nachkonstruiert und in Schwarz-Weiß verarbeitet. Diese wurden dann mit Hilfe eines 6-Töne-Filters unterteilt, um die Helligkeit der Materialien zu differenzieren. Anschließend wurden die einzelnen Häuser vereinfacht und in Fassaden- und Fensterflächen mit den 6 Graustufen definiert, von denen für jedes Haus ein Verhältnis berechnet wurde. Wir nehmen an, dass Fenster hochreflektierend (weiß) sind, und die unterschiedlichen Fassadenflächen je nach Material und Porosität einen Grauton erhalten (automatisch durch die Verarbeitung in 6 Tönen).

Zur Berechnung des Reflexionsindexes wurde ein Durchschnitt zwischen dem Verhältnis von Fenster zu Fassade und den Anteilen der Materialitäten nach den 6 Tönen pro Gebäude gebildet. Dies ergibt eine Zahl zwischen 1 und 10, die wir als Prozentangabe nutzen, um die Reflexionsfähigkeit jedes Hauses zu definieren. Unsere Idee war, dass dieser Index nun als Eigenschaft des Materials im 3D-Modell eingesetzt werden kann, um mögliche Stress-Stellen zu simulieren.

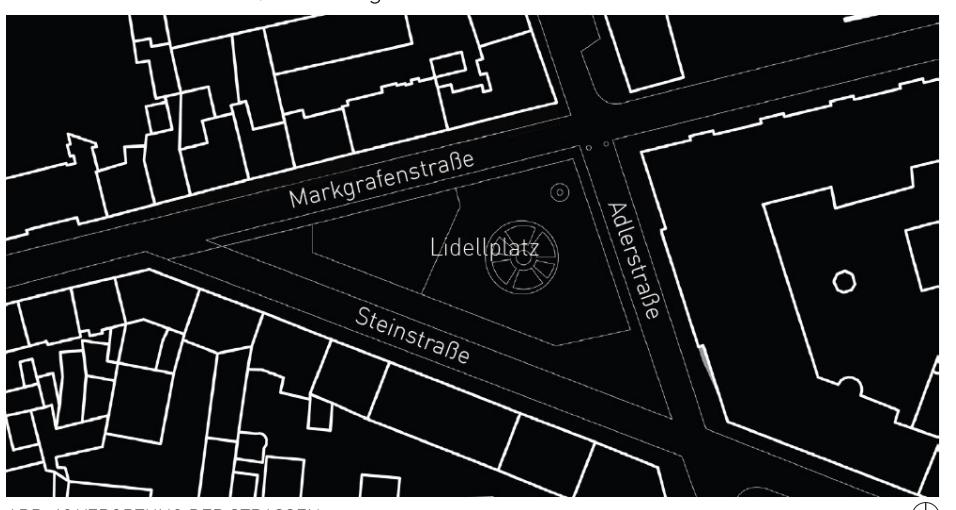


ABB. 12 VERORTUNG DER STRASSEN

# KARLSRUHE

## Markgrafenstraße (Südseite)



ABB. 10 FASSADENREKONSTRUKTION



ABB. 11 ZERTEILUNG IN 6 TÖNE



ABB. 12 ANALYSE DER MATERIALITÄT UND TIEFE



Klassifizierung | Reflektions-Index in %



ABB. 13 DARSTELLUNG NACH DEM REFLEXIONINDEX

## Adlerstraße (Ostseite)



ABB. 14 FASSADENREKONSTRUKTION



ABB. 15 ZERTEILUNG IN 6 TÖNE

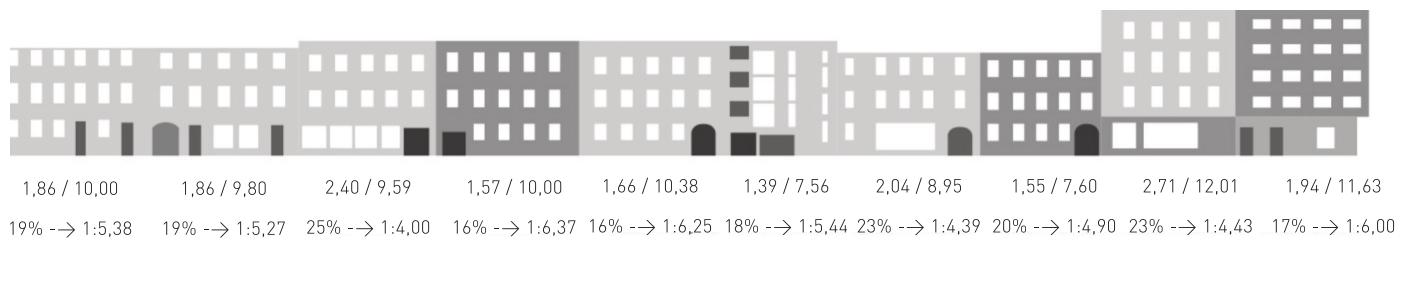


ABB. 16 ANALYSE DER MATERIALITÄT UND TIEFE



Klassifizierung | Reflektions-Index in %

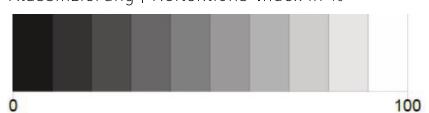


ABB. 17 DARSTELLUNG NACH DEM REFLEXIONINDEX

## Adlerstraße (Lidellplatz)



ABB. 18 FASSADENREKONSTRUKTION



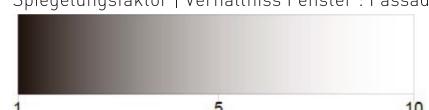
ABB. 19 ZERTEILUNG IN 6 TÖNE



16,36 / 102,80

16% --> 1:6,28

Spiegelungsfaktor | Verhältniss Fenster : Fassade



Materialität | Klassifizierung nach 6 Töne

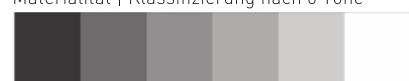


ABB. 20 ANALYSE DER MATERIALITÄT UND TIEFE



Klassifizierung | Reflektions-Index in %

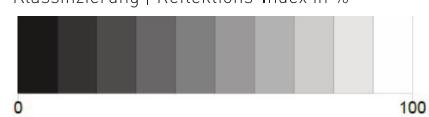


ABB. 21 DARSTELLUNG NACH DEM REFLEXIONINDEX

## Steinstraße (Nordseite)



ABB. 22 FASSADENREKONSTRUKTION



ABB. 23 ZERTEILUNG IN 6 TÖNE

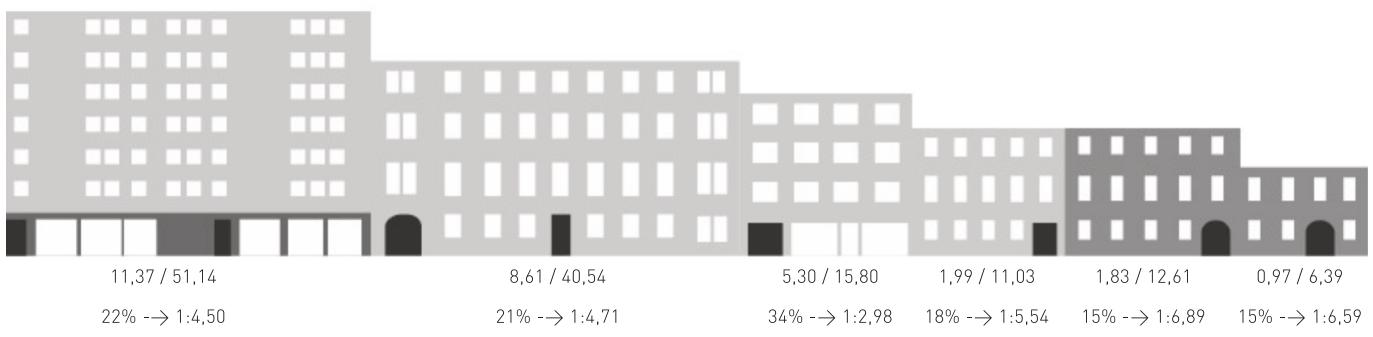


ABB. 24 ANALYSE DER MATERIALITÄT UND TIEFE



Klassifizierung | Reflektions-Index in %

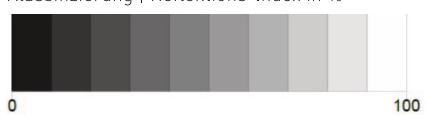


ABB. 25 DARSTELLUNG NACH DEM REFLEXIONINDEX

# OSNABRÜCK

## Bierstraße (Süd-Westseite)



ABB. 26 FASSADENREKONSTRUKTION



ABB. 27 ZERTEILUNG IN 6 TÖNE



ABB. 28 ANALYSE DER MATERIALITÄT UND TIEFE



Klassifizierung | Reflektions-Index in %



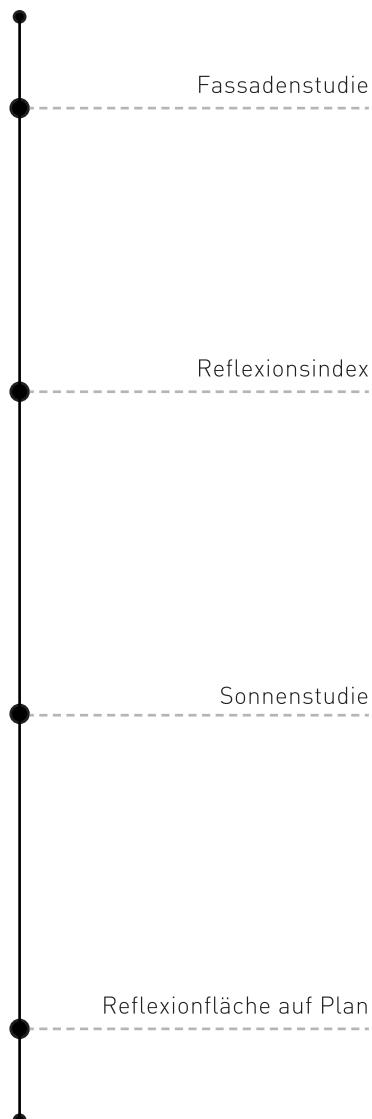
ABB. 29 DARSTELLUNG NACH DEM REFLEXIONINDEX



## METHODIK UND DURCHFÜHRUNG

### REFLEXIONSTUDIE

Im Verlauf der Fassadenstudien wurde der Reflexionsindex für die Gebäude ermittelt. Dieser Index wurde anschließend jedem Gebäude in einem erstellten 3D-Modell vom Platz zugeordnet. Nach dieser Zuordnung fand eine Sonnenstudie unter Verwendung des existierenden 3D-Modells statt. Die Studie ermöglichte eine umfassende Analyse der Sonneneinstrahlung auf die verschiedenen Gebäudefassaden.



Mit Hilfe der Sonnenstudie wurde der Schattenwurf analysiert, um Informationen über den Schattenwinkel zu gewinnen. Diese Untersuchung ermöglichte es, den Einfallswinkel der Sonne in Bezug auf die Gebäude zu verstehen und die resultierenden Schattenmuster zu bestimmen. Die Analyse der Schattenmuster lieferte Erkenntnisse über den Reflexionswinkel. Durch die Untersuchung, wie das Licht auf die Oberflächen der Gebäude fiel und Schatten erzeugte, konnten wir Informationen darüber gewinnen, in welchem Winkel das Licht reflektiert wurde. Dies ermöglichte eine präzise Charakterisierung der Reflexionseigenschaften der einzelnen Oberflächen.

Die gesammelten Informationen zum Reflexionsindex und -winkel wurden auf die einzelnen Flächen des Plans projiziert. Diese Projektion ermöglichte eine detaillierte Kartierung der Reflexionseigenschaften jeder Fläche im betrachteten Bereich. Durch die Zuordnung der ermittelten Reflexionsparameter zu den entsprechenden Flächen des Plans erhielt man eine räumliche Darstellung, die aufzeigt, wie Licht von verschiedenen Oberflächen reflektiert wird.

# KARLSRUHE

Lidellplatz 21.03. / 21.09.

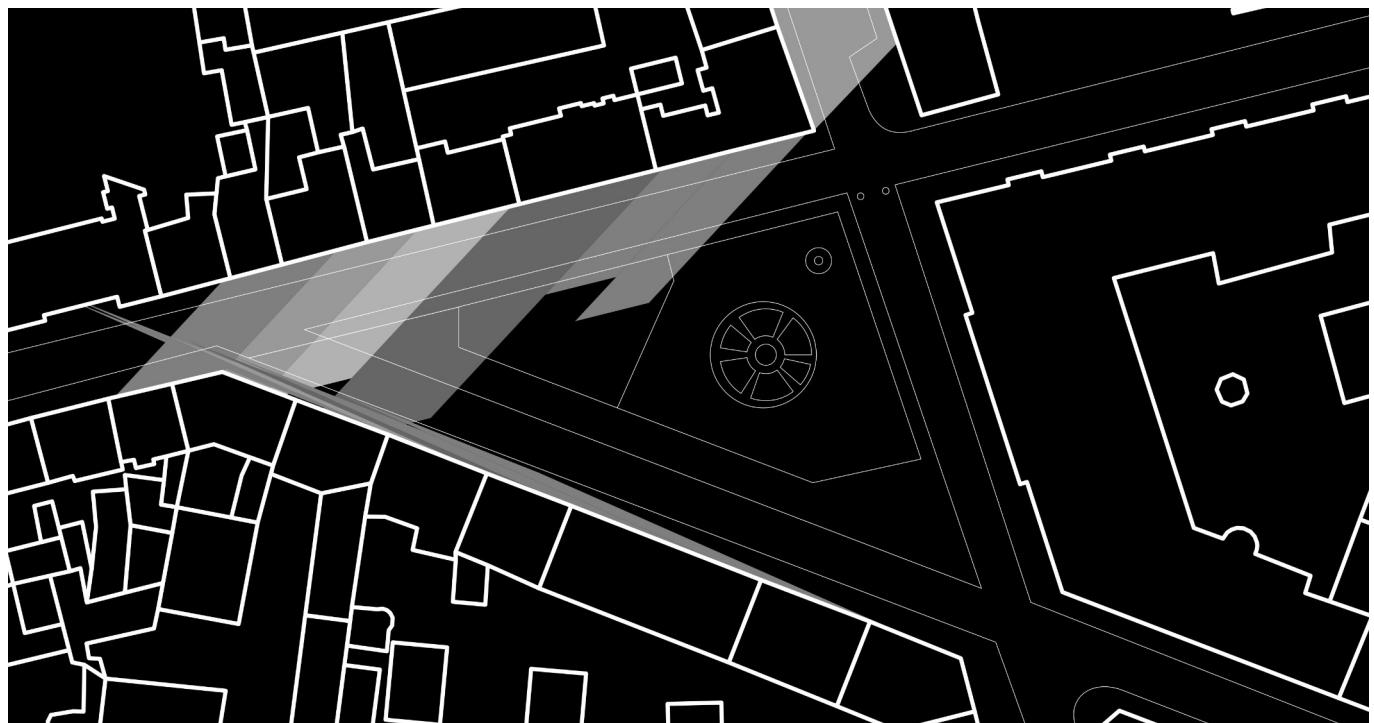


ABB. 30 FASSADENREFLEXION UM 08:00 UHR

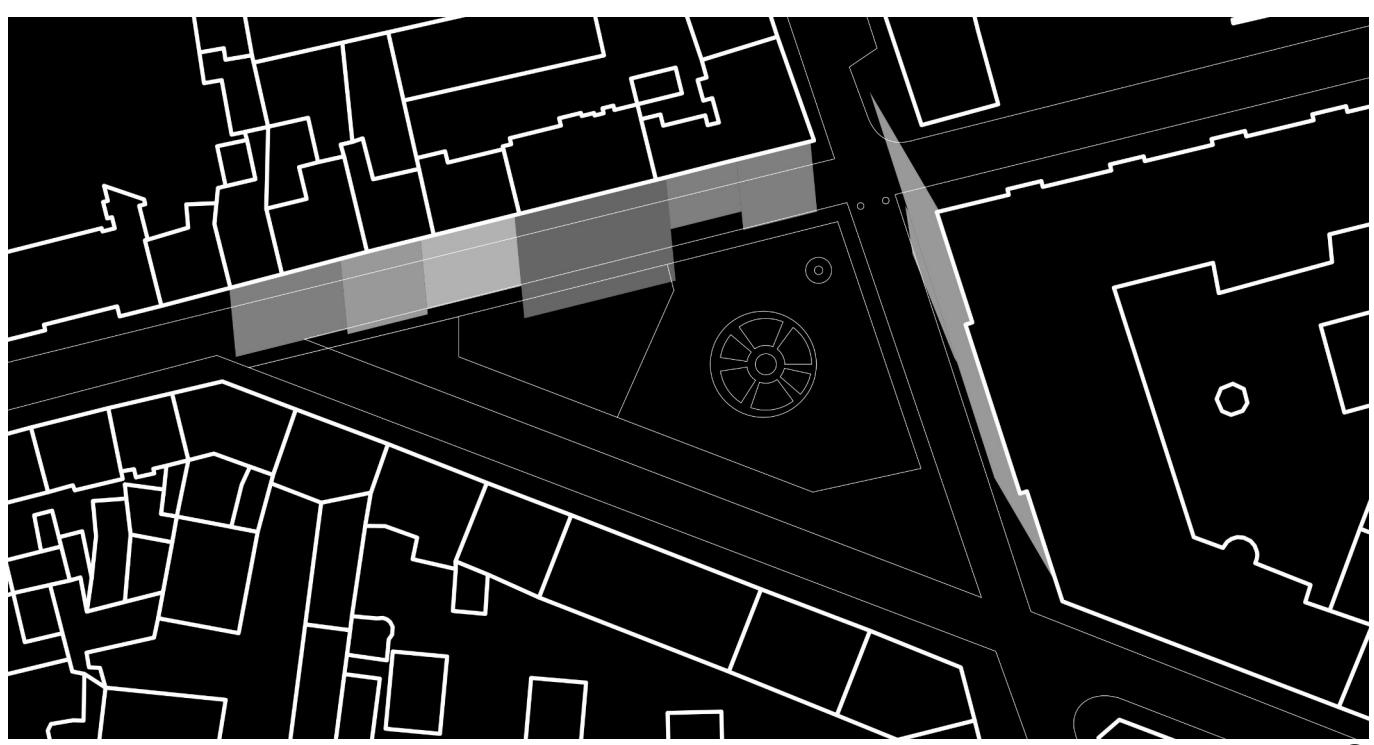


ABB. 31 FASSADENREFLEXION UM 12:00 UHR



Lidellplatz 21.03. / 21.09.

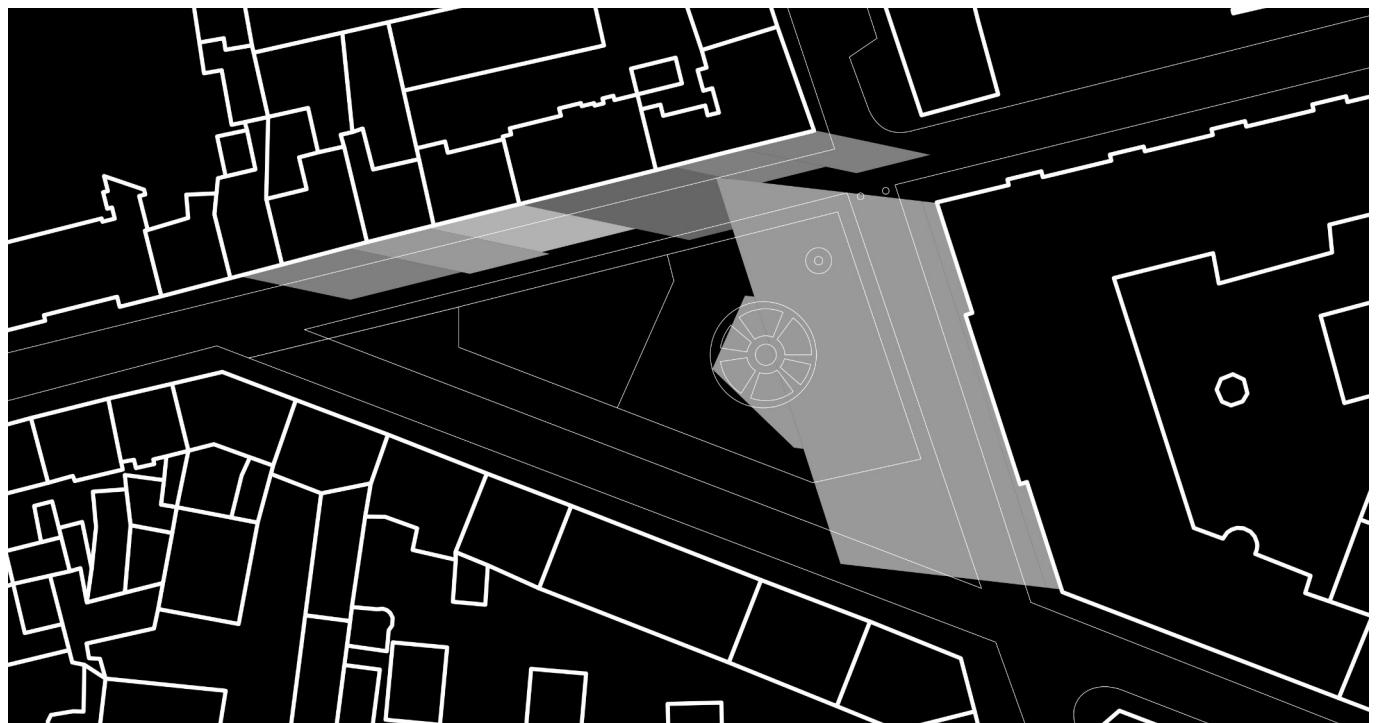


ABB. 32 FASSADENREFLEXION UM 15:00 UHR

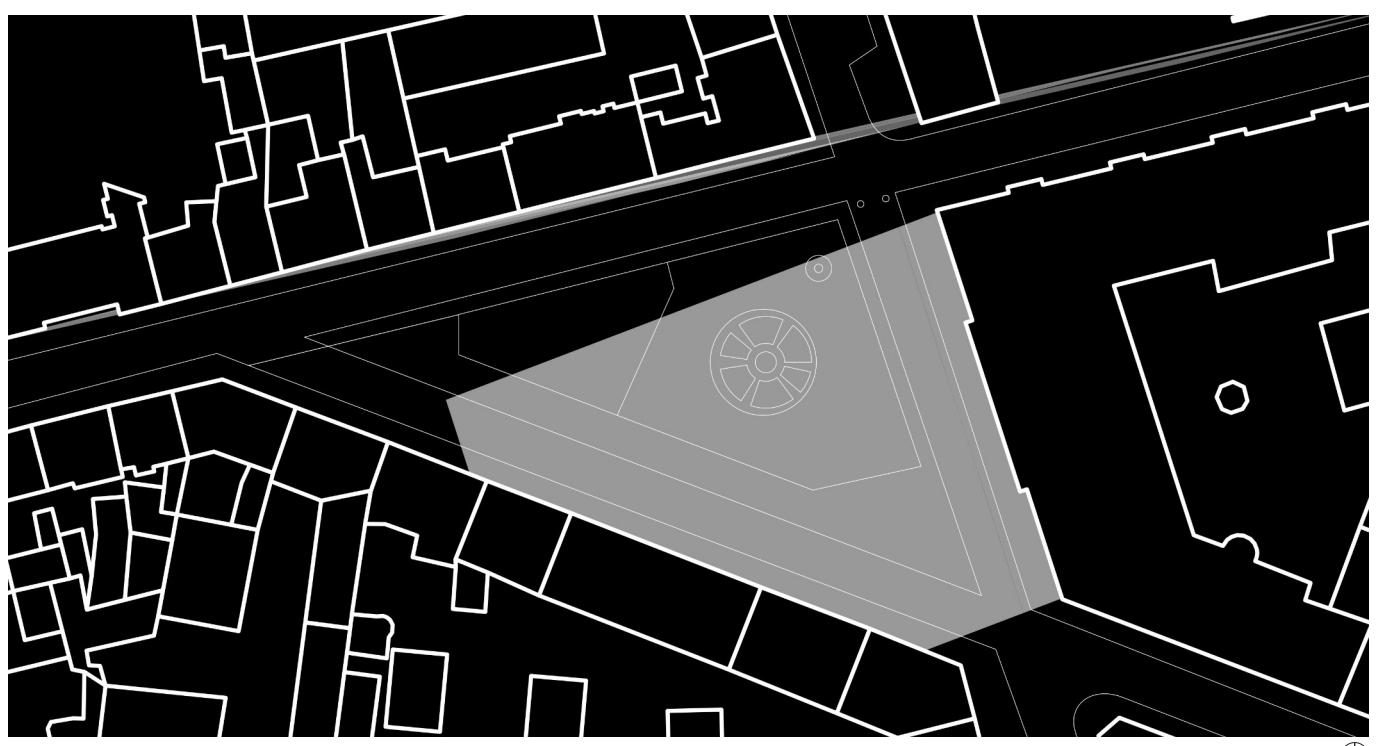


ABB. 33 FASSADENREFLEXION UM 17:00 UHR



Lidellplatz 21.06.

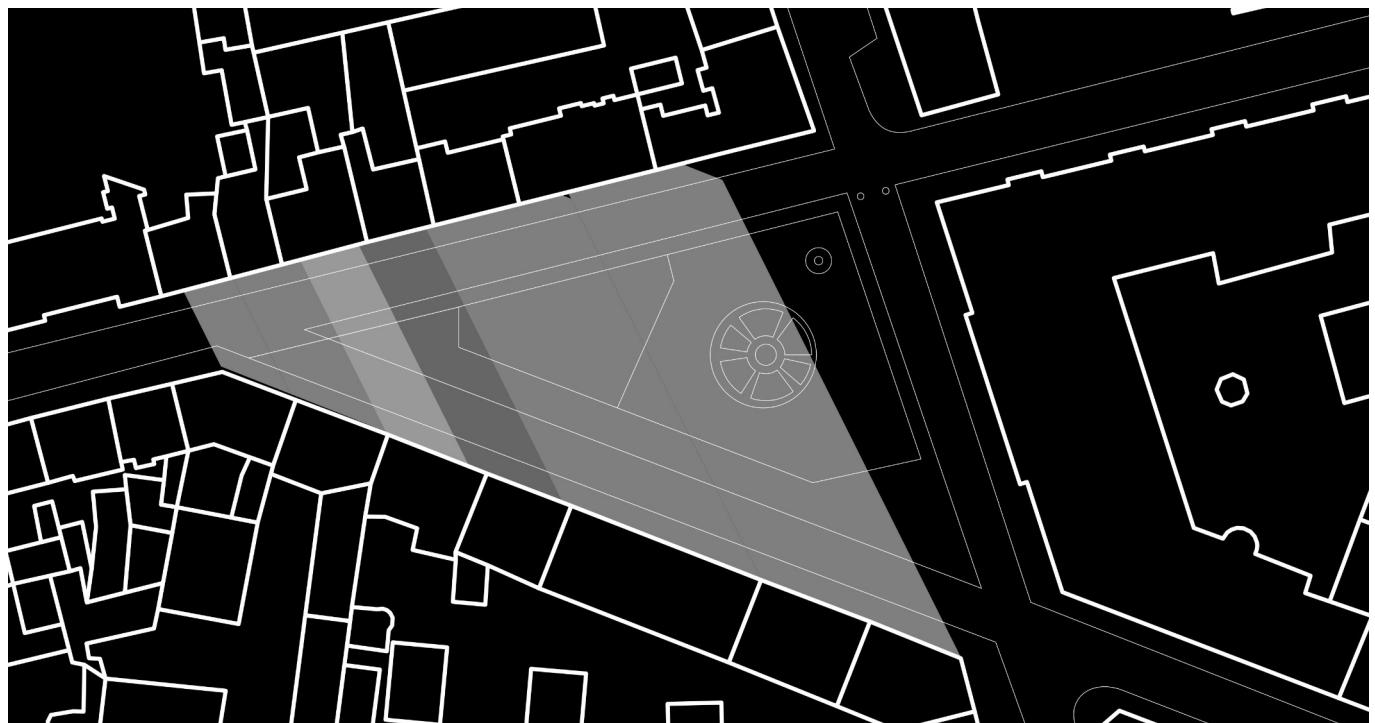


ABB. 34 FASSADENREFLEXION UM 07:00 UHR

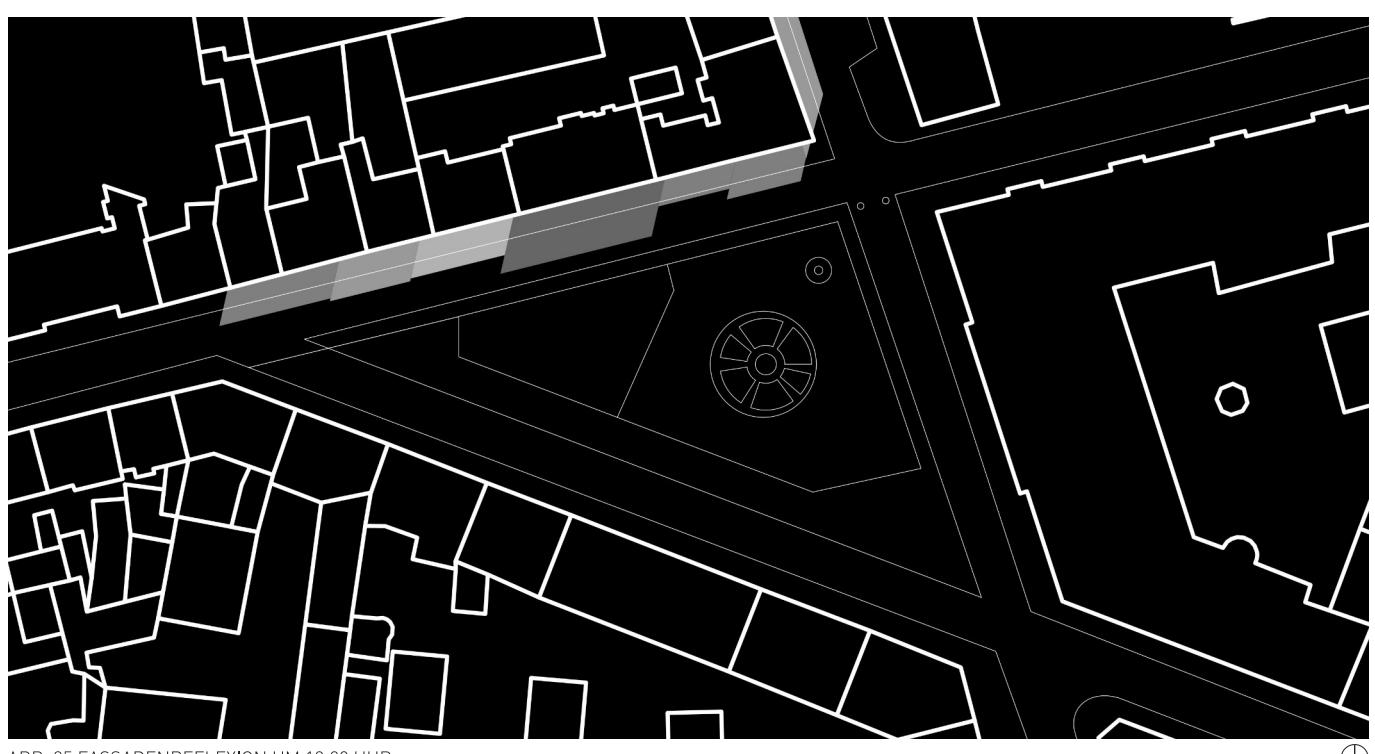


ABB. 35 FASSADENREFLEXION UM 12:00 UHR

Lidellplatz 21.06.



ABB. 36 FASSADENREFLEXION UM 16:00 UHR

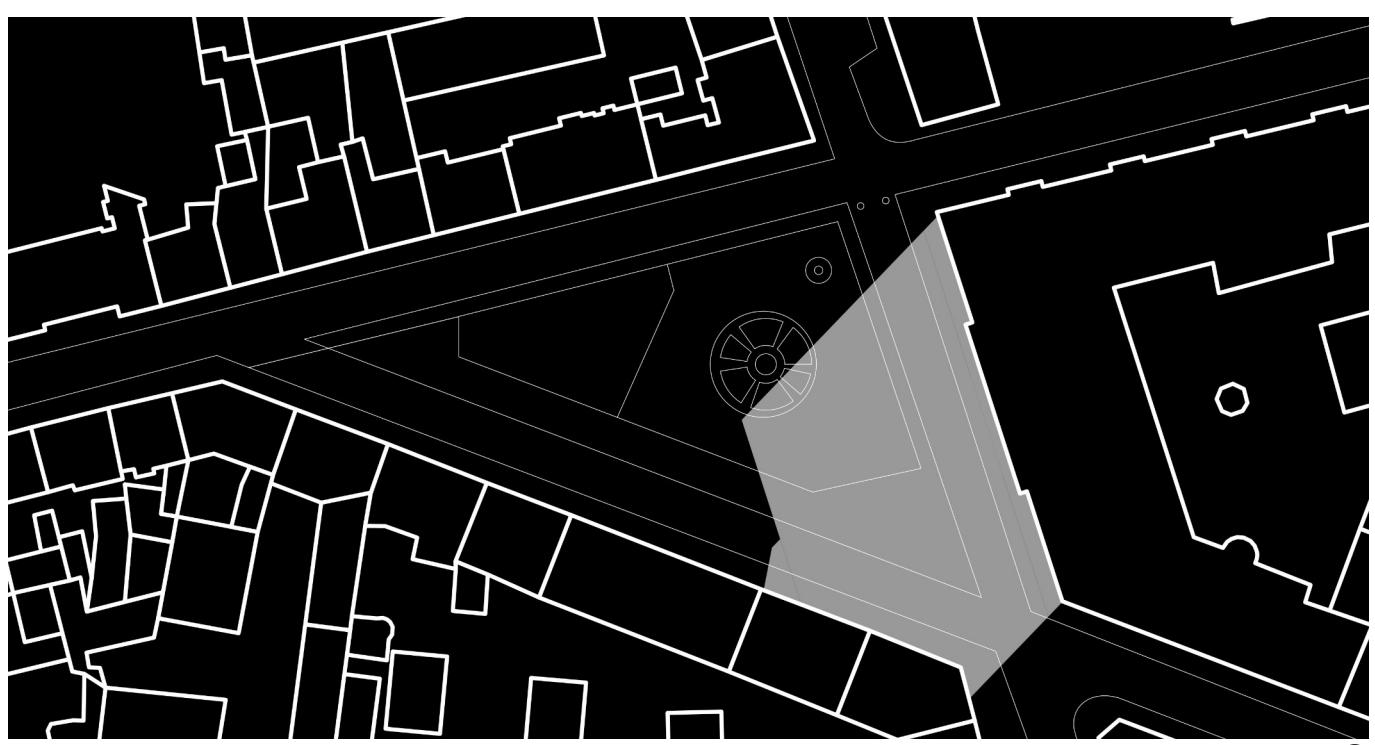


ABB. 37 FASSADENREFLEXION UM 20:00 UHR



Bierstraße 21.12..



ABB. 38 FASSADENREFLEXION UM 07:00 UHR

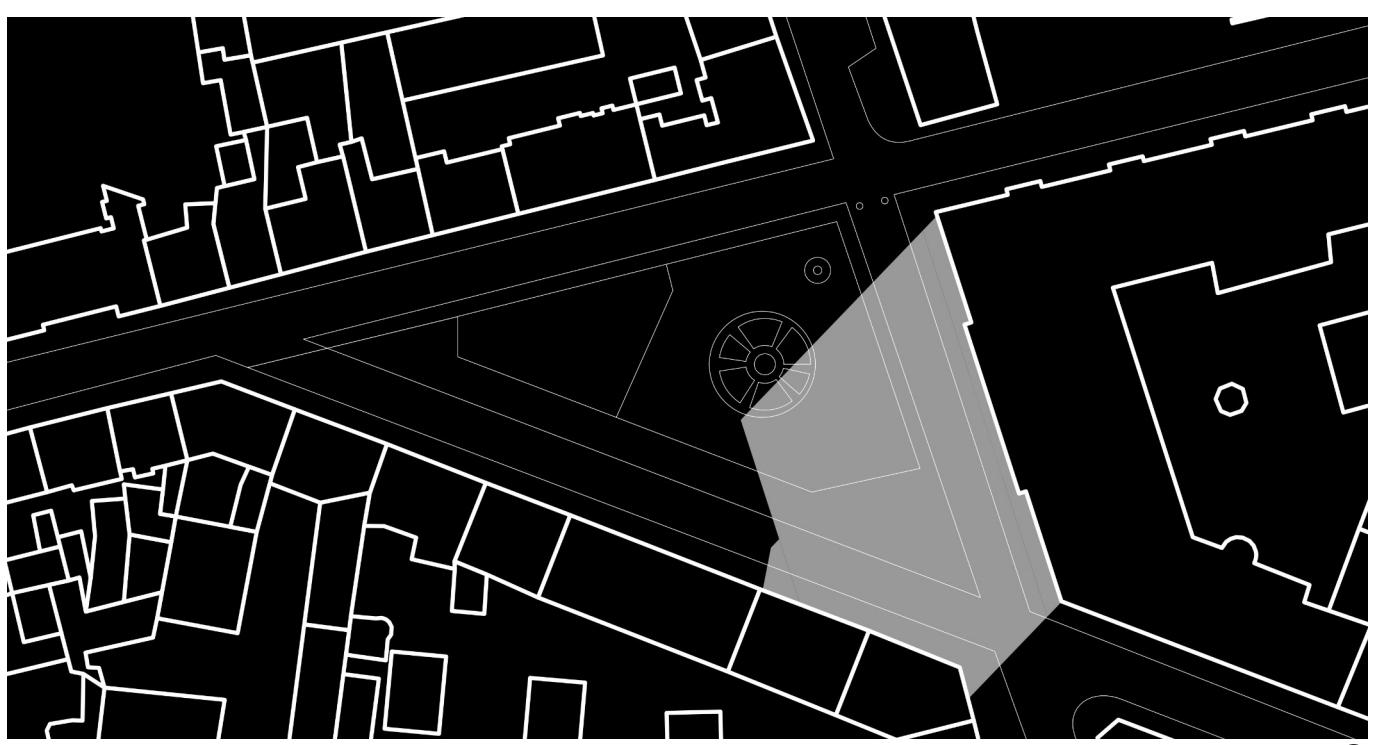


ABB. 39 FASSADENREFLEXION UM 20:00 UHR



# **ERKENNTNISSE**

## **ZU DEN FORSCHUNGSMETHODEN**

Die angewandten Methoden erwiesen sich als erfolgreich und haben das Potenzial, in anderen städtischen Umgebungen effektiv genutzt zu werden. Dennoch sind gewisse Einschränkungen zu beachten, insbesondere hinsichtlich der Helligkeitsmessungen, wie auch Verfügbarkeit von Bildmaterial für die Fassadenstudie.

Helligkeitsmessungen sind oft ortsspezifisch und erfordern eine direkte Datenerfassung vor Ort. Dies liegt daran, dass die Helligkeit stark von den örtlichen Lichtverhältnissen, der Umgebung und der Tageszeit abhängt. Um genaue und aussagekräftige Helligkeitsdaten zu erhalten, müssen Messungen direkt am gewünschten Ort durchgeführt werden.

Die begrenzte Verfügbarkeit von Bildmaterial in anderen Städten könnte die direkte Übertragbarkeit der angewandten Methoden beeinträchtigen. Unterschiedliche städtische Kontexte und Bebauungsstrukturen erfordern möglicherweise Anpassungen oder eine gezielte Datenerfassung vor Ort, um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen.

Trotz dieser Limitierungen bietet die Untersuchung einen erweiterten Erkenntnisgewinn. Die Erkenntnisse können nicht nur als Leitfaden für städtebauliche Planungen dienen, sondern auch als Anregung für die Entwicklung Lösungen im Umgang mit Licht und Raum in verschiedenen städtischen Kontexten.

## **SCHLUSSWORT**

Die durchgeführte Forschung eröffnet einen umfassenden Einblick in die Komplexität von Licht in städtischen Räumen, besonders in Bezug auf Reflexion und Blendung. Die Untersuchung berücksichtigt dabei verschiedene Jahreszeiten und Tageszeiten, um die dynamischen Eigenschaften von Licht zu erfassen.

Bezogen auf Teilnehmer des langsamen Verkehrs, wie Fußgänger und Radfahrer, rücken Aspekte wie Sichtbarkeit, Blendung und Anpassung der Verkehrsinfrastruktur in den Fokus. Die Erkenntnisse bieten die Möglichkeit, städtische Räume sicherer und angenehmer für diese Verkehrsteilnehmer zu gestalten.

## **LITERATURVERZEICHNIS**

Fördergemeinschaft Gutes Licht (2014). Straßen, Wege und Plätze, Vol. 03. Beuth Verlag GmbH. Berlin.

Fördergemeinschaft Gutes Licht (2014). Wirkung des Lichts auf den Menschen, Vol. 19. Beuth Verlag GmbH. Berlin.

Schmidt & Töllner, (2006). StadtLicht. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart.

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

- Abb. 1: Sonnenaufgang am Lidellplatz.  
Abb. 2: Reykjavik Sommernacht.  
Abb. 3: Blendung Glasfassade.  
Abb. 4: Luxmeter.  
Abb. 5: Gemessene Helligkeit.  
Abb. 6: Helligkeitskontraste.  
Abb. 7: Stressmessung.  
Abb. 8: Helligkeitskontraste und Stressmesungen.  
Abb. 9: Verortung der Straßen.  
Abb. 10: Fassadenrekonstruktion.  
Abb. 11: Zerteilung in 6 Töne.  
Abb. 12: Analyse der Materialität und Tiefe.  
Abb. 13: Darstellung nach dem Reflexionsindex.  
Abb. 14: Fassadenrekonstruktion.  
Abb. 15: Zerteilung in 6 Töne.  
Abb. 16: Analyse der Materialität und Tiefe.  
Abb. 17: Darstellung nach dem Reflexionsindex.  
Abb. 18: Fassadenrekonstruktion.  
Abb. 19: Zerteilung in 6 Töne.  
Abb. 20: Analyse der Materialität und Tiefe.  
Abb. 21: Darstellung nach dem Reflexionsindex.  
Abb. 22: Fassadenrekonstruktion.  
Abb. 23: Zerteilung in 6 Töne.  
Abb. 24: Analyse der Materialität und Tiefe.  
Abb. 25: Darstellung nach dem Reflexionsindex.  
Abb. 26: Fassadenrekonstruktion.  
Abb. 27: Zerteilung in 6 Töne.  
Abb. 28: Analyse der Materialität und Tiefe.  
Abb. 29: Darstellung nach dem Reflexionsindex.  
Abb. 30: Fassadenreflexion um 08:00 Uhr.  
Abb. 31: Fassadenreflexion um 12:00 Uhr.  
Abb. 32: Fassadenreflexion um 15:00 Uhr.  
Abb. 33: Fassadenreflexion um 17:00 Uhr.  
Abb. 34: Fassadenreflexion um 07:00 Uhr.  
Abb. 35: Fassadenreflexion um 12:00 Uhr.  
Abb. 36: Fassadenreflexion um 16:00 Uhr.  
Abb. 37: Fassadenreflexion um 20:00 Uhr.  
Abb. 38: Fassadenreflexion um 07:00 Uhr.  
Abb. 39: Fassadenreflexion um 20:00 Uhr.



# IMPRESSUM

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

Englerstraße 11  
Gebäude 11.40  
76131 Karlsruhe

Seminar  
Emotionen auf der Spur  
Eine urbane Suche nach Stressoren  
beim Radfahren und Zufußgehen  
Wintersemester 2023/24

Herausgeber  
M. Sc. Nina Haug  
Dr. -Ing. Peter Zeile  
Prof. Markus Neppl

Layout  
B. Sc. Johannes Mußmacher  
B. Sc. Alisa Erhart  
B. Sc. Laura Mahler

## Beteiligte Studierende

Paloma Botero Angel | Livia Benz  
Robin Bentrup | Mario Pitschmann | Lisa Podkalicki  
Céline Martin | Linda Maria Reister | Lucía Carmen Trojan  
Maurice Elias App | Paula Leichter  
Birte Harwart | Alicia Batke | Sabrina Jennifer Lambor  
Emma Dupont | Lars-Ole Mannherz | Johanna Christine Markus  
Thomas Bichel | Julius Leander Georg Hirschmann  
Jona Thiele | Felix Weimert | Niklas Wittig  
Ivan Nicolás Astudillo Crausaz | Karla Jukić | Oliver Leitzbach

Karlsruhe, den 25.06.2024

STOP