

# CAPE REISO

## Projektdokumentation

# INHALTSVERZEICHNIS

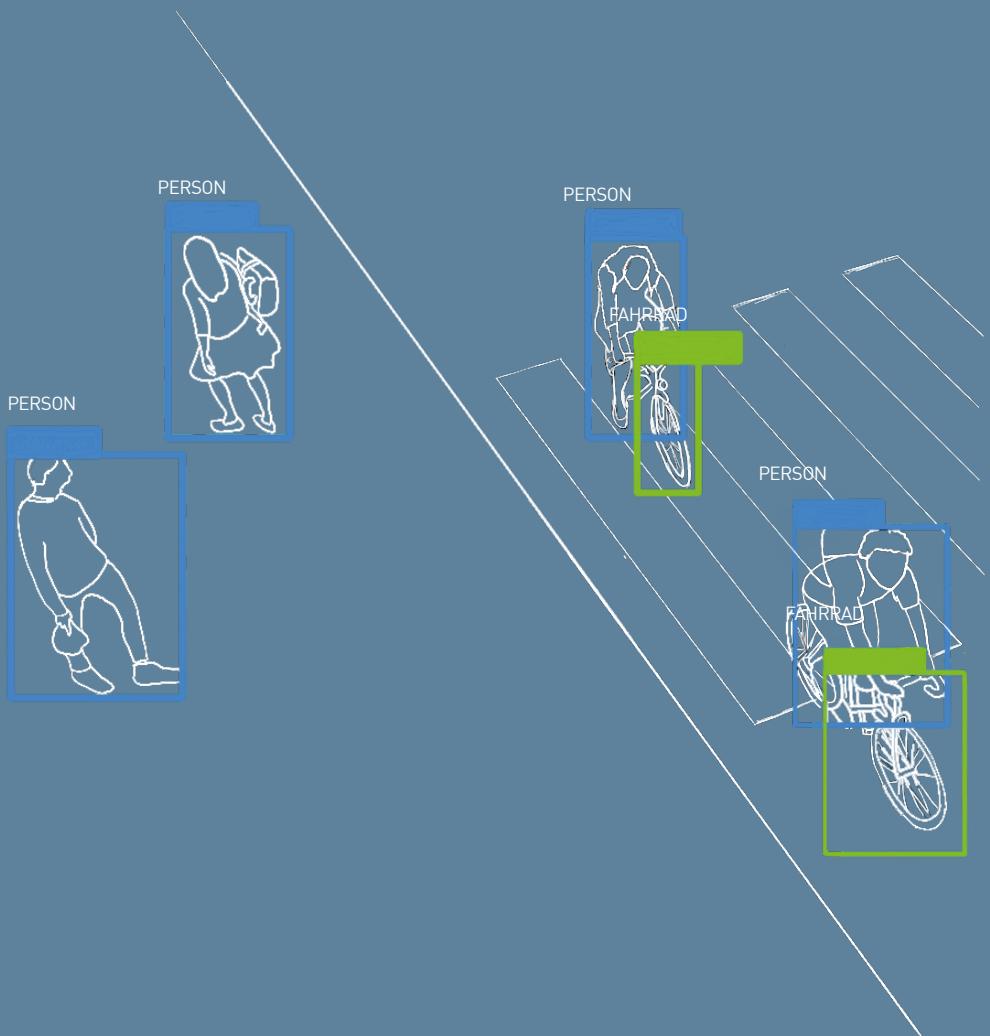
<b>01</b>	<b>PROJEKTBESCHREIBUNG</b>	<b>6</b>
<b>02</b>	<b>ANWENDUNG VON METHODEN IM VERKEHRSRAUM</b>	<b>10</b>
2.1	Equipment	12
2.2	Verkehrserfassung	19
2.3	Fragebogen	20
2.4	Testrouten	22
2.5	Heatmaps	24
<b>03</b>	<b>MODELLIEREN UND SIMULIEREN</b>	<b>26</b>
3.1	Virtuelle Realität	28
3.2	Intelligente Systeme	32
<b>04</b>	<b>HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR PLANER*INNEN</b>	<b>38</b>
4.1	OpenBikeSensor	40
4.2	Stress-Messung mit Armbändern	44
4.3	Kamerasystem	46
4.4	Digitaler Zwilling	48

<b>05</b>	<b>UNTERSUCHUNGSRÄUME</b>	<b>52</b>
<b>5.1</b>	<b>Herrenberg</b>	<b>54</b>
<b>5.2</b>	<b>Stuttgart</b>	<b>76</b>
Unfallatlas		78
OpenBikeSensor-Datensammlung		82
Stresstest Fußverkehr: Eine experimentelle Studie zur Messung des Stressempfindens Zufußgehender am Marienplatz in Stuttgart		84
Rosensteinbrücke - Urban future hackathon		100
<b>5.3</b>	<b>Karlsruhe</b>	<b>126</b>
Testroute - Radfahrende		128
Testroute - Zufußgehende		130
Fokusbereiche		134
<b>06</b>	<b>RESÜMEE</b>	<b>196</b>
<b>IMPRESSUM</b>		<b>204</b>



Abb. 1: Fahrradfahrerin in Karlsruhe





# 01

## PROJEKTBESCHREIBUNG

Der Projektname Cape Reviso steht für „Cyclist And PEdestrians on REal and Vlirtual Shared rOads“. Übersetzt bedeutet es: „Radfahrende und Zufußgehende auf gemeinsamen realen und virtuellen Flächen“.

Das Projekt Cape Reviso befasst sich mit der Frage, wie Verkehrsräume gestaltet werden können, damit es weniger Konflikte zwischen den verschiedenen Verkehrsteilnehmer\*innen gibt. Der Fokus liegt dabei auf Radfahrenden und Zufußgehenden.

## AUSGANGSLAGE

Der Verkehrsraum in Städten muss zwischen allen Verkehrsteilnehmenden aufgeteilt werden und wird teilweise auch gemeinsam genutzt. Für welches Verkehrsmittel sich Menschen entscheiden, hängt neben vielen anderen Faktoren auch davon ab, ob die Nutzung des Verkehrsmittels als angenehm oder unangenehm empfunden wird.

Großen Einfluss darauf haben Konflikte entlang des Weges und subjektiv empfundener Stress. Damit möglichst viele Menschen gerne mit dem Rad fahren oder zu Fuß gehen, ist es wichtig, diese Konflikte zu reduzieren. Hier setzt das Projekt *Cape Reviso* an: Das Projekt will das subjektive Sicherheitsgefühl von Radfahrenden und Zufußgehenden mit objektiven Daten erfassen, um daraus Lösungsansätze zu generieren.

## METHODISCHE HERANGEHENSWEISE

Objektive Daten über subjektive Empfindungen zu sammeln hört sich im ersten Moment schwierig an. Durch verschiedene Datenerfassungen und mithilfe digitaler Werkzeuge (digitale Tools), die teilweise extra für das Forschungsprojekt entwickelt wurden, ist dies aber möglich. Die digitalen Tools werden bei Testläufen im realen städtischen Umfeld im Hinblick auf das Konfliktpotenzial zwischen Radfahrenden,

Zufußgehenden und anderen Verkehrsteilnehmenden angewandt. Dafür sind Proband\*innen notwendig, welche sich an den Testläufen beteiligen. Der empfundene Stress der Proband\*innen wird dann über Stresssensoren gemessen, die gelaufene oder gefahrene Route per GPS-Gerät aufgezeichnet und mit Kameras gefilmt, sowie kritische Abstände über Sensoren gemessen.

## AUSWERTUNG

Kritische Stellen und Situationen werden somit leicht erkannt und durch unterschiedliche Verfahren ausgewertet. Zum Einen werden die Aufzeichnungen der digitalen Tools aufbereitet und am Ende in einer Übersichtskarte zusammengefügt. Die Karte stellt die gelaufene oder gefahrene Route der Proband\*innen und die Stellen, an welchen Stress empfunden wurde („Moments of Stress“), dar.

Zum Anderen kann durch eine Befragung der Proband\*innen im Anschluss der Testläufe herausgefunden werden, wo es besonders kritische Stellen im urbanen Umfeld gab, auf die besondere Aufmerksamkeit gelegt werden sollte. Danach entsteht ein digitaler Zwilling. Das heißt, der Stadtraum wird in 3D nachgebaut und man kann sich mithilfe von Simulationen darin virtuell bewegen. Lösungsansätze für den städti-

schen Raum können somit erst virtuell geprüft werden, bevor sie in der realen Umwelt umgesetzt werden.

### ZIEL DES PROJEKTES

Im Rahmen des NRVP-Projekts (Nationaler Radverkehrsplan) Cape Reviso werden neue Technologien für den Einsatz im Planungsalltag untersucht. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Verkehr (BMV) gefördert. Durchgeführt wird das Projekt vom Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Club e. V. (ADFC), dem Hochstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS) und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Mitarbeitende, Proband\*innen und Studierende arbeiten gemeinsam an der Anwendbarkeit dieser neuen Technologien.

Ziel des Projektes ist die Erstellung eines Open-Source-Methodensets für Planende, Bürger\*innen und andere Interessierte, um mehr über Konflikte von Zufußgehenden und Radfahrenden jenseits offizieller Statistiken und traditioneller Methoden zu erfahren. Ziel ist eine Förderung des nichtmotorisierten Verkehrs, in dem eine sichere Infrastruktur so gestaltet wird, dass ihre Benutzung als angenehm und sicher empfunden wird.

### WEITERFÜHRUNG IN ZUKUNFT

Alle im Projekt Cape Reviso entwickelten Methoden liegen quelloffen vor. Durch die Veröffentlichung aller Bestandteile wie Hardware-Design, Firmware und Datenportal-Software unter einer frei zugänglichen Open-Source-Lizenz können das System als auch einzelne Module selbstständig nachgebaut und weiterentwickelt werden. Dieser Open-Source-Ansatz ermöglicht die Nutzung und Weiterentwicklung der Methoden durch breite Zielgruppen aus Wissenschaft, Verwaltung und engagierter Zivilgesellschaft.

Engagierte Bürger\*innen und Vereine nutzen beispielsweise bereits heute in vielen Städten den OpenBikeSensor, um Daten über Überholabstände zu sammeln und auf dieser Basis eine Verbesserung der Fahrradinfrastruktur einzufordern. Sie haben ihn mitentwickelt und verbessern ihn kontinuierlich. Auch die biostatistische Stresserkennung „Emocycling“ und das System zur Verkehrsbeobachtung eignen sich prinzipiell für die Anwendung durch eine „citizen science community“. Die Cape Reviso-Werkzeuge laden zum Mitmachen und Weiterentwickeln ein.

Für das Projekt kommen verschiedene Methoden zum Einsatz, um die Verkehrssituation bestmöglich zu erfassen.



# 02

## ANWENDUNG VON METHODEN IM VERKEHRSRAUM

Um Konflikte zwischen dem Rad- und Fußverkehr sowie Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmenden zu untersuchen, werden verschiedene Methoden angewendet. Dabei kommen Programme und digitale Werkzeuge zum Einsatz, die Daten sammeln, eine

Evaluierung bestehender Infrastrukturen ermöglichen, Änderungen entwickeln und die Ergebnisse messbar machen. Dabei ist eine Reduktion der Konflikte zwischen Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen das ausschlaggebende Ziel.

## 2.1 EQUIPMENT



Abb. 2: Das Equipment im Überblick

Die unterschiedlichen Methoden bauen aufeinander auf und bedingen sich dabei gegenseitig. Der Lösungsansatz verfolgt dabei Methoden, die im realen sowie virtuellen Raum stattfinden. Im virtuellen Raum können mithilfe von Fahrsimulationen Szenarien durchgespielt werden, wodurch eine gezielte Herangehensweise zur Verbesserung der Fahrpraxis im realen Umfeld entwickelt werden kann. Es geht um eine methodisch neuartige Bestandsaufnahme sowie um innovative Instrumente für eine evidenzbasierte, konfliktvermeidende Stadtplanung. Die entwickelten Methoden können Kommunen, Bürger\*innen und Initiativen nach Projektende ausprobieren und einsetzen.

Dafür kommen verschiedene Methoden zum Einsatz. Abstandsmessungen mit dem OpenBikeSensor (OBS) bei Radfahrenden, der modifizierte OpenWalk-Sensor (OWS) für Zufußgehende, das Messen von biostatistischen Signalen zur Detektion von Situationen mit negativer Erregung („Stressmessungen“), sogenannte Heatmaps zur Ergebnispräsentation sowie ein Kamerasytem, das mithilfe Künstlicher Intelligenz verschiedene Verkehrsteilnehmer\*innen erkennt und Konfliktpunkte identifiziert.



Abb. 3: Richtiges Tragen des Equipments an einer Testperson

## OPENBIKESENSOR (OBS)

Der OpenBikeSensor misst, wie dicht Radfahrende von Autos überholt werden und an welchen Stellen der vorgeschriebene Sicherheitsabstand (150cm innerorts, 200cm außerorts) unterschritten wird. Die Messungen geben Auskunft darüber, wo es für Radfahrende besonders gefährlich ist. Mithilfe von Ultraschall misst der Sensor ca. 20 mal pro Sekunde den physischen Abstand von Proband\*innen zu anderen Verkehrsteilnehmer\*innen und speichert diesen georeferenziert ab. Inspiriert wurde der OBS vom Berliner Radmesser, wobei der OBS als quelloffene Sensorplattform einen Schritt weiter geht. Durch die Veröffentlichung aller Bestandteile wie Hardware-Design, Firmware, Datenportal-Software unter einer freizügigen Open-Source-Lizenz können das System und auch einzelne Module selbstständig nachgebaut und weiterentwickelt werden. So ist der OBS mittlerweile in einer deutschlandweit in 45 Städten aktiven Community mit vielen Ehrenamtlichen verfestigt. Der OBS ist für die Befestigung am Lenker oder Rahmen des Fahrrades konzipiert. Neben dem Gerät selbst

ist die Veröffentlichung der gemessenen Überholabstände in Datenportalen ein wichtiges Element des OBS. Einzeltracks bleiben aus Datenschutzgründen verborgen, während die gesammelten Informationen zu einzelnen Straßenabschnitten öffentlich für Zivilgesellschaft, Stadtplanung, Wissenschaft und Entscheidungsträger\*innen einsehbar sind. So können Bereiche identifiziert werden, in denen Überholvorgänge unter 150cm innerorts vermehrt auftreten. Diese Daten liefern Hinweise, wo Handlungsbedarf besteht, um Radfahren subjektiv sicher zu gestalten, und auf Gefahrenpotenziale in der Infrastruktur wie zu schmale Radschutzstreifen, irreführende Markierungen oder vieles mehr hinzuweisen.

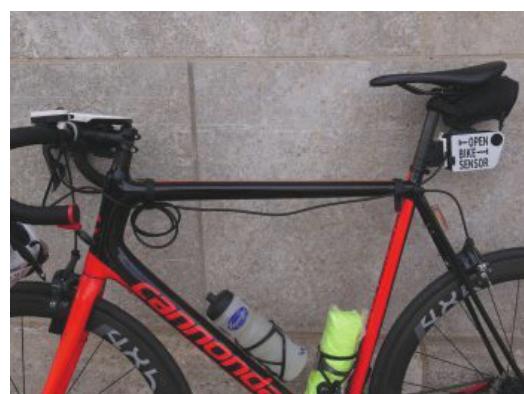


Abb. 4: OBS am Fahrrad

## **MODIFIZIERTER OPENBIKESENSOR „OPENWALKSENSOR“**

Durch den Einbau der Abstandssensoren in einen Rucksack wurde der Open-BikeSensor so modifiziert, dass die Messung für Zufußgehende möglich ist. Es werden dieselben Messgerätschaften wie bei einer Messung mit dem OBS verwendet, lediglich ist der Abstandssensor im Rucksack/ an der Testperson montiert.



## **ARMBÄNDER ZUR STRESSMESSUNG**

Mithilfe des Empatica-Armbands sind Erfassungen physiologischer Daten in Echtzeit möglich. Durch die Aufnahme der Hautleitfähigkeit und -temperatur werden „Stresspunkte“ mit negativer Erregung, die sogenannten „Moments of Stress (MOS)“ identifiziert und mit-

hilfe der im Smartphone empfangenen Satellitennavigationsdaten (Global Navigation Satellite Systems -GNSS) lokalisiert. MOS werden wie folgt identifiziert: Steigt die Hautleitfähigkeit und fällt kurz darauf die Hauttemperatur ab, so ist dies ein Indikator für eine negative Erregung, eine „Stresssituation“ im Stadtraum (siehe Abb. 5). Dieses Muster ist eindeutig in den biostatistischen Werten bzw. deren Ableitungen (siehe Abb.6) zu erkennen. Zur schnelleren und verständlicheren Kommunikation der Messergebnisse können Heatmaps (Kap. 2.5) für einzelne oder alle Proband\*innen oder bestimmte Personengruppen erzeugt werden.



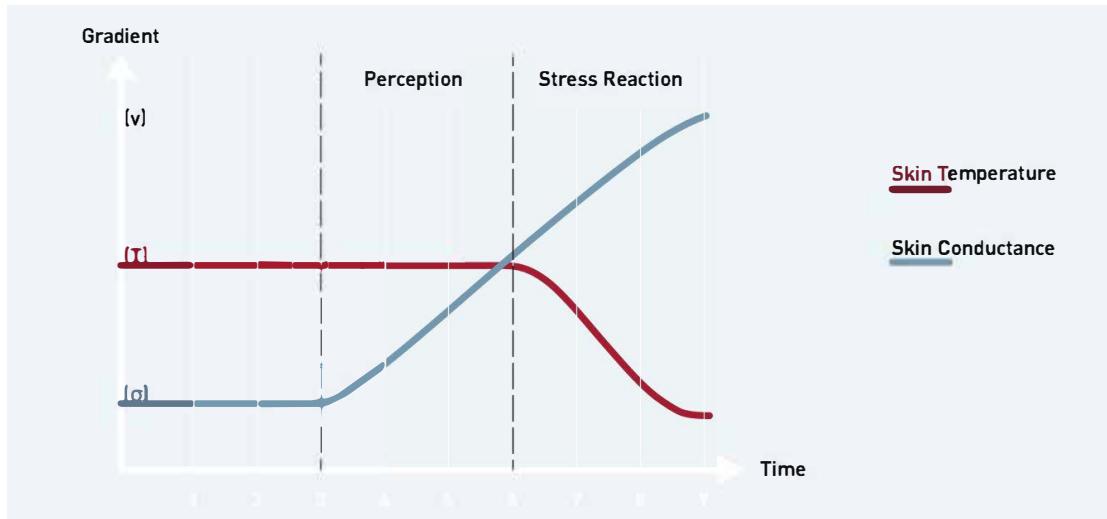


Abb. 5: Idealisierte Ganglinie einer biostatistischen Messung mit der Elektrodermalen Aktivität (Skin Conductance) und Hauttemperatur (Skin Temperature)

Sekunden	Elektrodermale Aktivität	Hauttemperatur	
1	0	0	Unauffällige Schwankungen
2	0	0	
3	1	0	
4	1	0	Wahrnehmung
5	1	0	
6	1	-1	Moment of Stress (MOS)
7	1	-1	
8	1	-1	Seconds of Stress (SOS)
9	0	-1	
10	0	-1	

Abb. 6: Scoring zur Emotionsdetektion

### **GO-PRO KAMERA MIT BRUSTGURT**

Mithilfe der Go-Pro-Kamera wird Bild- und Videomaterial aufgenommen. Dieses hilft zusätzlich bei der Interpretation der Sensordaten und zur Identifikation bzw. Zuordnung der möglichen Stressauslöser.



### **SMARTPHONE ZUR DATENERHEBUNG UND -ÜBERMITTLUNG**

Das Smartphone misst die Geodatenposition über das GNSS. Dabei werden Positionsdaten z.B. vom Global Positioning System GPS oder Galileo verarbeitet. Mithilfe der E-Diary App, einem elektronischen Tagebuch, wird das Smartphone mit dem Empatica-Armband via Bluetooth gekoppelt. Empfindet der\*die Proband\*in auf der Strecke Stress, werden die Stresspunkte räumlich verortet und auf dem Smartphone gespeichert.

## 2.2 VERKEHRSERFASSUNG



Abb. 7: Verkehrskamera

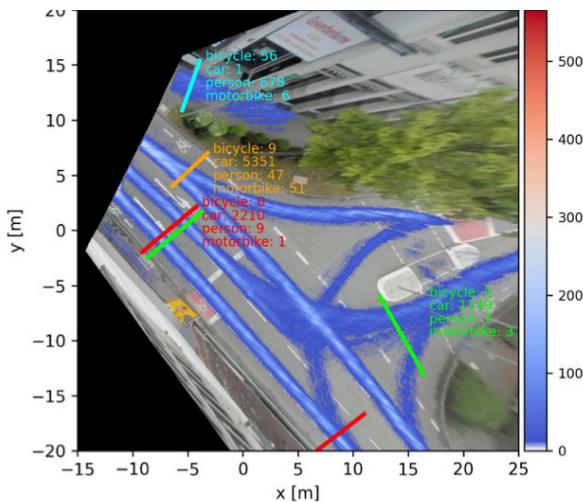


Abb. 8: Kamerabild mit Überlagerung Heatmap

### KAMERASYSTEM ZUR VERKEHRSERFASSUNG

Das System, das an (Beinahe-)Unfallschwerpunkten eingesetzt wird, zeichnet Verkehrssituationen über längere Zeiträume auf und untersucht sie auf Konflikte, Gefahrensituationen und Unfälle. Es besteht aus einer Kamera, die mit einer eingebetteten Computerplatine mit einem leistungsstarken Grafikprozessor verbunden ist. Durch sogenanntes „Edge Computing“ geschieht die Verarbeitung von Bilddaten vor Ort/direkt auf dem Computer unter Verwendung von Algorithmen für maschinelles Lernen. Dieser Ansatz stellt sicher, dass die Bilddaten im temporären Speicher des Systems verbleiben und in anonymisierte Verkehrsmetadaten umgewandelt werden, um die Einhaltung des Datenschutzes zu gewährleisten. Das modulare Softwaredesign, welches die Erkennung, Verfolgung und Trajektorienanalyse umfasst, beinhaltet klar definierte Schnittstellen für die schnelle Integration neu entwickelter Algorithmen von Drittanbietern.

## 2.3 FRAGEBOGEN

Für das Stressempfinden der Proband\*innen spielen persönliche Präferenzen und Charakteristika eine entscheidende Rolle, wodurch manche Stressreaktionen und deren Intensität unterschiedlich wahrgenommen werden. Zudem gibt es verschiedene psychologische Merkmale, welche hinzugezogen werden, um ein genaueres Bild der Personen zu erhalten. Dafür wurde eine Methode angewendet, welche das Stressempfinden qualitativ und quantitativ untersucht. Neben der Messung der „Moments of Stress“ mittels Sensorarmbändern wurde daher für die Erfassung der persönlichen Dispositionen ein standardisierter Fragebogen konzipiert. Dieser wird den Teilnehmenden vorab, also bevor die Testläufe stattfinden, übermittelt und ist in vier Abschnitte gegliedert. Der erste Teil umfasst allgemeine Angaben über die Person und ihren soziodemographischen Hintergrund und geht in den zweiten Teil über, der Fragen zum Verkehrsverhalten beinhaltet. Diese Fragen basieren hauptsächlich auf der Studie „Mobilität in Deutschland 2019 (MiD)“ des BMVI (Nobis und Kuhnimhof 2018) und der Elektronischen Unfalltypensteckkarte

(EUSKa). Teil 3 des Fragebogens greift die Ortskenntnis auf und der vierte Teil widmet sich psychologischen Faktoren. Diese umfassen die Persönlichkeit, die Kontrollüberzeugung und die Risikobereitschaft. Die verwendeten Fragebatterien basieren auf validierten Skalen des Leibniz Instituts für Sozialwissenschaften (GESIS) (Persönlichkeit: Rammstedt et al. 2012, Kontrollüberzeugung: Kovaleva et al. 2012, Risikobereitschaft: Beierlein et al. 2014).

Nachdem die Testläufe durch die Proband\*innen absolviert wurden, werden diese aufgefordert, eine persönliche Einschätzung über besonders auffällige oder stressige Momente festzuhalten. Dadurch können im Nachhinein noch genauere Erkenntnisse gesammelt werden, welche mit dem Fragebogen und den aufgezeichneten Stressempfindungen abgeglichen werden.

g. Wie einfach kannst du dein Fahrrad Zuhause sichern? G2f7

Sehr einfach 1	...	...	...	Sehr schwierig 5
----------------	-----	-----	-----	------------------

Ich fahre im Alltag gerne Auto	0	0	0	0
--------------------------------	---	---	---	---

j. Was beeinflusst die Wahl deines Verkehrsmittels) g1f8 Rangliste

0 ja, ich war schuld G1f4a	Mein Verkehrsmittel:	Andere(s) Verkehrsmittel:	Jahr:
----------------------------	----------------------	------------------------------	-------

## Fragebogen

Gruppe 1: Eisbrecher

# »Fragebogen CapeReviso«

Liebe:r Teilnehmende:r,

du hast dich bereiterklärt am NRVP-Projekt „CapeReviso- Radfahrende und Fußgänger\*innen auf gemeinsamen realen und virtuellen Flächen“ teilzunehmen.

Neben der Erfassung körnernaher Daten, die Rückschlüsse auf Emotionen in Verbindung mit dem Radfahren in Städten zulassen, werden anhand dieses Fragebogens weitere Daten abgefragt. Diese betreffen Angaben zu deiner Person und deinem Mobilitätsverhalten.

Emotionen sind höchst subjektiv, weswegen wir in unserem Forschungsvorhaben auch den persönlichen Hintergrund einbeziehen möchten, um eine diverse Datenlage für die weitere Bearbeitung zu erhalten.

Die Bearbeitung wird ca. 15 Minuten in Anspruch nehmen. Bitte beantworte die Fragen spontan und nach bestem Wissen und Gewissen.

Bei den einzelnen Fragen wird beschrieben, ob eine freie Angabe gemacht werden soll, eine einfache Angabe gemacht werden soll oder es auch möglich ist, mehrere Antworten anzukreuzen.

Erklärung, wie das beim Online-Ausfüllen stattfindet.

Vielen Dank für deine Teilnahmebereitschaft!

## 2.4 TESTROUTEN

Proband\*innen, Personen, die sich freiwillig melden und an Untersuchungen teilnehmen, spielen eine zentrale Rolle in der Forschung für das Cape Reviso Projekt. Sowohl Fußgänger\*innen als auch Radfahrer\*innen können an den Studien teilnehmen, um den urbanen Raum zu erkunden und alltägliche Situationen zu erleben. Dafür werden die Proband\*innen mit den digitalen Tools ausgestattet und auf Testläufe geschickt. Diese Testläufe sollen als realitätsnahe Simulationen dienen.

Die Testläufe können in ihrer Gestaltung variieren. Einige Proband\*innen folgen einer fest vorgegebenen Strecke, um die Ergebnisse besser miteinander vergleichen zu können. Andererseits können bei den Testläufen auch nur Punkte vorgeben werden, die von den Teilnehmer\*innen abgelaufen oder gefahren werden müssen. Dies ermöglicht eine gewisse Flexibilität bei der Streckenwahl. Ganz individuell können auch frei wählbare Strecken ausgesucht werden, was eine breitere Einbeziehung ver-



Abb. 9: Testroute Radfahrende

schiedener Bereiche im öffentlichen Straßenbereich ermöglicht. Hierdurch werden mehr Informationen über mögliche Konfliktpunkte und die Interaktion zwischen Verkehrsteilnehmer\*innen gewonnen. Jeder dieser Läufe wird stark von der persönlichen Einschätzung und den Entscheidungen der einzelnen Probanden und Probandinnen beeinflusst. Dieser individuelle Ansatz ermöglicht es, die Vielfalt der Erfahrungen und Perspektiven der Teilnehmer\*innen zu berücksichtigen. Durch die Teilnahme einer größeren Anzahl von Proband\*innen an den Testläufen können am Ende tiefgreifendere Rückschlüsse über Konfliktpunkte im urbanen Raum gezogen und wertvolle Erkenntnisse für die Gestaltung sicherer Verkehrsräume gewonnen werden. Bei den Testgruppen ist eine hohe Vielfältigkeit zu beachten, etwa im Bezug auf das Alter, Geschlecht, Einstellung zum Radfahren, usw.



Abb. 10: Testroute Zufußgehende mit angelegtem Equipment

## 2.5 HEATMAPS

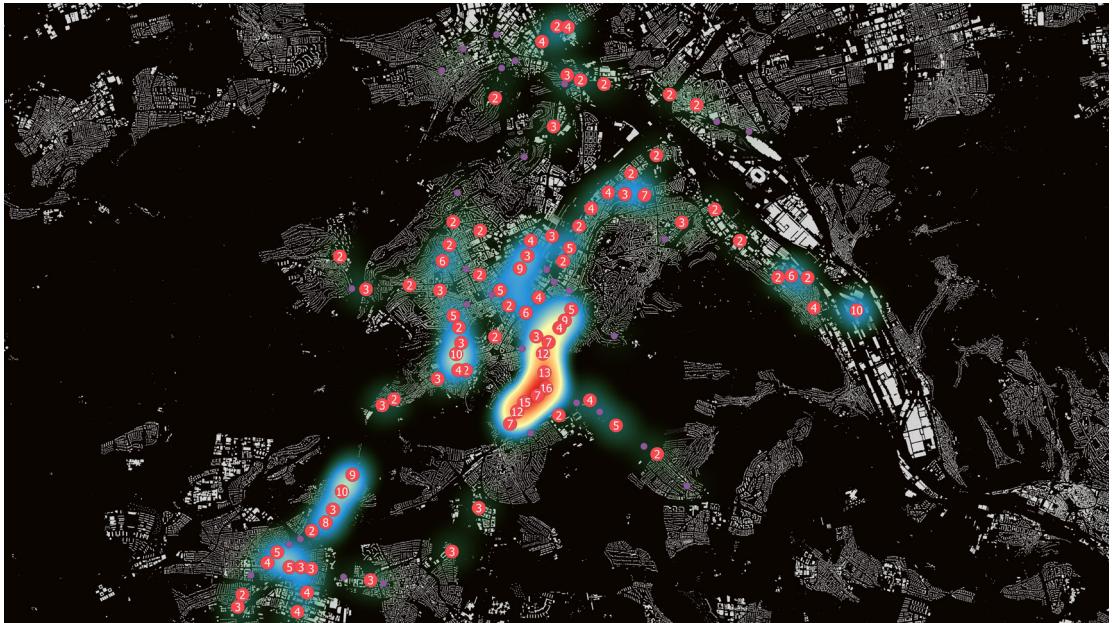


Abb. 11: Heatmap OBS Stuttgart

Nachdem die Testläufe durch die Proband\*innen, welche mit den digitalen Tools ausgestattet wurden, stattgefunden haben, werden die aufgezeichneten Daten im Anschluss ausgewertet. Die Aufzeichnungen der digitalen Tools werden dabei untereinander verglichen und in einer Datei zusammengefügt. Durch die frei erhältliche Geoinformationssoftware „QGIS“ werden die Daten danach auf eine räumliche Karte über-

tragen. Besonders Bereiche mit geringen Überholabständen mit dem OBS als auch hohe Konzentration von „Moments of Stress“ - MOS - sind hierbei wichtig. Um die gemessenen MOS visuell darzustellen und mit dem städtischen Kontext in Verbindung zu setzen, werden „Heatmaps“ erstellt. Eine Heatmap ist eine Visualisierungsmethode zur Anzeige der Ereignisdichte oder des Auftretens von Ereignissen. Dabei wer-

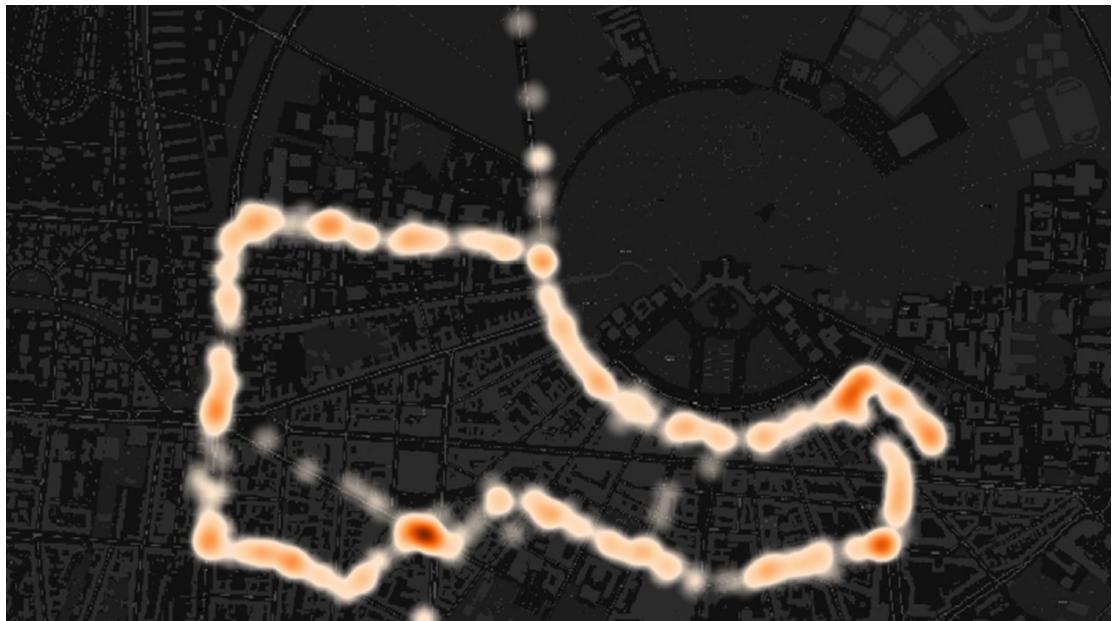


Abb. 12: Heatmap „MOS“ Karlsruhe

den Punkte räumlich geclustert, wobei mehr Punkte in einem Bereich einen höheren Wert haben als weniger Punkte im selben Bereich – je mehr MOS an der Stelle gemessen wurden, desto höher ist die „Stresskonzentration“. Die Berechnungsmethode hinter der Heatmap ist die sogenannte Kernel Density Estimation (KDE). Der Algorithmus schätzt dabei einen noch unbekannten Wert an einem Ort mithilfe von bekannten Refe-

renzpunkten. Dieser „neue“ Punkt entsteht durch Interpolation. Mithilfe der Heatmaps und in Verbindung mit den ausgefüllten Fragebögen erfolgen Analysen, um Muster in der MOS-Häufigkeit zu identifizieren. Eine eingehende Datenanalyse wird durchgeführt, um gefährliche Stellen im urbanen Umfeld zu erkennen und verschiedene „Stressgruppen“ zu identifizieren.



# 03

## MODELLIEREN UND SIMULIEREN

Die in Testläufen und -fahrten identifizierten Bereiche im städtischen Raum eignen sich für eine Simulation im „Digitalen Zwilling“. Unterschiedliche Szenarien in Bezug auf Infrastruktur, Bebauung und Verkehrsdichte können im virtuellen Raum erforscht werden. Durch die Arbeit in der Virtuellen Realität

reduziert sich im Idealfall der Kosten- und Zeitaufwand.

# 3.1 VIRTUELLE REALITÄT

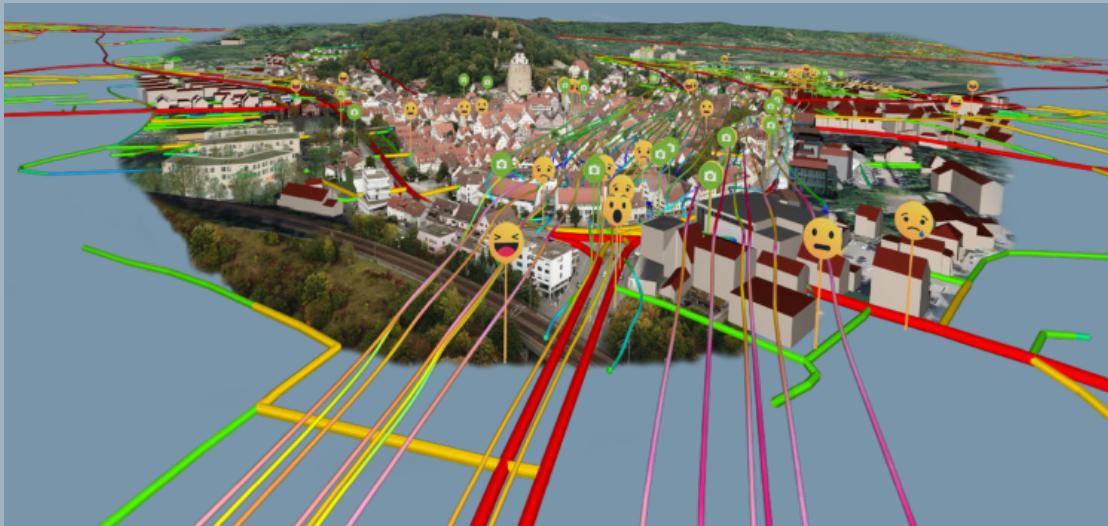


Abb. 13: Digitaler Zwilling Herrenberg

## DIGITALER ZWILLING

Die Arbeit im Digitalen Zwilling hilft, Stellen mit besonderen urbanen Phänomenen besser zu verstehen. Durch präzise 3D-Modellierung werden digitale Nachbildungen des städtischen Umfelds erstellt, wobei alle relevanten Elemente wie Häuser und Straßen akkurat erfasst werden. Digitale Zwillinge spielen eine wichtige Rolle in Stadtplanungsprozessen, da sie Entwurfsplanungen und Umgestaltungsideen detailliert visualisieren können. Dies trägt dazu bei, dass sowohl Planende

als auch Bürger\*innen die Auswirkungen von Veränderungen auf das städtische Umfeld und hier auf den Rad- und Fußverkehr besser verstehen können. Die Präsentation von urbanen digitalen Zwillingen kann mithilfe von Bildern, Videos, Virtual Reality-Headsets („3D-Brillen“) als auch mit mobilen Lösungen – sogenannten „Powerwalls“ oder in der CAVE geschehen.



Abb. 14: Simulation in der Cave

## SIMULATION IN DER CAVE

Die CAVE, kurz für „Cave Automatic Virtual Environment“, ist eine begehbarer, virtuelle Versuchswelt, die eine täuschend echte Illusion der Realität erzeugt. Im Wesentlichen handelt es sich um einen begehbaren würfelförmigen Raum. Dieser hat drei Seiten und einen Boden, auf die verschiedene Inhalte projiziert werden können – eine Art begehbarer Monitor in 3D. Die CAVE wird dazu genutzt, den digitalen Zwilling einer Stadt erlebbar zu machen. Mithilfe von Simulationen wird es außerdem mög-

lich, Visionen greifbar zu gestalten und mit der Umgebung zu interagieren. Ein Beispiel für eine Simulation stellt die Installation eines realen Fahrrads in der CAVE dar, mit welchem man im virtuellen Raum fahren kann. Diese Technologie eröffnet die Möglichkeit, geplante Baumaßnahmen und Veränderungen in der aktuellen städtischen Situation virtuell darzustellen. Die CAVE wird somit zu einem innovativen Werkzeug, um Szenarien realitätsnah zu erleben und Entscheidungen im städtischen Planungsprozess zu unterstützen.

## **SEMINARWOCHE: EMOTIONEN IM VIRTUELLEN UND REALEN RAUM**

Um ein umfassenderes Verständnis von einer CAVE zu erlangen, besuchten Studierende des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) 2021 in einer Seminarwoche das Hochleistungsrechenzentrum (HLRS) in Stuttgart.

Während der Woche lernten sie den gesamten Prozess von der Entwicklung eines 3D-Stadtmodells bis zur Umsetzung und Simulation in der CAVE kennen. Außerdem erkundeten die Studierenden mithilfe von Sensoren, 3D-Modellen, Radfahr- (und Skateboard-) Simulatoren den Stuttgarter Marienplatz virtuell und real. Sie nahmen an Experimenten zur Stressdetektion teil und erweiterten den digitalen Zwilling des Stuttgarter Marienplatzes mit fuß- und radfahrerbezogenen Elementen.



Abb. 15: Seminarwoche, HLRS Stuttgart



Abb. 16: Fahrradsimulator: Konfliktsituation am Marienplatz



Abb. 17: Living Lab am Marienplatz in Stuttgart

## MOBILITÄSLABOR MARIENPLATZ

Während der Stuttgarter Mobilitätswoche 2022 stellte Cape Reviso gemeinsam mit dem HLRS der Universität Stuttgart ein interaktives Mobilitätslabor am Marienplatz auf. Durch eine Intervention am Eingang der Tübinger Straße konnte eine Woche lang mithilfe eines Modalen Filters erprobt werden, wie sich der Ausschluss des MIV auf diese Straße auswirkt. Die Ergebnisse dieser Intervention wurden vor Ort mit einem eigens entwickelten Erfassungssystem ausgewertet, visualisiert und

flossen in eine Verkehrssimulation der Örtlichkeit ein. Diese Simulation war im Digitalen Zwilling des Marienplatzes erlebbar, der in einer mobilen Virtual-Reality-Anlage mit verschiedenen Fahr-Simulatoren präsentiert wurde. Auf einer 3 Meter breiten Leinwand konnten bis zu 15 Personen gleichzeitig alternative Szenarien der Verkehrsführung am Marienplatz erleben und darüber diskutieren. Dabei hatten sie die Möglichkeit, ihre Expertise und Ideen zur Verbesserung der Verkehrssituation vor Ort einzubringen.

## 3.2 INTELLIGENTE SYSTEME

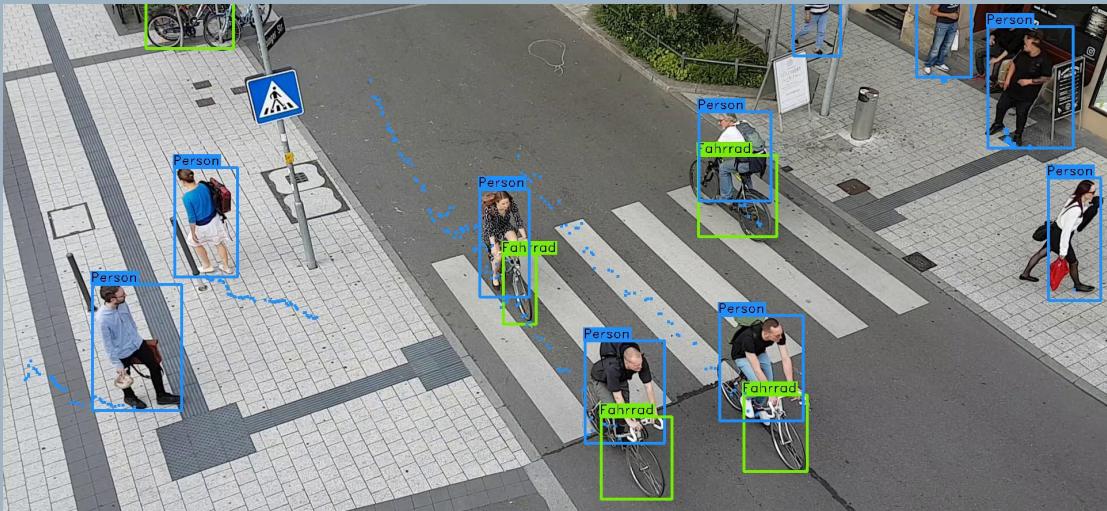


Abb. 18: Erkennung von Verkehrsteilnehmenden, Tübinger Straße Stuttgart

In einem „KI-Stegreif“ im Sommersemester 2022 beteiligten sich Studierende des KIT am Training einer Künstlichen Intelligenz (KI) und erforschten die Fortschritte von KI im Bereich von Architektur und Stadtplanung.

### WAS IST KI?

Künstliche Intelligenz ist ein Teil der Informatik, der sich mit der Nachbildung von intelligentem Verhalten befasst. Der Begriff wurde 1956 von John McCarthy geprägt. KI zielt darauf ab, menschliches Entscheidungsverhalten zu imi-

tieren und komplexe Probleme durch spezielle Algorithmen zu lösen. Unterschieden wird dabei in die „schwache KI“, die intelligentes Verhalten nachahmt, und die „starke KI“, die menschliche Intelligenz mechanisieren soll.

Die im Projekt verwendete „einfache KI“ beinhaltet Algorithmen zur Mustererkennung von Objekten. Diese Mustererkennung kann zum Beispiel auch erweitert auf Handschriften-, Gesichts-, sowie Spracherkennung werden.

## KI TRAINIEREN

KI-Systeme benötigen umfassende Datenmengen für ihr maschinelles Lernen, und ihre Leistung ist stark von der Qualität und Vielfalt der Trainingsdaten abhängig, die durch den Menschen definiert werden. Dabei können KI-Systeme auch mit neuen Daten umgehen, aber je mehr diese sich von den Trainingsdaten unterscheiden, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit von Fehlinterpretationen. Ein Beispiel dafür ist die Gesichtserkennung, die präzise arbeitet, wenn sie mit vielen unterschiedlichen und hochwertigen Gesichtsbildern trainiert wurde. Nach mehreren Durchläufen kann das System eigenständig Gesichter erkennen. Um neue Daten, wie Kinderbilder in einem bisher auf Erwachsene ausgerichteten System, zuverlässig zu verarbeiten, benötigt die KI zusätzliches Training mit diesen spezifischen Daten.

Im Projekt wurden dafür eigens im Rahmen einer Critical Mass datenschutzkonform Bilddaten von Fahrenden der Mikromobilität gesammelt, um das System weiter zu verbessern. ADFC-Mitglieder\*innen und KIT-Studierende

trainierten durch Zeitspenden die KI, indem sie in Aufnahmen verschiedene Verkehrsteilnehmer\*innen labelten. Durch das Labeln wie z.B. mit dem Attribut „Lastenrad“ kann die KI ein Lastenrad dann als solches erkennen, obwohl dieses in der Ursprungsbibliothek nicht vorhanden war. In Zahlen: Durch 3810 Labels an 2710 Bildern wurde der Algorithmus erfolgreich auf die Bedürfnisse des Projektes trainiert.

# KI IN DER ARCHITEKTUR UND STADTPLANUNG



Abb. 19: KI-Software Spacemaker, Grafik: <https://www.dabonline.de/2022/01/20/ki-kuenstliche-intelligenz-architektur-baustelle-planung-bim-programme-software/#baurecht> [29.04.2024]..

Im Rahmen des Stegreifs wurden die Studierenden über die Chancen und Risiken der Nutzung von Künstlicher Intelligenz sensibilisiert.

KI-Tools in der Architektur gehen über das klassische Design hinaus, indem sie komplexe Analysen durchführen. Sie optimieren den Energieverbrauch von Gebäuden, reduzieren Materialkosten und minimieren Risiken im Bauwesen. Für die Bauindustrie ermöglichen KI-

Tools präzise Vorhersagen, indem sie Faktoren wie Wetter, Materialverfügbarkeit und Arbeitskräfte analysieren. Dadurch verbessern sie die Ressourcenverwaltung und Zeitpläne.

In Planungsbüros unterstützt KI-Software Entscheidungen, indem sie Szenarien simuliert und Datenanalysen nutzt, um Handlungsempfehlungen zu geben. (z.B. KI-Software Spacemaker, vgl. Abb.19) Automatisierung von Routineaktivitäten wie Datenerfassung und Analyse erhöht die Effizienz. Die Einbindung von KI-Tools in Architektur/Städtebau und den Bausektor ermöglicht außerdem fundiertere Entscheidungen und verbessert die Qualität der Projekte. Allerdings steckt die KI in der Architektur und Stadtplanung noch in den Kinderschuhen und hat noch nicht alle Bereiche erfasst, so ist sie im Bezug auf Kreativität noch sehr weit hinten.

<sup>1</sup><https://weissenberg-group.de/was-ist-kuenstliche-intelligenz/#:~:text=Die%20Kuenstliche%20Intelligenz%2C%20englisch%20Artificial,der%20Automatisierung%20intelligenten%20Verhaltens%20auseinander.> [Zugriff: 13.12.23]

<sup>2</sup>[https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Verbraucherinnen-und-Verbraucher/Informationen-und-Empfehlungen/Technologien\\_sicher\\_gestalten/Kuenstliche-Intelligenz/kuenstliche-intelligenz\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Verbraucherinnen-und-Verbraucher/Informationen-und-Empfehlungen/Technologien_sicher_gestalten/Kuenstliche-Intelligenz/kuenstliche-intelligenz_node.html) [Zugriff: 13.12.23]

<sup>3</sup><https://internet-fuer-architekten.de/kuenstliche-intelligenz-software-linkliste-ki-tools-architektur/> [Zugriff: 13.12.23]

# KI IN DER VERKEHRSERFASSUNG

Das bei Cape Reviso verwendete System zur Verkehrserfassung speichert keine Bilder, die personenbezogene Daten enthalten, sondern nur anonymisierte Metadaten des Verkehrs wie Art der Verkehrsteilnehmer\*innen (Fahrradtypus, Fußgänger\*in, E-Roller, Rollstuhl, Person mit Kinderwagen, etc.), Geschwindigkeit, Beschleunigung bzw. Bremsrate, Trajektorie und den Abstand zu anderen Verkehrsteilnehmern. Damit das System Verkehrsteilneh-

mer\*innen und Fahrzeuge zuverlässig erkennen kann, muss es entsprechend trainiert werden. Dafür sind Trainingsdaten erforderlich, die aus Bildern und der verknüpften Information, was darauf wo zu sehen ist, bestehen. Solche Trainingsdaten existieren bereits für den motorisierten Verkehr, fehlen jedoch noch für den nicht motorisierten Verkehr. Je mehr Daten die KI erhält, desto effektiver kann sie Informationen eigenständig verarbeiten.

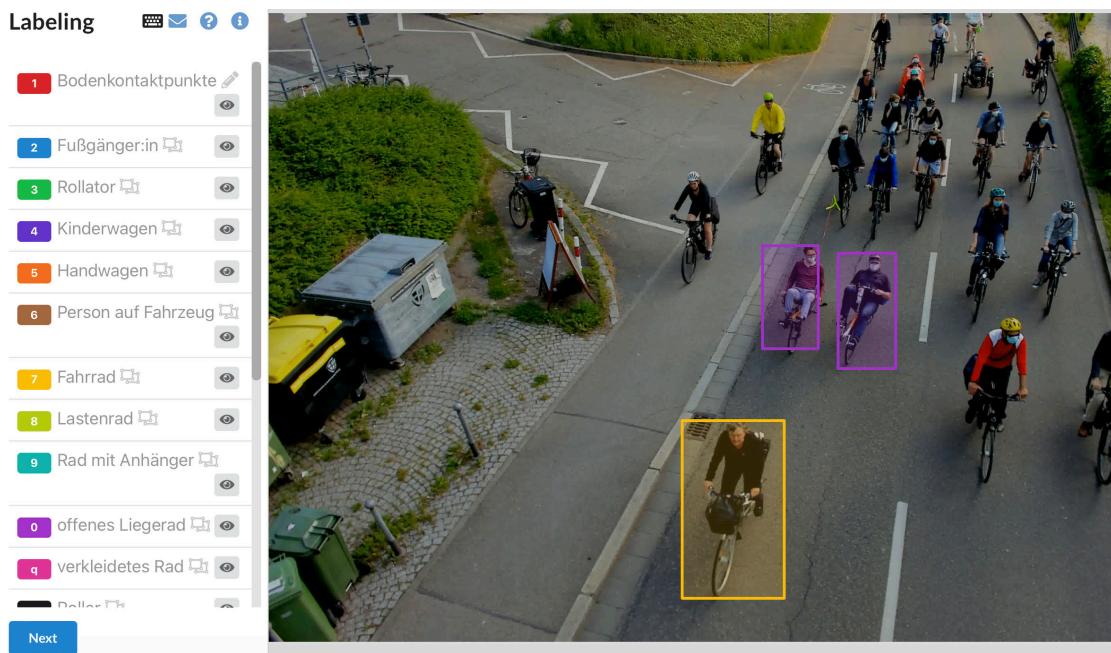


Abb. 20: Labeling-Tool

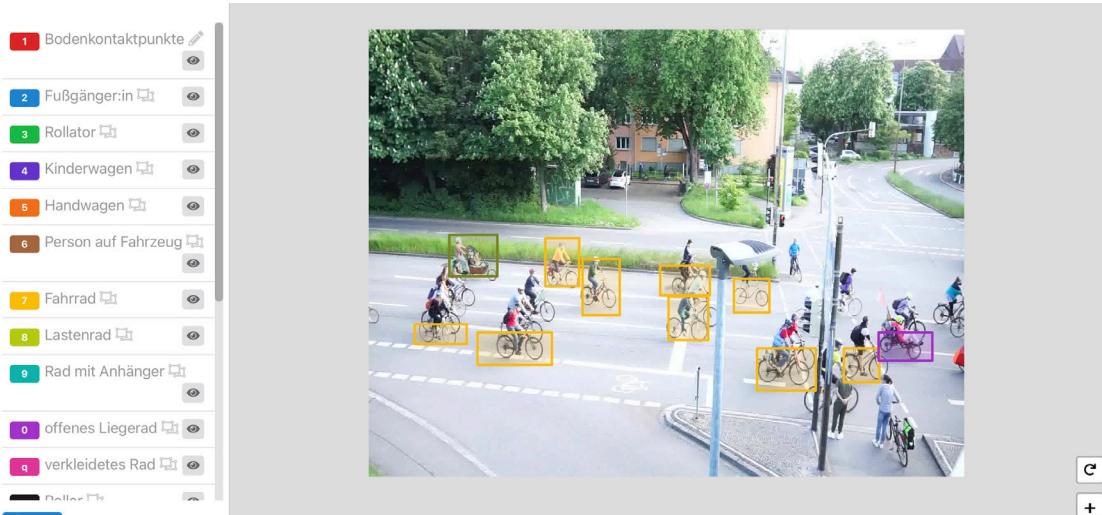


Abb. 21: Labeling durch Studierende

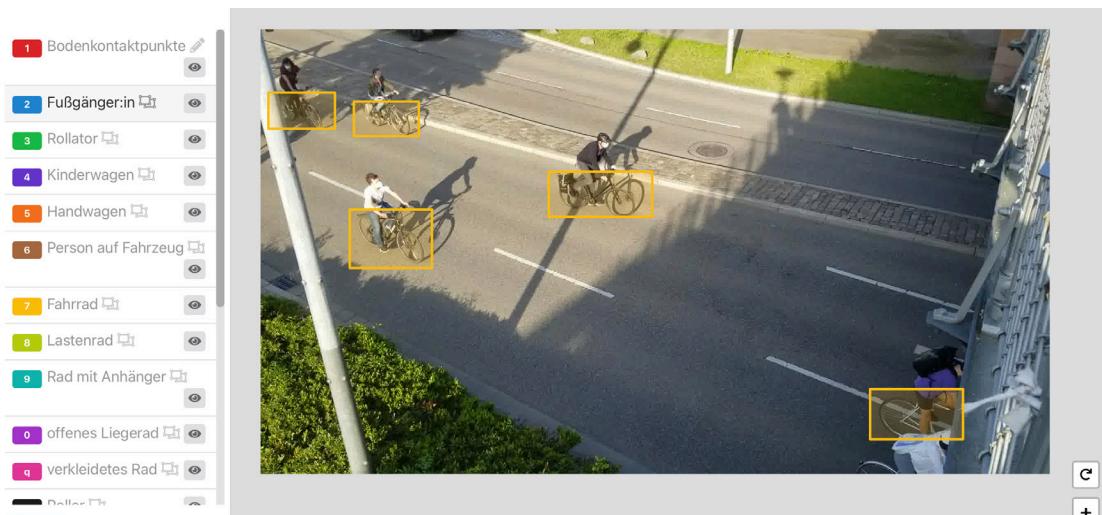


Abb. 22: Labeling durch Studierende

## LABELING DURCH STUDIERENDE DES KIT

Die Studierenden wurden beauftragt, die KI zu trainieren. Dazu erhielten sie verschiedene Aufnahmen von Verkehrsszenen, die mit einer Verkehrskamera von CapeReviso aufgezeichnet wurden. Mit einem speziellen Tool sollten die Studierenden Rahmen mit der jeweiligen Bezeichnung des Verkehrsmittels um die verschiedenen Verkehrsmittel ziehen, um der KI beizubringen, wie diese aussehen und wie sie voneinander zu unterscheiden sind.

## DATENSPENDE VON ADFC-MITGLIEDERN

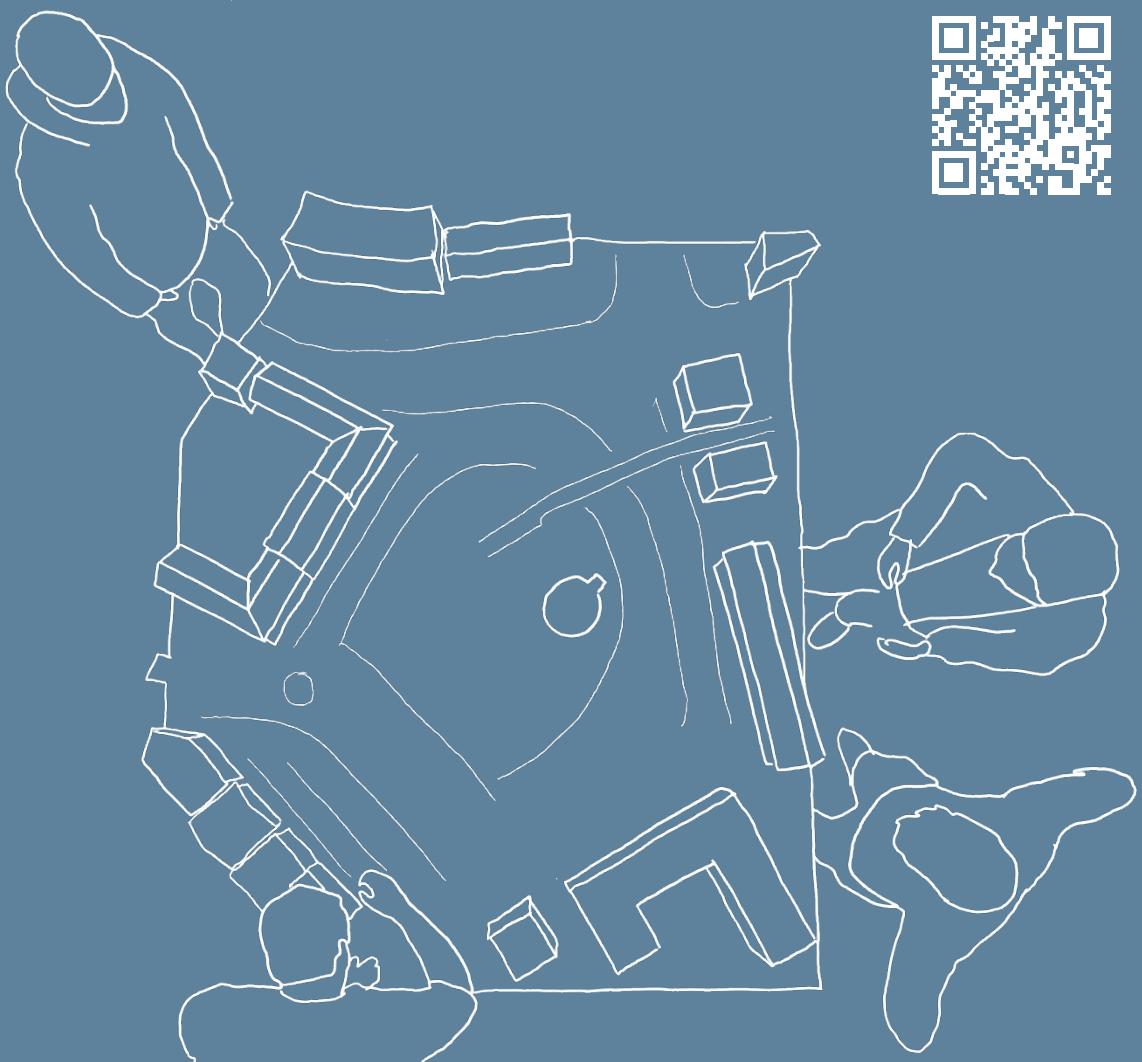
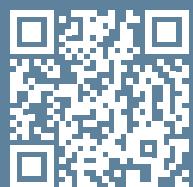
Ein großer Beitrag zum Labeling wurde auch durch Zeitspenden von ADFC-Mitglieder\*innen geleistet. Dazu wurde ein Online-Portal mit eigenem Bildmaterial erstellt. In einem Aufruf wurden dann ADFC-Mitglieder\*innen gebeten, auf den Fotos Verkehrsteilnehmer\*innen und Fahrzeuge zu markieren und damit Trainingsdaten für die KI zu erstellen.

### **Mitmachen: Kleine Zeitspenden gesucht für die Erforschung des Radverkehrs**

*Mach mit und hilf mit ein wenig deiner Zeit, ein neues System für die automatische Erfassung von Rad- und Fußverkehr zu trainieren. Das geht ganz einfach! Auf der Website von CapeReviso siehst du Bilder von Radfahrenden und zu Fuß Gehenden im echten Verkehr. Deine Aufgabe: Anleitung lesen und danach auf Bildern markieren, wo Räder, Radfahrende oder zu Fuß Gehende zu sehen sind und um welche Arten von Fahrzeugen und Verkehrsteilnahme es sich handelt. Schon ist ein „Trainingsdatensatz“ fertig. Eine künstliche Intelligenz lernt daraus und so kann der Straßenverkehr automatisch erfasst - und in 3D visualisiert werden. Das fertige System wird allen quelloffen zur Verfügung gestellt und ist ein Teil des wissenschaftlichen Projekts CapeReviso von ADFC, Universität Stuttgart und Karlsruher Institut für Technologie. Mehr Infos gibt es im Aktivenbereich und auf der Projektwebsite.*

*Deine Kontaktperson im ADFC: Johanna Drescher*

In diesem Kapitel wird auf einige weiterführende Links verwiesen, die über diesen QR-Code aufgerufen werden können.



# 04

## HANDLUNGS- EMPFEHLUNGEN FÜR PLANER\*INNEN

Aufbauend auf unserem entwickelten Methoden-Set möchten wir Planer\*innen im folgenden konkrete Handlungsempfehlungen an die Hand geben, um die Methoden effektiv in ihrer Stadt und für ihre zukünftigen Planungen nutzen zu können. Unser Ziel ist es, Planer\*in-

nen dabei zu unterstützen, nachhaltige Verkehrskonzepte zu entwickeln, die zur Verbesserung der Mobilität und Lebensqualität in ihren Städten beitragen.

## 4.1 OPEN BIKE SENSOR

Der OpenBikeSensor (OBS) bietet eine innovative Möglichkeit, die Sicherheit von Radfahrenden zu verbessern, indem er genaue Daten über Überholabstände erfasst. Diese Informationen sind entscheidend für die Identifizierung potenzieller Gefahrenstellen bzw. Stellen, an denen sich Radfahrende bedrängt fühlen. Diese Daten unterstützen die Planung und somit die Förderung einer sicheren Radinfrastruktur.



Abb. 23: Positionierung des OpenBikeSensors

### IMPLEMENTIERUNG DES OPEN BIKE SENSORS

#### a) Messkampagne initiieren

- Interessierte können sich auf der Webseite des OpenBikeSensor-Projekts informieren und prüfen, ob bereits eine lokale OBS-Initiative oder

ADFC-Gruppe in ihrer Region aktiv ist. Sollte dies nicht der Fall sein, bietet sich der Anstoß einer Messkampagne über „Runde Tische“ zum Radverkehr oder ähnliche Formate an, bei denen Vertreter:innen von Kommunen, Verbänden und der Fahrrad-Community zusammenkommen. In Einzelfällen kann es sinnvoll sein, dass Kommunen selbst Messreihen durchführen, etwa zur gezielten Analyse von Konfliktstellen. Alternativ besteht die Möglichkeit, Messungen als Auftrag oder in Kooperation mit Forschungseinrichtungen durchzuführen, um fundierte Daten für die Verkehrsplanung zu gewinnen.

#### b) Integration in Alltagsfahrten und Gegenstände

- Bei der Planung sollte trotz der verhältnismäßig flexiblen Montage des Sensors, des Adapters und der Anzeige, sowie der Fixierung des GPS-Signals genügend Zeit eingeplant werden (ca. 15-20 Minuten).
- Neben der Möglichkeit des Eigenbaus der Sensoren (QR-Code S.38: OpenBikeSensor) können diese auch bei einigen lokalen ADFC-Gruppen zu Messkampagnen ausgeliehen werden. Eine Übersicht der ADFCs gibt es

auf der ADFC-Website (QR-Code S.38: ADFC).

- Die Anwendung beim Zufußgehen ist noch in der Entwicklung, prinzipiell aber möglich.

### c) Datenschutz und Datenveröffentlichung

Da der OBS ein Community-Projekt ist, empfehlen wir möglichst viele der weltweit, lokal gemessenen Überholabstände als Datenspende durch den Upload in das Portal zur Verfügung zu stellen (QR-Code S.38: OpenBikeSensor Portal). Gleichzeitig sollte der Datenschutz berücksichtigt werden. Einzeltracks bleiben daher in der Visualisierung der Daten im Portal verborgen. Dabei kann zwischen einer Ansicht aller gesammelten Punkte mit Überholabstand und einer Ansicht mit eingefärbten Straßenabschnitten mit unterschiedlichen statistischen Informationen (Median, Minimal-/Maximalwert Anzahl, etc.) gewählt werden.

Die Möglichkeiten, die Daten zu anonymisieren, umfassen:

- Im Zuge der Datenveröffentlichung werden nur aggregierte Datensätze angezeigt

- Einrichtung einer „Privacy Area“ um den Wohnort oder Arbeitsplatz, so dass in diesen Bereichen keine Datenaufzeichnung erfolgt.

a) Privacy-Zonen auf dem Sensor: Der Sensor zeichnet in einem bestimmten Bereich nicht auf.

b) Privacy-Zonen im Portal: Beim Upload der Daten ins Portal werden bestimmte Bereiche ausgespart. Diese Funktion befindet sich gerade in Entwicklung.

c) Privatisierung der Daten auf dem eigenen PC vor dem Upload.

d) Kein Upload der Daten und rein lokale Nutzung.

## **NUTZUNG DER ERHOBENEN DATEN**

### **a) Identifizierung kritischer Bereiche**

Die Veröffentlichung der Überholabstände ermöglicht die Identifizierung von Bereichen, in denen Überholvorgänge innerorts vermehrt unter den gesetzlichen Mindestabständen stattfinden (QR-Code S.38: Verkehrsrecht für Radfahrende).

### **b) Analyse und Behebung von Gefahrenpotenzialen**

- Durch die Analyse der gesammelten Daten können Gefahrenpotenziale, wie zu schmale Radschutzstreifen, irreführende Markierungen oder andere infrastrukturelle Mängel mit kritischen Fahrbahnbreiten und kritischen Anordnungen für den ruhenden Verkehr identifiziert werden.
- Planende können gezielte Maßnahmen entwickeln, um diese Mängel zu beheben und die Radverkehrsinfrastruktur zu optimieren, sofern dies politisch umsetzbar ist.

## **ANWENDUNG DER GEWONNENEN ERKENNTNISSE**

### **a) Pilotprojekte und Tests**

- Beispiele aus den Cape Reviso-Partnernummunen Herrenberg und Stuttgart zeigen, dass durch den Einsatz des

OBS wichtige Datengrundlagen für die Verbesserung der Radverkehrssicherheit geschaffen werden. (Siehe Kapitel Herrenberg S. 54, Kapitel Stuttgart S. 74)

- Durch Messungen des Zweirats Stuttgarts und des ADFC Stuttgarts konnten Abstandsdaten im Stuttgarter Kaltental zur Überprüfung des Sicherheitsabstands gesammelt werden. Dies trug entscheidend dazu bei, dass Parkstände zugunsten des Radverkehrs aufgegeben wurden. (QR-Code S.38: ADFC Stuttgart Kaltental)
- Der Einsatz von Abstandsmessungen im Fußverkehr ist mit dem OpenWalkSensor in der derzeitigen Form nur bedingt zu empfehlen, da Abstände nur nach links zuverlässig gemessen werden können.

### **b) Erweiterte Analysen durch Kombination mit anderen Daten**

- In Karlsruhe und Herrenberg wurde die Kombination von OBS-Daten mit Emotionsmessungen getestet, um Stresspunkte im Verkehr zu detektieren und zu überlagern.
- Diese erweiterte Analyse ermöglicht eine noch tiefere Einsicht in die subjek-

tiven Sicherheitswahrnehmungen der Radfahrenden.

- Zur Identifikation von Orten und Situationen, die von Radfahrenden als unangenehm empfunden werden, ist es sinnvoll, sowohl Überholabstände als auch subjektive Empfindungen, wie negativer Aktivierung (vulgo „Stress“) - zu messen.

## FÖRDERUNG UND SENSIBILISIERUNG

### a) Öffentliche Kampagnen

- Öffentlichkeitswirksame Kampagnen zur Nutzung des OBS können dazu beitragen, die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung sicherer Überholabstände und einer sicheren Radinfrastruktur zu lenken.
- Diese Kampagnen sollten die Öffentlichkeit, Entscheidungsträger\*innen und die Zivilgesellschaft einbeziehen, um ein breites Bewusstsein für die Thematik zu schaffen.

### b) Wissenschaftliche Zusammenarbeit

- Die Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen kann dazu beitragen, die Daten des OBS zu analysieren und fundierte Empfehlungen für die Verkehrs- und Stadtplanung abzuleiten.

- Wissenschaftliche Studien können die Wirkung von Maßnahmen zur Verbesserung der Radinfrastruktur evaluieren und weiter optimieren.

## FAZIT

Der Einsatz des OpenBikeSensors bietet Raumplanenden eine wertvolle Möglichkeit, die Sicherheit von Radfahrenden zu erhöhen und die Radverkehrsinfrastruktur zu verbessern. Durch die Erfassung und Veröffentlichung alter Überholabstände können Gefahrenstellen identifiziert und gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit entwickelt werden. Die Kombination der OBS-Daten mit anderen Messungen ermöglicht zudem eine umfassende Analyse der subjektiven Sicherheit von Radfahrenden.

## 4.2 STRESS-MESSUNG MIT ARMBÄNDERN

Die in der „Urban Emotions Initiative“ weiterentwickelte Methode der Nutzung von biostatistischen Daten zur Ermittlung von Stresssituationen kann mittlerweile auch bei täglichen Wege-Routinen im Stadtraum eingesetzt werden (QR-Code S.38: Urban Emotions). Mit Hilfe von Empatica E4-Armbändern oder Produkten anderer Hersteller, die Hautleitfähigkeit, Hauttemperatur und Geoposition messen, können Planende präzise identifizieren, wo sich das urbane Umfeld „unsicher anfühlt“. Diese Bereiche bedürfen einer besonderen planerischen Beobachtung und können Standorte für das Kamerasytem zur Langzeitbeobachtung darstellen.

### IMPLEMENTIERUNG DER STREMESSUNGEN

#### a) Niederschwellige und bürger\*innenzentrierte Anwendung

- Die Nutzung von Fitnessarmbändern wie z.B. den Empatica E4-Armbändern, ermöglicht eine georeferenzierte Erfassung von Stresssituationen, die niederschwellig und zielgruppenübergreifend angewendet werden können.
- Proband\*innen erkunden ihre Stadt zu Fuß oder mit dem Fahrrad und tragen dabei die Armbänder, die kontinuierlich

biostatistische Daten aufzeichnen.

- Einzig die Bluetooth-Kopplung ist manchmal unzuverlässig; ein zeitgleicher Einsatz mehrerer Geräte ist beim Koppeln entweder zu vermeiden oder mit einem größeren Abstand der Geräte zueinander durchzuführen.

### NUTZUNG DER ERHOBENEN DATEN

#### a) Erstellung von Heatmaps

- Die erhobenen Stressdaten können in Form von Heatmaps visualisiert werden, die eine Häufung von Stresspunkten an bestimmten Positionen innerhalb der Stadt darstellen.

#### b) Identifizierung von Problemzonen

- Die Heatmaps ermöglichen eine schnelle und verständliche Kommunikation der Messergebnisse und helfen dabei, Fokusbereiche für weitere Untersuchungen zu verorten.
- Planende können diese Daten nutzen, um zu analysieren, ob die Auslöser für die Stressreaktionen infrastruktureller Natur sind und ob planerische Interventionen notwendig sind.
- Vor der Veröffentlichung der erhobenen Daten als „Stress-Heatmap“ sollte sowohl eine interne Plausibilitätsprü-

fung sowie eine Kommunikationsstrategie für den Umgang mit den räumlich identifizierten Hotspots erstellt werden, um Missverständnisse und auch Fehl-/Überinterpretation der Ursachen in den detektierten Bereichen zu vermeiden.

#### c) Kombination der Stress-Analyse mit Infrastruktur und Verkehrsströmen

- An „Stress-Hotspots“ kann das Kamerasystem (siehe nächster Abschnitt) eine Hilfe bei der Ursachenforschung darstellen, in dem an den Hotspots eine Langzeitbeobachtung der vorherrschenden Verkehrsströme und von Beinahe-Kollisionen erfolgt. So können weitere planerische Maßnahmen definiert werden.
- Planende sollten lokale Akteur\*innen einbeziehen und deren Wissen nutzen, um die Ursachen der Stresspunkte zu identifizieren und geeignete Maßnahmen zur Verbesserung der Situation zu entwickeln.

#### d) Grenzen der Methode

Wichtig bei der Interpretation der Messergebnisse ist, dass immer wieder auf die Art der Erfassung hingewiesen wird: Eine physiologische Reaktion des Auto-

nomen Nervensystems aufgrund eines äußeren Auslösers / Einfluss. Diese können verkehrsbezogen sein, aber auch „persönlicher“ Natur. Weiterhin ist es ohne die Zuhilfenahme von begleitendem Bildmaterial oder retrospektiven Befragungen nicht möglich, die Ursache zu bestimmen.

#### FAZIT

Der Einsatz von Stressmessungen mittels Empatica E4 oder ähnlichen Produkten bietet Planenden eine wertvolle Methode, um Stresspunkte im urbanen Umfeld zu identifizieren und zu analysieren. Die georeferenzierten biostatistischen Daten ermöglichen eine detaillierte Untersuchung der Ursachen von Stresssituationen und liefern wichtige Hinweise für die Optimierung der städtischen Infrastruktur. Die Erstellung von Heatmaps und die Analyse der erhobenen Daten helfen dabei, gezielte Maßnahmen zur Verbesserung des subjektiven Sicherheitsempfindens beim Zufußgehen oder Radfahren zu entwickeln.

## 4.3 KAMERASYSTEM

Das Kamerasystem bietet Raumplanenden wertvolle Daten zur Verkehrsflussanalyse und zur Verbesserung der Verkehrssicherheit, indem die Verkehrsteilnehmenden gezählt, der Verkehrsfluss beobachtet und die Bewegungslinien (Trajektorien) verschiedener Verkehrsteilnehmender nachverfolgt werden.

Dieses System ermöglicht eine detaillierte Langzeiterfassung von Verkehrsmustern, ohne die Privatsphäre der Verkehrsteilnehmenden zu gefährden. Im Folgenden werden Empfehlungen zum Einsatz solcher Systeme gegeben.

### IMPLEMENTIERUNG DES KAMERASYSTEMS:

#### a) Stationäre Installation

- Stationäre Kameras sollten an strategisch wichtigen Punkten im Verkehrsnetz installiert werden, um eine umfassende und kontinuierliche Erfassung des Verkehrsflusses zu gewährleisten.
- Kameras zeichnen Bilder auf und verarbeiten diese direkt vor Ort. Eine Speicherung der Bilder ist nicht notwendig, wodurch eine Langzeiterfassung ermöglicht wird.

#### b) Datenschutz und Datensicherheit

- Die Kamerabilder werden nicht gespeichert oder versendet. Dies schützt die Privatsphäre der Verkehrsteilnehmenden.
- Es werden ausschließlich anonyme Metadaten wie Bewegungsrichtung und Typ der Verkehrsteilnehmenden erfasst, was den Datenschutz gewährleistet.

### NUTZUNG DER TOOLBOX ZUR TRAJEKTORIENANALYSE

#### a) Analyse der Befahrungshäufigkeit:

- Mithilfe der lokal hochauflösten Befahrungshäufigkeit können Planende quantifizieren, welche Verkehrsmittel welche Streckenabschnitte wie häufig nutzen.
- Diese Daten sind essenziell für die Planung von Infrastrukturmaßnahmen, zur Optimierung des Verkehrsflusses und zur Kommunikation von Planungserfordernissen.

#### b) Zeitliche Analyse kritischer Verkehrssituationen (noch in Entwicklung)

- Das Kamerasystem kann Beinahe-Kollisionen erfassen und erlaubt somit einen tiefgehenden Einblick in potenziell gefährliche Verkehrssituationen.

- Diese Informationen sind nützlich zur Identifizierung und Entschärfung von Gefahrenstellen im Verkehrsnetz. Es kann daher insbesondere dort eingesetzt werden, um Sicherheitsmängel an Stellen nachzuweisen, an denen der Unfallatlas keine Unfälle ausweist, die aber als konflikträchtig bekannt sind z.B. durch Stressmessungen.

## ANWENDUNG DER GEWONNENEN ERKENNTNISSE

### a) Verkehrsplanung und -steuerung:

- Die Daten helfen bei der Optimierung von Ampelschaltungen, der Gestaltung von Verkehrsknotenpunkten und der Planung neuer Verkehrswege.
- Durch die Analyse von Verkehrsströmen können Engpässe und Stoßzeiten identifiziert und entsprechende Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

### b) Förderung von Fuß- und Radverkehr

- Die detaillierte Erfassung der Nutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel ermöglicht die Förderung der aktiven Mobilität (Radfahren, Zufußgehen).
- Raumplanende können basierend auf den Daten Maßnahmen zur Förderung umweltfreundlicher und gesunder Mobilität entwickeln.

## FAZIT

Der Einsatz stationärer Kamerasysteme zur Verkehrszählung und -beobachtung bietet Planenden wertvolle Informationen zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur und zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Durch die Verarbeitung und Analyse anonymer Metadaten wird der Datenschutz der Verkehrsteilnehmenden gewährleistet. Die Nutzung der Toolbox zur Trajektorien-Analyse ermöglicht eine tiefgehende und präzise Analyse des Verkehrsverhaltens, was eine fundierte Entscheidungsfindung in der Raumplanung unterstützt. Das Verständnis von Situationen mit Beinahe-Kollisionen und das räumliche Quantifizieren solcher Bereiche kann helfen, Radfahren und Zufußgehen subjektiv und objektiv sicherer für die Bevölkerung zu gestalten.

## 4.4 DIGITALER ZWILLING

Digitale Zwillinge sind ein innovatives Werkzeug für die Stadt- und Verkehrsplanung. Sie ermöglichen die Schaffung präziser digitaler Modelle des städtischen Raums, die eine aktive Zusammenarbeit von Planenden und Bürger\*innen bei der Entwicklung nachhaltiger, sicherer und effizienter städtischer Infrastruktur und Mobilität fördern.

### VORTEILE FÜR DIE RADVERKEHRSPLANUNG

#### a) Präzise Darstellung und Analyse

- Mithilfe von Digitalen Zwillingen können räumliche Situationen wie Straßen, Plätze, weitere städtische Infrastrukturen etc. genau dargestellt werden, was die Planung von Radwegen und -verbindungen verbessert. Dadurch können Entscheidungen hinsichtlich einer sicherheitsbewussten, komfortablen und barrierearmen Verkehrsplanung vereinfacht werden.
- Die detaillierte Visualisierung von Entwurfsplanungen und Umgestaltungsideen hilft sowohl Planenden als auch Bürger\*innen, die Auswirkungen von Veränderungen auf den Radverkehr zu verstehen.

- Alle mit den CapeReviso-Tools erhobenen Daten können in Digitalen Zwillingen dargestellt werden.
- Die Integration von OpenSource -Verkehrssimulationsmodellen wie SUMO ist über die OPENCOVER-Schnittstelle in Digitale Zwillinge möglich.
- Jedoch ist die Datenverfügbarkeit bei der Darstellung von Fahrspuren bzw. Fahrradinfrastrukturen in Deutschland nicht flächendeckend und zentral organisiert. Je nach Kommune liegen diese Daten dezentral bei verschiedenen Ämtern. Informationen zu Fahrspuren sind z.B. im Tiefbauamt organisiert. Die Infrastrukturdaten sind weder zentral organisiert noch frei zugänglich. Obwohl sie öffentlich sind, sind sie nicht im Sinne von Open Source verfügbar, was ihre Nutzung und Analyse erheblich erschwert. Es fehlt somit ein bundesweit einheitliches, amtliches GIS Referenzsystem für das gesamte Verkehrsnetz, das die vielen vorherrschenden parallele Systeme in einem gemeinsamen Bezugssystem verknüpft. Als Wegweiser für eine vereinfachte Planung im Digitalen Zwilling, dient die Organisation der Verkehrsdaten wie in der Graphen-integrationsplattform GIP in Österreich.

Dort werden Wegequerschnitte bzw. Querschnittselemente des Straßenraums (z.B. Fahrbahn, Gehweg, baulich getrennter Radweg) als digitaler Verkehrsgraph, multimodal und als Open-Government Data frei zur Verfügung gestellt. Die Gebietskörperschaften behalten weiter ihre Datenhoheit und können ihre Datenbestände weiterhin dezentral aktualisieren, wobei die Kommunikation über die GIP leichter vonstattengeht (QR-Code S.38: Graphenintegrations-Plattform GIP).

- OSM könnte langfristig einige Funktionen der GIP übernehmen, aber es bräuchte eine Kombination aus technischer Verbesserung, Datenfreigabe durch Behörden und stärkerer Qualitätssicherung. Wichtigster Aspekt wäre, dass OSM ein strukturierteres, routing-optimiertes Netzmodell ähnlich der GIP implementieren müsste. Weiterhin sind hierfür neue Workarounds für OSM-Mapper nötig, bei denen diese lernen können, wie sie qualitativ hochwertige, routingfähige Straßennetze in OSM pflegen können.

## b) Bürger\*innenbeteiligung

Digitale Zwillingen bieten neue Beteiligungsmöglichkeiten für Bürger\*innen, wodurch transparente und partizipative Stadtplanungsprozesse gefördert werden.

### NUTZUNG VON FAHRRADSIMULATOREN IM DIGITALEN ZWILLING

#### a) Virtuelle Experimente

- Experimente in virtuellen Umgebungen bieten den Vorteil, dass sie schnell umsetzbar sind und keine Gefährdung der Teilnehmenden darstellen.
- Der Einsatz moderner Fahrradsimulatoren ermöglicht ein immersives und wirklichkeitsnahe Erleben der dargestellten Situationen. Neue Gestaltungsideen können so auf ihre Wirkungen und mögliche Nebenwirkungen geprüft werden.
- Emotionsmessungen funktionieren nicht im Digitalen Zwilling. Die Immersion ist zwar hoch, jedoch reduziert das Bewusstsein, sich in einem geschützten Raum zu befinden, die Stressreaktionen bei den Proband\*innen.
- Motion Sickness ist ein weiteres Problem bei der virtuellen Fahrt bzw. Begehung des Stadtmodells. Diese lässt sich

durch vorherige Trainingseinheiten von 60-90 Minuten reduzieren. Dies ist bei der Planung von Partizipationsformaten zu berücksichtigen.

#### b) Validierung und Bewertung

- Die Fahrradsimulatoren sollten im besten Fall eine präzise physikalische Simulation von Fahrbelastungen und realistischen Geschwindigkeiten sowie Beschleunigungen und Verzögerungen bieten. Dies ist noch Forschungsgegenstand, die Simulatoren des WIVW in Würzburg, sowie der TU Braunschweig liefern hier derzeit die besten Immersionsergebnisse.
- Qualitative Bewertungen der neuen Gestaltungsideen können durchgeführt und mit realen Radfahrdaten validiert werden.

#### FAZIT

Digitale Zwillinge können einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung der Kommunikation von Planungsinhalten leisten. Dabei ist es entscheidend, Bestandsdaten sowie Daten aus verschiedenen Simulationen, wie Verkehr oder Stressmessungen, und (Neu-) Planungsdaten verständlich aufzubereiten. Wünschenswert wäre in diesem Zusammenhang eine bessere Verfügbarkeit von Fuß- und Radverkehrsdaten, wie sie in der österreichischen GIP existieren, sowie die einfache Manipulation urbaner Strukturen zur spielerischen Variantenprüfung in unterschiedlichen Beteiligungsprozessen, sowohl intern in Behörden als auch in der Kommunikation mit der Bürgerschaft. Stressmessungen in der virtuellen Realität sind nur bedingt nutzbar. Motion Sickness bei Fahrradsimulatoren stellt derzeit noch eine Einschränkung dar. Dennoch ist der generelle Einsatz von digitalen Zwillingen als planungsunterstützendes Werkzeug für die digitale Stadtplanung sehr empfehlenswert.





# 05

## UNTERSUCHUNGSRÄUME

Um die verschiedenen Methoden im Verkehrsraum anwenden zu können, wurden in Baden-Württemberg drei unterschiedliche Städte ausgewählt: Karlsruhe, Stuttgart und Herrenberg. Ihrer Verkehrsräume stellen ideale Untersuchungsorte dar, denn diese müssen oft zwischen allen Verkehrsteilnehmenden aufgeteilt und teilweise auch gemeinsam genutzt werden. Die Untersuchungen finden in den Städten zunächst im realen Umfeld statt, um

sich einen guten Überblick über die Verkehrssituation vor Ort zu verschaffen. Dabei wird der Fokus insbesondere auf Konflikte zwischen Zufußgehenden und Radfahrenden gelegt. Durch Testläufe und deren Auswertung können im späteren Verlauf dann Rückschlüsse zur Verbesserung des Ortes geschlossen werden.

# 5.1 HERRENBERG

Herrenberg wurde 1228 erstmals namentlich erwähnt. Der Name deutet auf die Weinberge des Herrschers hin, bekannt als „meines Herren Berg“. Die Bewohner wurden am Fuße der Burg angesiedelt, um sich besser um die Weinberge zu kümmern, was zur Entstehung von Herrenberg führte.<sup>1</sup>

Herrenberg liegt rund 40 km südlich von Stuttgart inmitten des Gäu am Fuße des Schlossbergs, auf dem von weitem schon die Stiftskirche zu sehen ist. Heute hat die Stadt 33.000 Einwohner\*innen und sieben Stadtteile. Die Stadt bietet durch ihre mittelalterliche Altstadt und deren Fachwerkgebäude, sowie viele kulturelle Angebote eine hohe Lebensqualität (Abb. 24).<sup>2</sup>

Die Größe und Struktur der Stadt bieten sich optimal an, um die Wege in der Kernstadt und zu den umliegenden Stadtteilen mit dem Fahrrad zurückzulegen.<sup>3</sup> Da der MIV in Herrenberg dennoch stark ausgelastet ist, zielt der Fokus der Stadt darauf ab, in Zukunft das Fahrradnetz weiter auszubauen und die Erreichbarkeit unter dem Motto „Stadt der kurzen Wege“ zu erweitern (Abb. 25). Dies ist einer der Punkte, welche die Stadt Herrenberg umsetzen möchte,

um bis 2045 klimaneutral zu sein und energiebedingte Treibhausgasemissionen zu reduzieren.<sup>4</sup> Im Jahr 2019 aktualisierte die Stadt ihren Radverkehrsplan um einige geplante Maßnahmen zur Verbesserung des Radwegenetzes. In den letzten Jahren wurden bereits diverse Maßnahmen umgesetzt. Zusätzlich wurden im Rahmen des Projekts „Modellstadt Saubere Luft“ wichtige Verbesserungen des Radverkehrs entlang der Hauptverkehrsstraßen realisiert. Die nächsten Schritte beinhalten die konzeptionelle Planung und Umsetzung von Maßnahmen entlang des Innenstadtrings, des Hauptnetzes (wie Zubringerrouten und Verbindungen) sowie weiterer flächendeckender Verbesserungen im Radverkehrsnetz zur Schließung von Lücken.<sup>5</sup>

<sup>1</sup><https://www.herrenberg.de/de/Stadtleben/Die-Stadt/Historisches> (Zugriff: 29.11.23)

<sup>2</sup><https://www.herrenberg.de/de/Stadtleben/Die-Stadt/Stadtportrait> (Zugriff: 29.11.23)

<sup>3</sup><https://www.herrenberg.de/Mobilitaet/FahrRad-in-Herrenberg> (Zugriff: 29.11.23)

<sup>4</sup><https://www.herrenberg.de/ku> (Zugriff: 29.11.23)

<sup>5</sup><https://www.herrenberg.de/Mobilitaet/FahrRad-in-Herrenberg> (Zugriff: 29.11.23)



Abb. 24: Marktplatz Herrenberg /<https://www.outdooractive.com/de/reisefuehrer/deutschland/herrenberg/1033460/>  
29.11.23

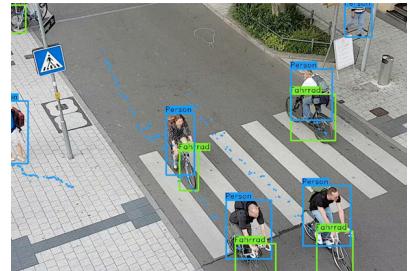


Abb. 25: RadNETZ in Herrenberg/<https://www.herrenberg.de/Mobilitaet/FahrRad-in-Herrenberg/>29.11.23

## METHODEN / METHODENSET



NETZWERKANALYSE / MOBILE SENSOREN



AUFPSTELLOREN KAMERAS MIT MACHINE LEARNING

PLANUNG VON VARIANTEN IM DIGITALEN ZWILLING

INTEGRATION IN DIGITALEN ZWILLING MIT SIMULATOR



## KREISLAUF DER METHODEN

Im Rahmen einer Kampagne des ADFCs und des Projekts Cape Reviso wurden im Herbst 2022 verschiedene Erhebungen mit 14 freiwilligen Proband\*innen in Herrenberg durchgeführt. Ziel war es dabei, Straßensituationen herauszufiltrern, welche bei den Proband\*innen auf ihren täglichen Wegen Stress verursachen.

Der Verkehrsraum in Städten muss gerecht zwischen allen Verkehrsteilnehmer\*innen aufgeteilt werden. Konflikte entlang des Weges sowie empfundener Stress haben dabei erheblichen Einfluss auf die Wahl des Verkehrsmittels. Leider bleiben gefährliche und konfliktreiche Knotenpunkte und Führungsformen oft unerkannt und dämpfen die Attraktivität von Fuß- und Radverkehr.

Im Jahr 2016 ergab der Modal Split in Herrenberg einen Radverkehrsanteil von 11 % und einen Fußverkehrsanteil von 19 %. Hier setzt das Projekt Cape Reviso mit unterschiedlichen, aber eng verzahnten Methoden an, um eine verbesserte und datenbasierte Planungsgrundlage für Stadtplaner\*innen zu schaffen. Diese Methoden arbeiten in ei-

nem Kreislauf miteinander und so können immer wieder Rückschlüsse aus verschiedenen Situationen in der Stadt gezogen werden.

Zu den verschieden Erhebungen gehören Stress- und Entfernungsmessungen über zwei Wochen mit 14 Teilnehmenden sowie der Einsatz des Kamerasytems. Trotz der Tatsache, dass 14 Teilnehmende für die Bevölkerung Herrenbergs nicht als repräsentativ betrachtet werden können, ist dennoch die besondere Bedeutung des Testlaufs hervorzuheben. Denn im Rahmen dieses Testlaufs wurde erstmals die synchrone Nutzung der beschriebenen Technologien in Verbindung mit den standardisierten Fragebögen erprobt. Dabei wurde die Skalierbarkeit von der reinen Einzelauswertung (wie in den Urban Emotion Cycling Experimenten)<sup>1</sup> bis zur unbeaufsichtigten täglichen Nutzung getestet.

---

<sup>1</sup>Zeile, P., Resch, B., Loidl, M., Petutschnig, A., & Dörrzapf, L. (2016). Urban Emotions and Cycling Experience – enriching traffic planning for cyclists with human sensor data. GI\_Forum, 1, 204–216. [https://doi.org/10.1553/giscience2016\\_01\\_s204](https://doi.org/10.1553/giscience2016_01_s204) [Zugriff: 29.11.23]

## **ERGEBNISSE DER STANDARDISIERTEN FRAGEBÖGEN**

Die standardisierten Fragebögen gewähren Einblicke in das Radfahrverhalten, die Persönlichkeitsmerkmale und die Einstellungen der Teilnehmenden, die ihre Präferenzen und ihr Verhalten in Bezug auf das Radfahren beeinflussen können. Die Mehrheit (69 %) der Teilnehmenden ist über 40 Jahre alt, mit einem leichten Überschuss an Menschen, die sich als Frauen identifizieren (59%). Ein erheblicher Teil (81%) hat einen hohen Bildungsgrad. Die Teilnehmenden werden in Radfahrtypen eingeteilt<sup>1</sup>, wobei die Mehrheit „Alltagsradfahrende“ (56%) und „interessierte Radfahrende“ (44%) sind. Daher sind in der Studie keine extremen Positionen zum Radfahrverhalten vertreten. Die meisten Teilnehmenden (81%) fahren mit Muskelkraft, 19% nutzen E-Bikes. Häufige Fahrradtypen sind Trekkingräder (50%) und Cityräder (31%). Herrenberg wird laut Fahrradklimatest des ADFC (Note= 3,9, N= 154) beim Radfahren als schlecht (Note 4,1) bewertet. „Konflikte mit Zufußgehenden“ (Note: 4,1) sind ein besonderes Anliegen der Herrenberger Radfahrenden, der Faktor wird um 0,5 Notenpunkte

schlechter bewertet wird als im Durchschnitt vergleichbarere Städte.<sup>2</sup> Die Teilnehmenden weisen ausgeprägte Persönlichkeitsmerkmale auf,<sup>3</sup> mit einem höheren Grad an Extraversion, Neurotizismus und Offenheit im Vergleich zum deutsche Durchschnitt. Sie sind weniger gewissenhaft und sozial verträglich. Die Ausprägung der Kontrollüberzeugung zeigt in Herrenberg eine Präferenz für interne Kontrolle. Im Durchschnitt besitzen die Teilnehmenden eine hohe Risikoaffinität (73 %).<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup>Geller, R. (2009). Four Types of Cyclists. Portland Bureau of Transportation, Portland, Oregon.

<sup>2</sup>ADFC. (2022). ADFC-Fahrradklima-Test - Ergebnisse. Fahrradklima-Test. <https://fahrradklima-test.adfc.de/ergebnisse#c119414> [Zugriff: 29.11.23]

<sup>3</sup> Rammstedt, B., & John, O. P. (2007). Measuring personality in one minute or less: A 10-item short version of the Big Five Inventory in English and German. Journal of Research in Personality, 41(1), 203–212. <https://doi.org/10.1016/J.JRP.2006.02.001> [Zugriff: 29.11.23]

<sup>4</sup>Beierlein C., K. A. K. C. J. & R. B. (2015). Kurzskala zur Erfassung der Risikobereitschaft (R-1). Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen (ZIS). <https://doi.org/10.6102/zis236> [Zugriff: 29.11.23]

## NETZWERKANALYSE / MOBILE SENSOREN



Abb. 26: OpenBikeSensor



Abb. 27: Empatica- Armband

### SENSORBASIERTE VERKEHRSERFASSUNG

Am Anfang steht eine sensorbasierte Verkehrserfassung gemeinsam mit Proband\*innen. Diese umfasst „Stress“- und Entfernungsmessungen über zwei Wochen mit 14 Teilnehmer\*innen. Unter Stressbedingungen steigt die Leitfähigkeit der Haut, während die Körpertemperatur gleichzeitig sinkt, was von den Empatica-Armbändern gemessen wird. Ergänzend zum Stresslevel lässt sich der physische Abstand zu anderen Verkehrsteilnehmenden mit dem Open Bike Sensor messen. Die Proband\*in-

nen wurden mit den Sensoren ausgestattet. Sie sammeln so auf ihren täglichen Wegen georeferenzierte Daten, damit besonders konfliktreiche Orte identifiziert werden können.

Bei der Messung der Werte der elektrodermalen Aktivität (Hautleitfähigkeit, Hauttemperatur) von 14 Testpersonen zur Stresserkennung wurden 283 Datensätzen erfasst (Abb. 28). Die reine Fahrzeit der Probandinnen und Probanden betrug 58,46 Stunden, was 210467 Messpunkten entspricht. Dabei wurden

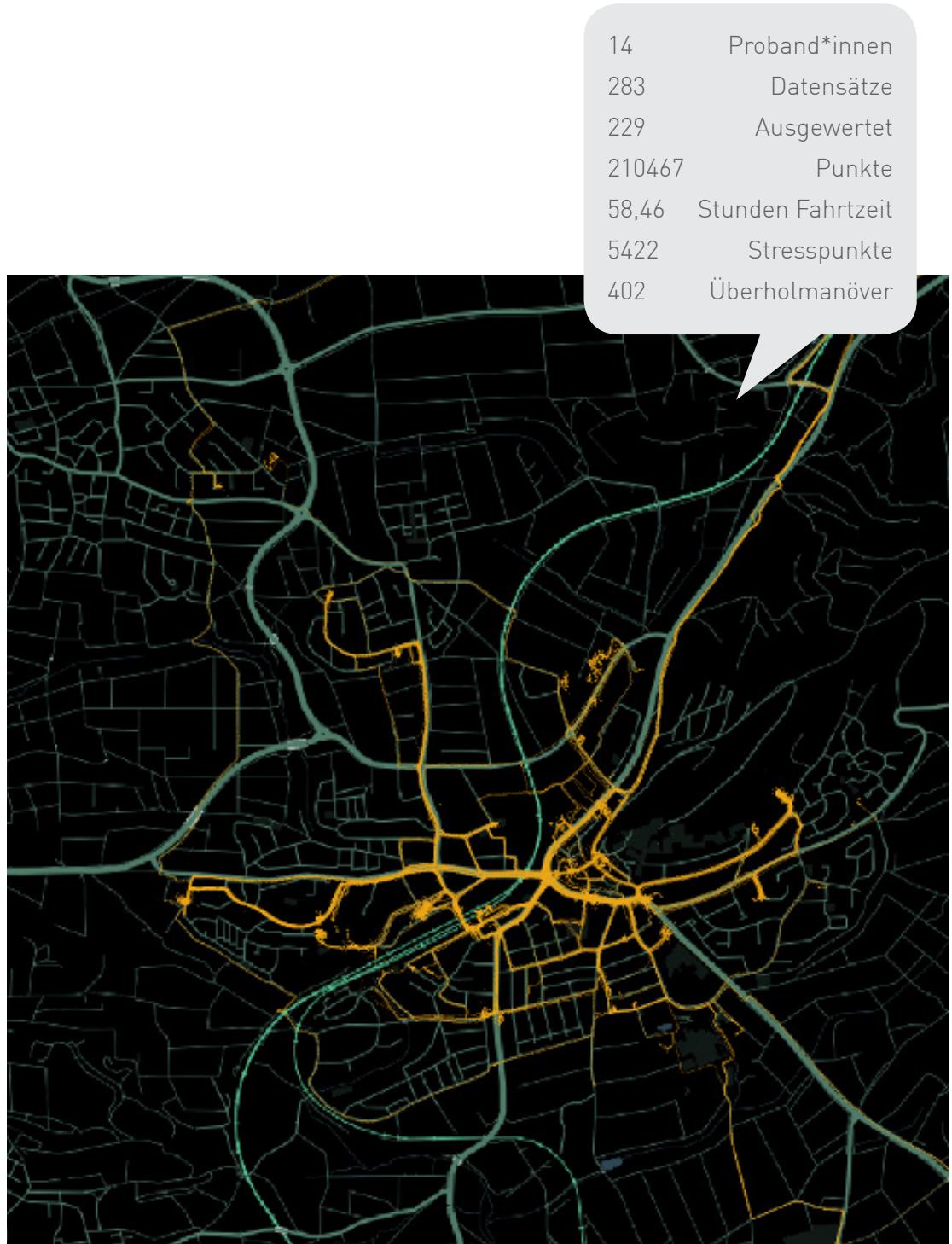


Abb. 28: Ergebniss Heatmap Moment of Stress: Messdaten alles Fahrten in Herrenberg



Abb. 29: Heatmap Moment of Stress (Interested Cyclist)

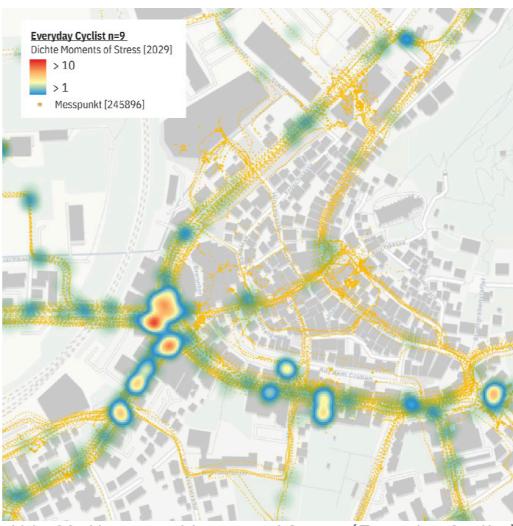


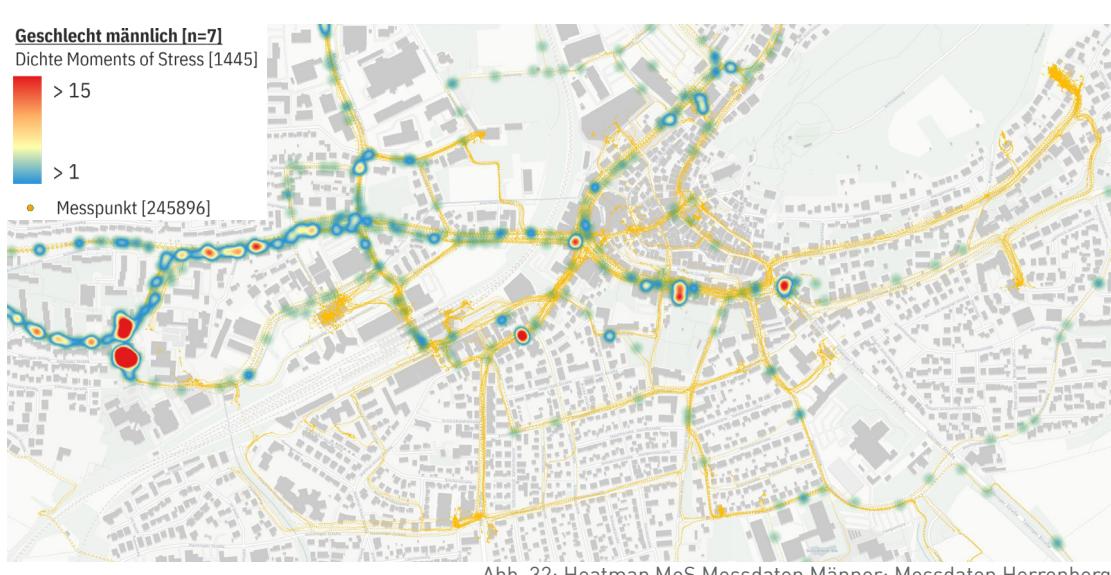
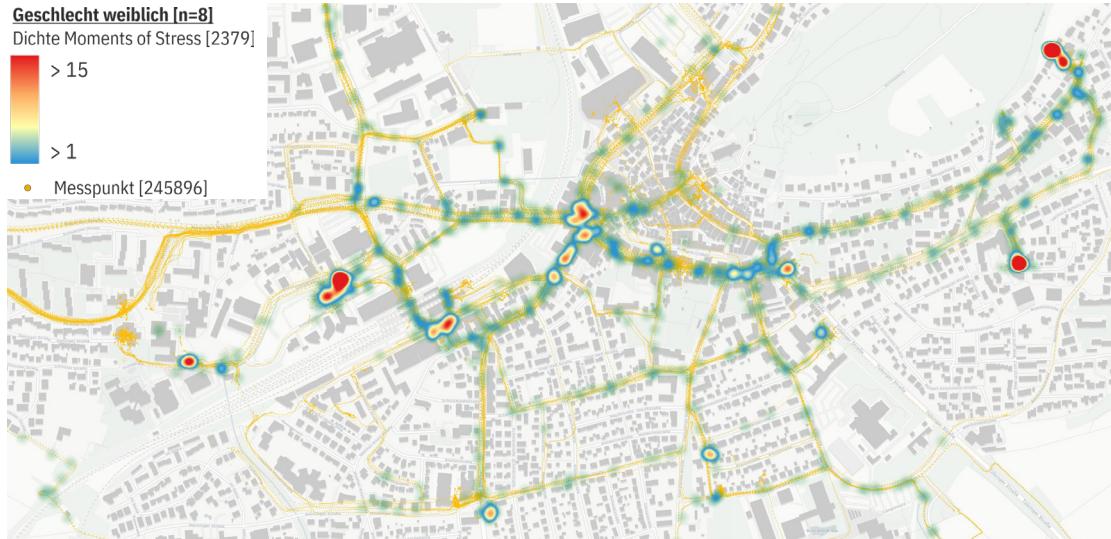
Abb. 30: Heatmap Moment of Stress (Everyday Cyclist)

5422 Stressmomente (MOS) festgestellt. Abbildungen 29/30 zeigen die gesamte Messkampagne über das Stadtgebiet von Herrenberg (Abb. 28) sowie einen Schwerpunktbereich um den Reinhold-Schickplatz und die angrenzende Hindenburgstraße (Abb. 29/30). Hier wurde eine hohe Anzahl von MOS festgestellt, was mit dem „lokalen Wissen“ über die hohe Verkehrsproblematik an diesem Ort einhergeht.

Anhand von anonymisierten Fragebögen und anonymisierten Stressdaten wurden erste Auswertungen auf Basis von Persönlichkeitsmerkmalen durchgeführt.

Zu den wichtigsten Untersuchungen gehören in diesem Zusammenhang die Unterscheidung in Radfahrtypen (Abb. 29 / 30) und die geschlechterspezifischen Unterschiede (Abb. 31 / 32). Die Messungen unterscheiden sich im Detail, es zeichnen sich jedoch geschlechter- und Messgruppenübergreifende neuralgische Hotspots heraus.

# AUSWERTUNG HERRENBERG



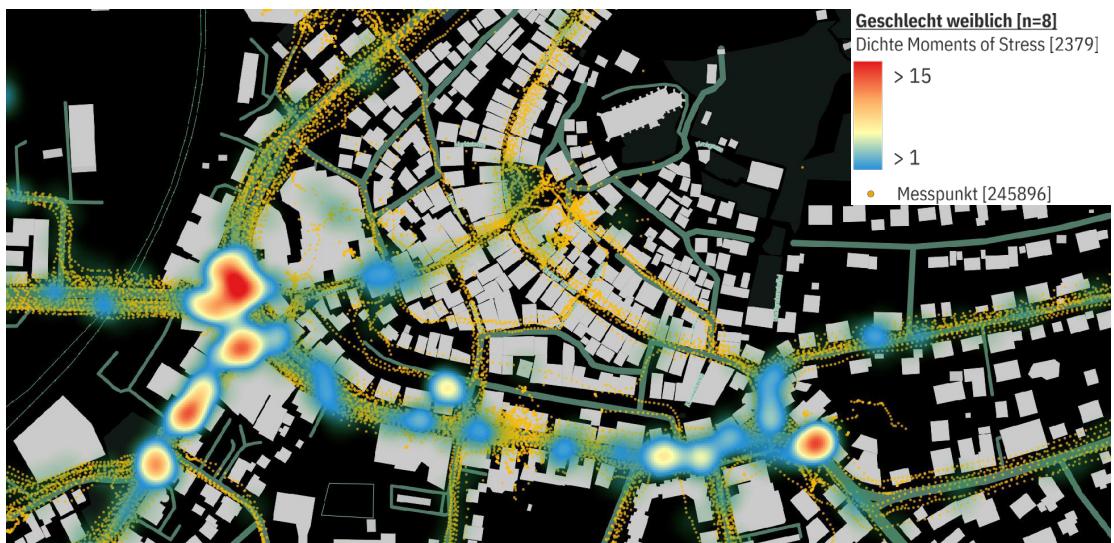


Abb. 33: Heatmap MoS Messdaten Frauen: Messdaten Innenstadt Herrenberg

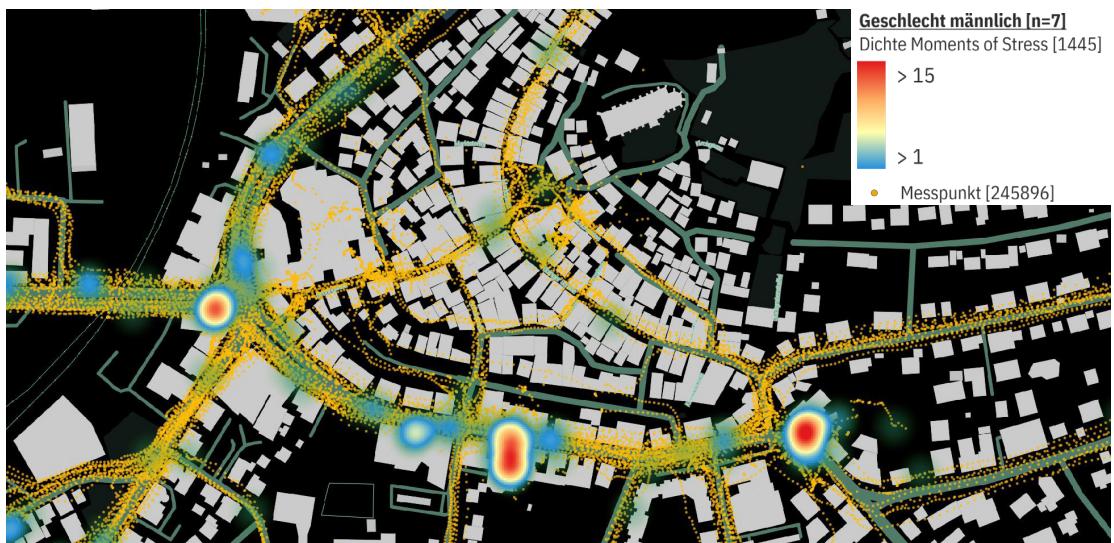


Abb. 34: Heatmap MoS Messdaten Männer: Messdaten Innenstadt Herrenberg

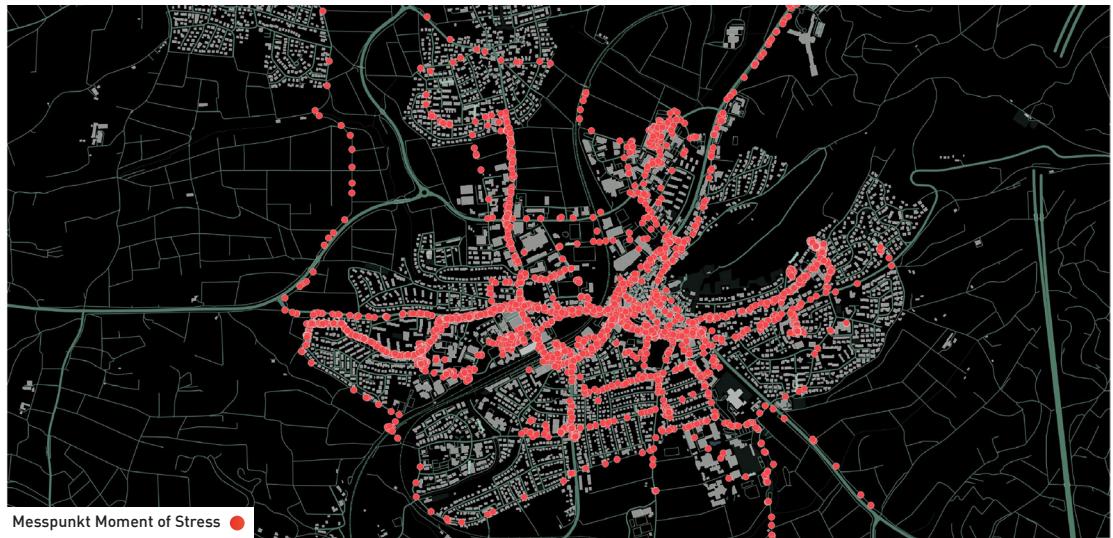


Abb. 35: Alle gemessenen MOS

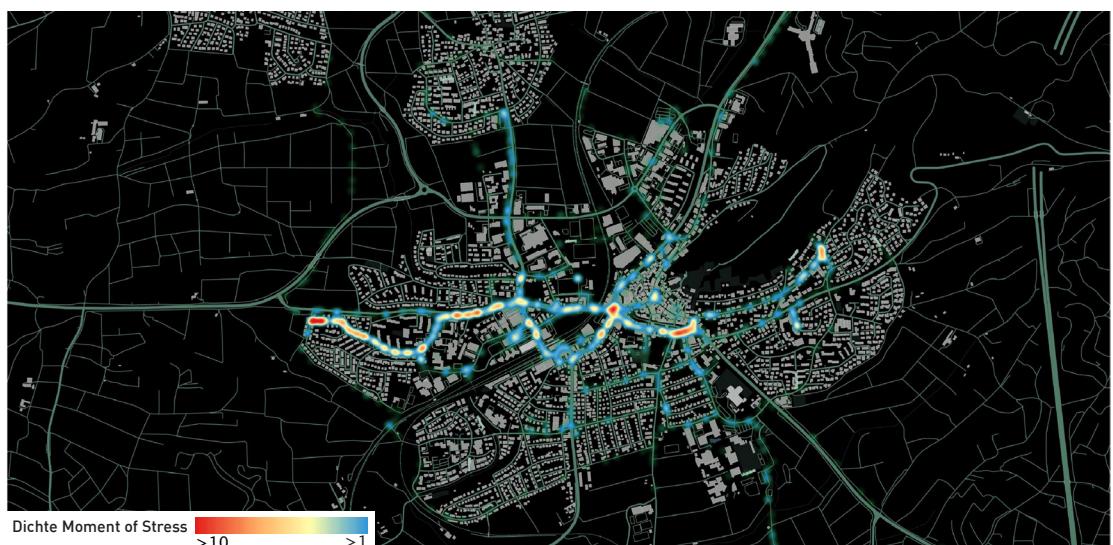


Abb. 36: MOS HeatMap, > 0,5 Geschwindigkeit

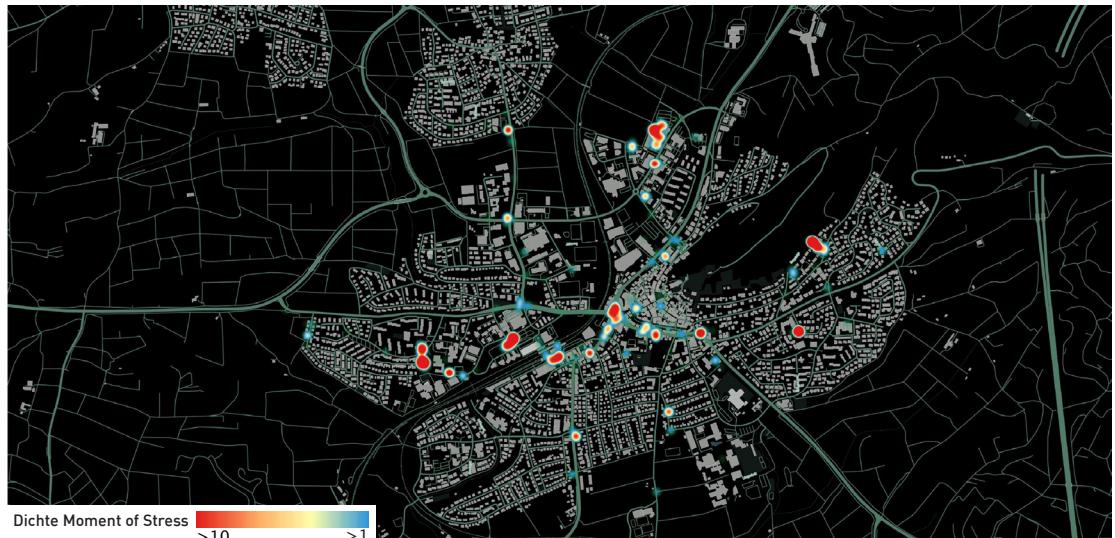


Abb. 37: MOS HeatMap, 0,0 Geschwindigkeit

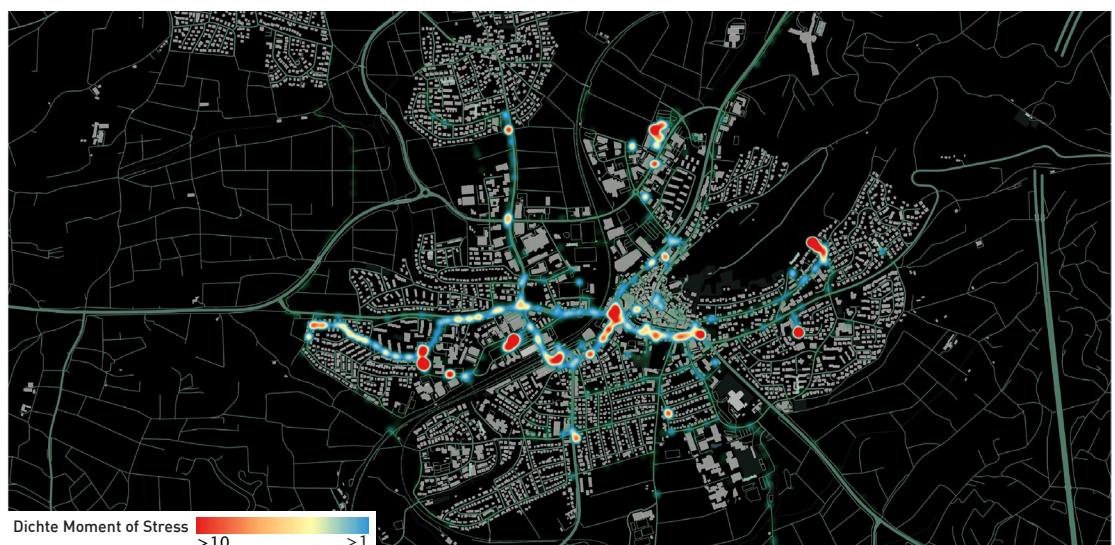
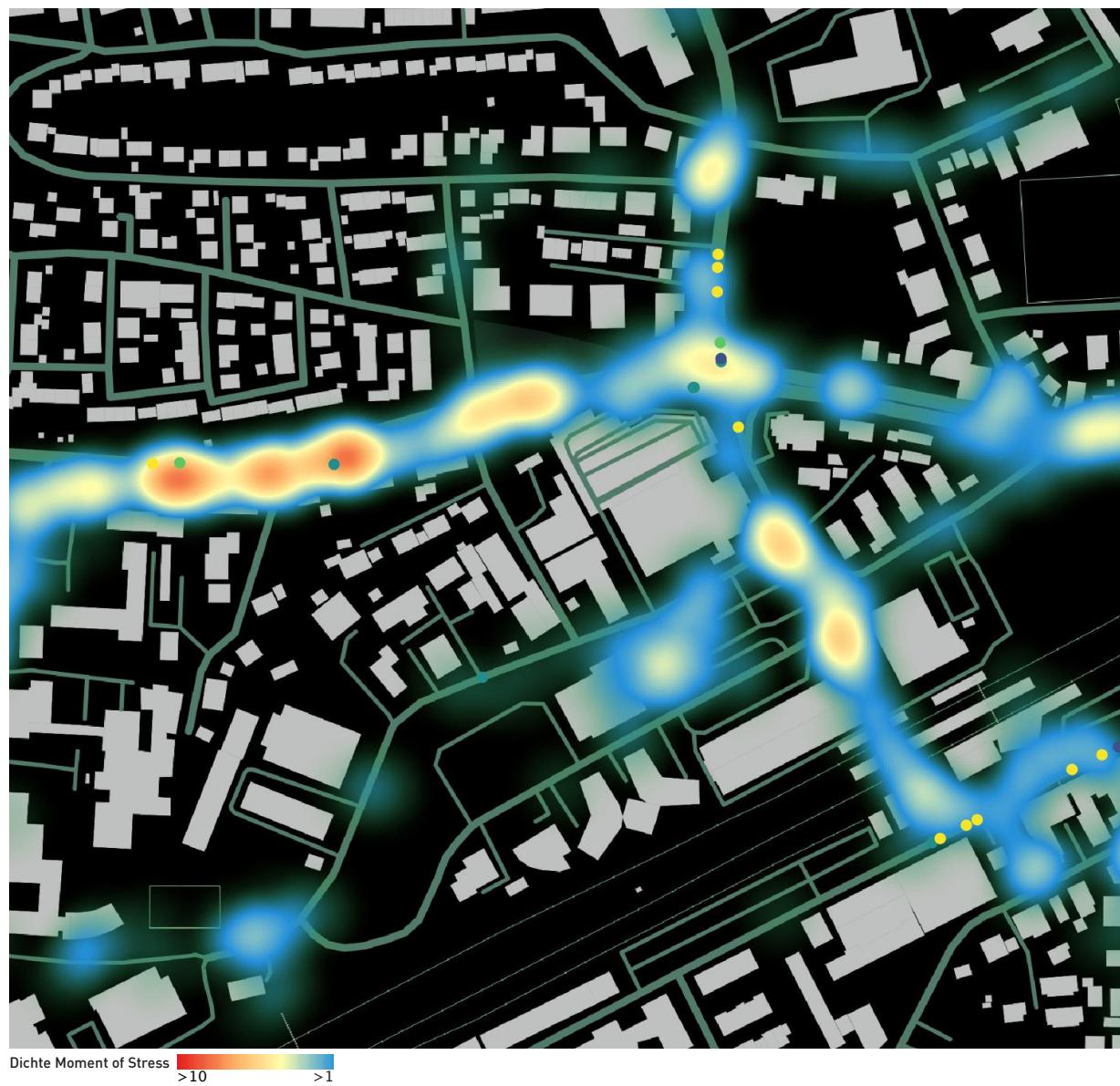


Abb. 38: MOS HeatMap

## KONFLIKTZONEN HERRENBERG



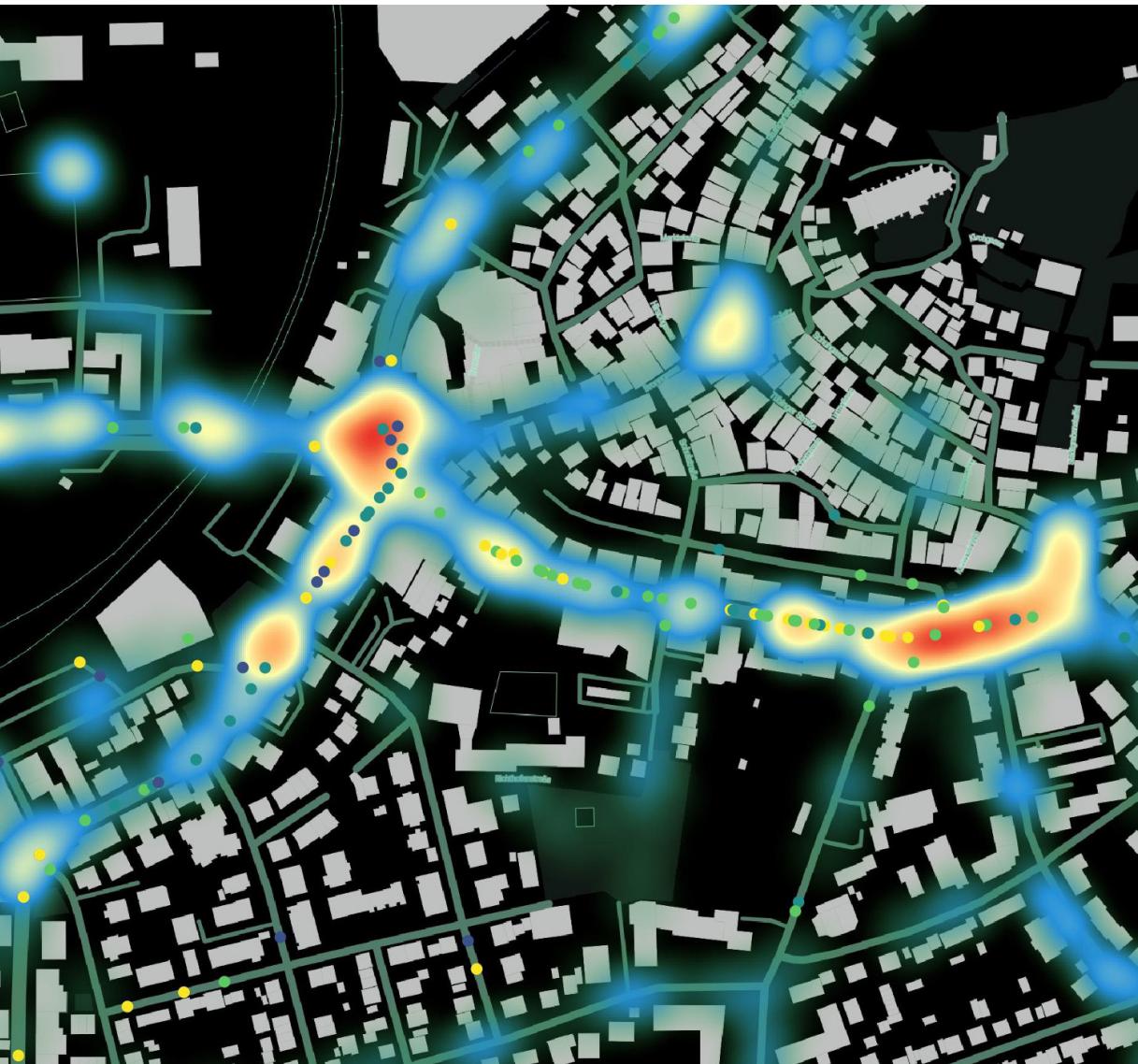


Abb. 39: Ergebniss Heatmap Moment of Stress überlagert mit Messdaten der Überholvorgänge durch OBS System

# AUFSTELLORTE KAMERAS MIT MACHINE LEARNING

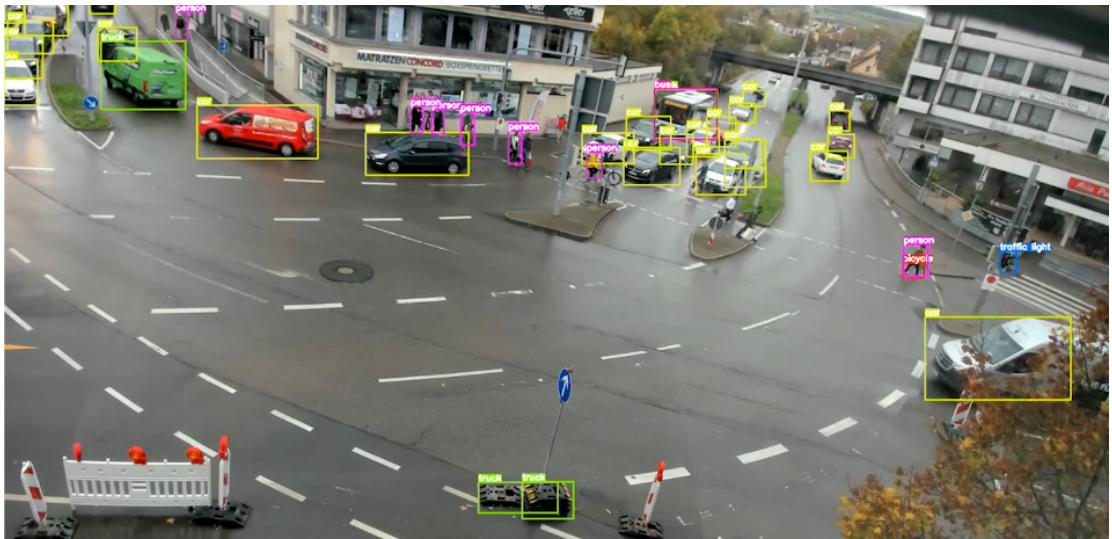


Abb. 40: Kreuzung Schickplatz

## Langzeiterfassung des Verkehrsgeschehens mittels Kamerasystem

Zwischen 2022 und 2023 zeichneten die Herrenberger Verkehrsdetektionssysteme an über 1600 Tagen mit fünf Systemen und drei Standorten auf. Aufgrund von Einschränkungen im Tracking-Algorithmus wurden reine Erfassungen auf Einzelbildern gespeichert und später mit angepassten Algorithmen analysiert. Die Verarbeitung der Bilder vor Ort geschieht in einer Frequenz von 40 Aufnahmen die Sekunde. Die Auswahl der zu untersuchenden Bereiche

erfolgte auf der Grundlage der Daten mobiler Sensoren und der Erfahrungen der Kommune. In diesem Zusammenhang liefert die Analyse der räumlichen Dichte Einblicke in die Verkehrswege und zeigt die Hauptrouten der verschiedenen Verkehrsteilnehmenden auf. Außerdem können einzelne Trajektorien von Interesse zusammen mit den anderen Verkehrsteilnehmenden, die zu einem bestimmten Zeitpunkt anwesend sind, angezeigt werden. Allerdings werden detaillierte Abläufe eines Konflikts immer noch nicht zuverlässig

erkannt. Zu nahees Überholen oder das Schneiden der Fahrtlinie können beispielsweise nicht ausgemacht werden. Verfolgungsverluste und Rauschen in der exakten räumlichen Ausdehnung führen zu Unsicherheiten, die eine Weiterentwicklung der Erkennungsstabilisierung und Filterung erfordern.

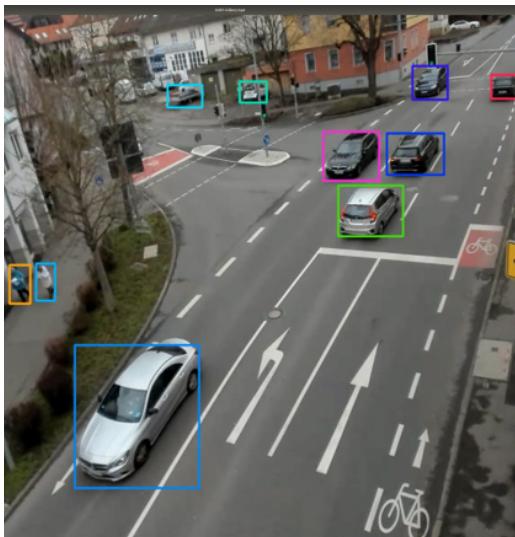


Abb. 41: Kreuzung Volkshochschule

### Volkshochschule

Die detaillierteste Analyse wurde vor der Volkshochschule in Herrenberg (Einmündung Tübinger Straße & Hildrizhauser Straße) durchgeführt, wo die allgemeine Verkehrssituation deutlich von motorisierten Fahrzeugen dominiert wird. An dieser Stelle müssen sich Radfahrende, die aus Richtung Osten kommen, entscheiden, ob sie sich mit dem motorisierten Verkehr, der von einer Landstraße in Herrenberg einfährt, mischen oder gesetzeswidrig den Gehweg benutzen wollen. Aus zweiterer Entscheidung können jedoch Konflikte mit dem Fußverkehr resultieren. An den Stellen, die sich als besonders konfliktreich für die Proband\*innen erwiesen, wurden Kameras installiert. In einer Langzeitstudie wurden diese Situationen dann untersucht, um herauszufinden, wann und wie oft es zu Konflikten, gefährlichen Situationen oder Unfällen gekommen ist.

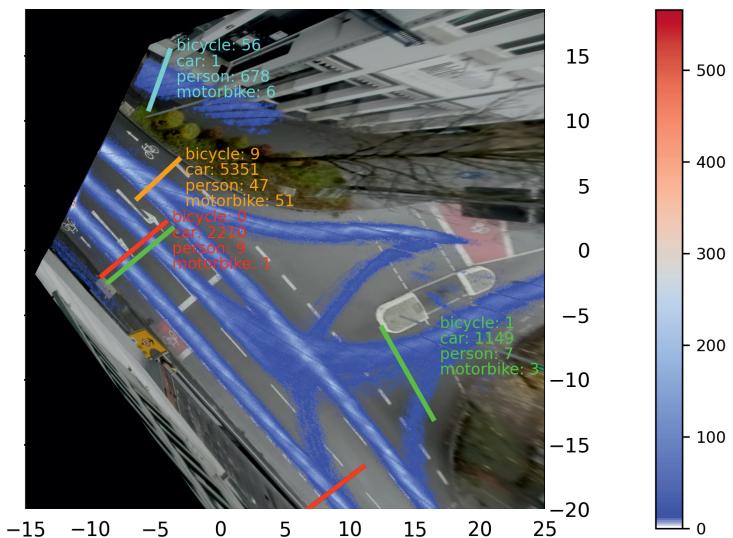


Abb. 42: Messdaten Kreuzungsbereich  
Volkshochschule Herrenberg

### Kameraufzeichnung an der Volkshochschule Herrenberg.

Die Messdaten zeigen die räumliche Verteilung und Anzahl der Verkehrsteilnehmer, die den Referenzpunkt besuchen. Auf einem Raster mit einer Auflösung von 0,1 m sind die Anzahl der ein- (cyan und orange) und mehrspurigen Kreuzungen (rot und grün) dargestellt. Kumulierte Daten vom 1. Mai 2023 (vgl. Abb. 42). An dieser Stelle müssen sich Radfahrer, die aus Richtung Osten kommen, entscheiden, ob sie – wie eigentlich vorgeschrieben – die Fahrbahn

im Mischverkehr mit den Kraftfahrzeugen oder – nicht regelkonform – den Fußgängerweg benutzen wollen. Dies führt auch zu möglichen Konflikten mit Fußgängern. Ob dieser Weg rechtlich für Radfahrer geöffnet werden kann, ist eine laufende Diskussion. Die Verkehrsbeobachtung mit dem entwickelten Kamerasystem bestätigt, die Annahme, dass eine große Mehrheit der Radfahrenden irregulär den Gehweg an dieser Stelle benutzt. Für die örtliche (Rad-) Verkehrsplanung ergibt sich somit ein deutlicher Handlungsbedarf.



Abb. 43: Schickplatz

### Schickplatz

An diesem Standort dominiert der KFZ-Verkehr, während einige Radinfrastrukturen markiert sind. Es fällt auf, dass Radfahrer\*innen häufig Gehwege und sogar Unterführungen mit Treppen nutzen, was auf mögliche Mängel in der Radweg-Infrastruktur hinweist. Die Nutzung von Fußwegen durch Radfahrende kann zu Konflikten und Unsicherheiten für Zufußgehende führen.

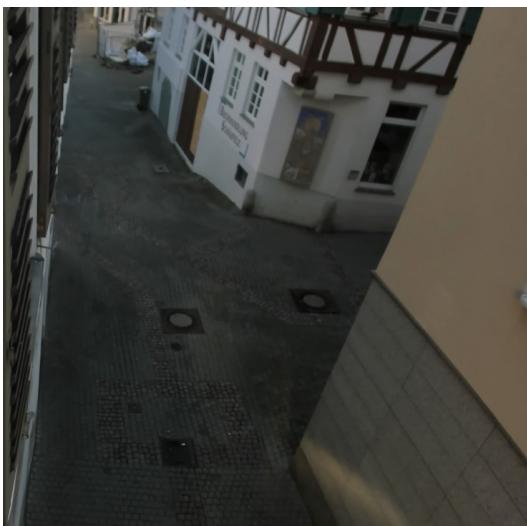


Abb. 44: Klosterhofweg

### Klosterhof

Der Knotenpunkt zwischen der Radverbindung „Innenstadtring“ und der Fußverbindung zum Marktplatz ist gekennzeichnet durch schlechte Sichtbeziehungen. Dies kann potenziell zu Unsicherheiten und Konflikten für die Verkehrsteilnehmer\*innen führen, insbesondere für Radfahrende und Zufußgehende, da die Sichtverhältnisse eingeschränkt sind. Dieser Ort wurde ausgewählt nach Rücksprache mit Experten vor Ort.

# INTEGRATION IN DIGITALEN ZWILLING MIT SIMULATOR

Die untersuchten Orte können in einem digitalen Zwilling realitätsnah modelliert werden. Der Verkehr und die aufgenommenen Situationen werden hier durch intuitive Interaktionen wie beispielsweise mit dem Fahrradsimulator erlebbar. In der Virtuellen Realität

können Proband\*innen die aktuelle Infrastruktur und die künftig mögliche angepasste Verkehrssituation mit dem Fahrrad oder zu Fuß erleben. Die entwickelten Systeme können an den Untersuchungsorten auch Living Labs begleiten.

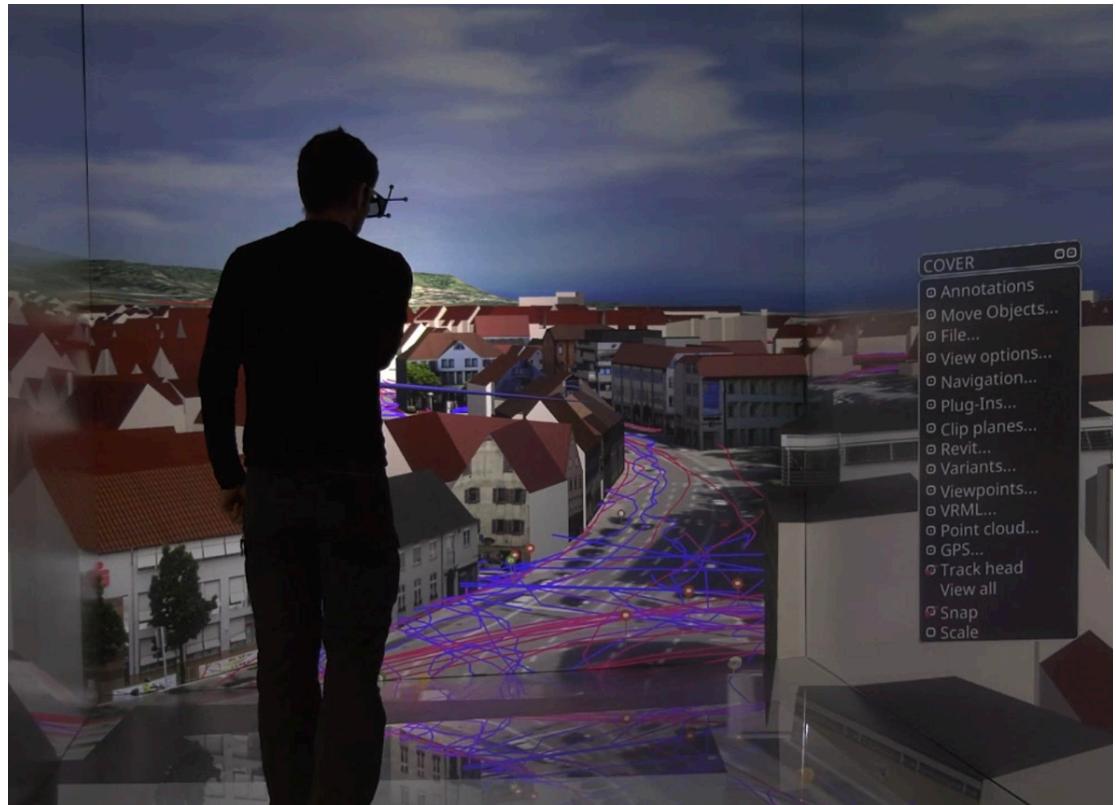


Abb. 45: Infrastrukturen in der Virtuellen Realität

# PLANUNGSVARIANTEN IM DIGITALEN ZWILLING

## Verknüpfung der Tools

Perspektivisch birgt die Verknüpfung aller Ansätze ein großes Potenzial: Das gesamte Straßennetz wird auf Stresssituationen der Radfahrenden gescannt und gleichzeitig kritische Überholabstände protokolliert.

Durch diesen Gefährdungsnachweis können wertvolle Daten hinsichtlich einer möglichen Neudimensionierung der Radwege gewonnen werden. An den identifizierten Hotspots wurden mit dem Kamerasystem Schwerpunktanalysen durchgeführt und die



Abb. 46: Fahrradsimulator

Ergebnisse der Stressmessungen können Aufschluss darüber geben, welche Stellen von „Umsteigenden“ – also der Gruppe der Interessierten Radfahrenden - besonders gemieden werden. Bei der Analyse der Verkehrsströme und der tatsächlich gefahrenen Strecken wurde festgestellt, dass Radfahrende den Gehweg der Fahrbahn vorziehen. Die eigentliche Radverkehrsinfrastruktur wurde gemieden, es gab weniger MOS als erwartet sowie keine gemeldeten Ereignisse in der Unfallstatistik.

Weiterhin konnte keine eindeutige Korrelation zwischen einem geringen Überholabstand und den einzelnen Stressauslösern festgestellt werden: An einigen Stellen ist dies der Fall, an anderen Stellen mit sehr geringen Abständen wurden jedoch keine Stressmomente registriert. Dieses Phänomen deckt sich auch mit den Ergebnissen von HAUENSTEIN et al. (2023): Ein erhöhter Belastungszusammenhang bei geringeren Überholabständen unter 1,6 m ist mit dem Pearson's Chi-Quadrat- Test statistisch nachweisbar, aber nicht für jeden Belastungsauslöser „sichtbar“. Die Messungen bestätigen den notwen-

digen Überholabstand von 1,5m innerorts, sind aber nicht ausreichend detailliert oder geeignet, um bei der Planung von Radverkehrswegen hilfreiche Informationen zu liefern. Interessant wäre in diesem Zusammenhang aber auch, ob es eine statistische Korrelation zwischen Stressauslösern, Abstand und den oben genannten Persönlichkeitsmerkmalen gibt. Dies bedarf jedoch weitere Forschungen mit einer größeren Personengruppe.

## FAZIT

Die Studie in Herrenberg, als ein zentrales Element der Validierung des Cape Reviso Baukastens mit seinen niederschwülligen Mitmachkonzepten, kann als eine Art Blaupause für den Einsatz von neuen Methoden für die Fuß- und Radverkehrsplanung positiv bewertet werden. Der Baukasten besteht aus vier Bestandteilen zur stadtweiten Einschätzung von Konfliktverdachtsfällen: Stressmessungen, Abstandsmessung mit dem OpenBikeSensor, standardisierten Fragebögen zum Nutzendenverhalten der Rad- und Fußgänger\*innen und einem stationären Kamera System an Stresshotspots. Somit konnten neben der räumlichen Quantifizierung von Verkehrszahlen auch sogenannte Beinahe-Unfälle analysiert werden, um im Rahmen von Verkehrssimulationen in SUMO Hinweise auf die Verkehrsplanung zu geben. Durch die Verfolgung des Open-Source-Gedankens sind die Technologien skalierbar und dementsprechend auch für eine Anwendung durch Kommunen und außerhalb der Forschung verfügbar.

Die Herrenberger Kampagne war die erste Messreihe, bei der die Proband\*innen die Messungen in ihre tägliche We-

geroutine eingebunden haben. So konnten wertvolle Einblicke in die Bedienung und Nutzerfreundlichkeit der Methode gewonnen werden, die als Basiskomponente in Folgeprojekten erfolgreich angewendet und weiterentwickelt wurde. Ein Kernelement für die aus wissenschaftlicher Sicht höchst erfolgreiche Messreihe war - neben der großzügigen Bereitschaft der Teilnehmenden, Zeitspenden für die Messungen zu leisten - die Unterstützung seitens der Stadt Herrenberg mit dem Dezernat 3 von Baubürgermeisterin Susanne Schreiber, die mit ihrem Team das Projekt in Herrenberg prioritär behandelte. Nach einer Infoveranstaltung am HLRS mit einem Teilnehmerfeld aus der Herrenberger Stadtplanung, Stadtentwicklung, Verkehrsplanung, Amtsleitung Technische Dienste, Dezernatsleitung, sowie der Integration des örtlichen ADFCs konnten Teilnehmende akquiriert werden. Ferner wurden die Ergebnisse mit der Aktivenschaft des ADFC sowie den städtischen Gremien geteilt. Besonderer Dank geht an Susanne Schreiber, Frank Schöck, Kevin Possehl, Urs Bassalla und Gerhard Strubbe für die erfolgreiche Kooperation.

## 5.2 STUTTGART

Die Geschichte der Stadt Stuttgart reicht viele Jahrhunderte zurück, erstmals erwähnt wurde die Stadt um 950.<sup>1</sup> Seit 1952 ist Stuttgart die Landeshauptstadt von Baden-Württemberg und mit aktuell über 600.000 Einwohner\*innen die größte Stadt des Bundeslands. Die Identität von Stuttgart wird besonders durch seine topografische Lage in einem „Kessel“ geprägt, es gibt viele Weinberge und der Neckar fließt durch die Stadt.<sup>2</sup>

Stuttgart ist aufgrund der ansässigen Automobilindustrie auch als „Autostadt“ bekannt. Der Fokus der Verkehrsplanung liegt jedoch längst nicht allein auf dem motorisierten Verkehr, die Stadt hat sich als Ziel gesetzt, sich auch als Fahrradstadt zu etablieren. Dazu soll ein umfangreiches Wege- netz geschaffen werden, das sich auf verschiedene Bedürfnisse des Radverkehrs konzentriert. Radschnellwege sollen die Verbindung zu den Nachbar- gemeinden verbessern und das Pendeln erleichtern. Gleichzeitig entsteht ein Hauptrad routennetz, das den täglichen Verkehr unterstützt. Das Radwegenetz soll erweitert werden, um durch attraktivere Radinfrastruktur das

langfristige Ziel von 25 % Radverkehrs- anteil zu erreichen. Mit der Kampagne „Miteinander läuft es besser“ möchte die Stadt erreichen, dass alle Verkehrs- teilnehmenden respektvoll miteinander umgehen, um die Sicherheit im Stra- ßenverkehr zu verbessern.<sup>3</sup> In diesem Zusammenhang stellt der im Süden der Stadt gelegene Marienplatz einen wichtigen Kontenpunkt dar, weil dort viele Verkehrsteilnehmenden aufeinan- dertreffen. (Abb.47). Ebenso eignet sich die Rosensteinbrücke, welche über den Neckar führt, um das Miteinander der verschiedenen Verkehrsteilnehmen- den zu betrachten und zu optimieren (Abb.48). Diese beiden Schlüsselstellen wurden daher zur Untersuchung im Projekt Cape Reviso ausgewählt.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup><https://www.stuttgart.de/kultur/stadtgeschichte/stadtgeschichte-im-ueberblick.php> [Zugriff: 29.11.23]

<sup>2</sup><https://de.wikipedia.org/wiki/StuttgartGeschichte> [Zugriff: 29.11.23]

<sup>3</sup><https://www.stuttgart.de/leben/mobilitaet/miteinander-laeufts-besser/> [Zugriff: 29.11.23]

<sup>4</sup><https://www.stuttgart.de/leben/mobilitaet/fahrrad/fahrradstadt-stutt-gart.php> [Zugriff: 29.11.23]



Abb. 47: Marienplatz /Foto: Kienzle ([www.stuttgarter-nachrichten.de](http://www.stuttgarter-nachrichten.de)) /29.11.23

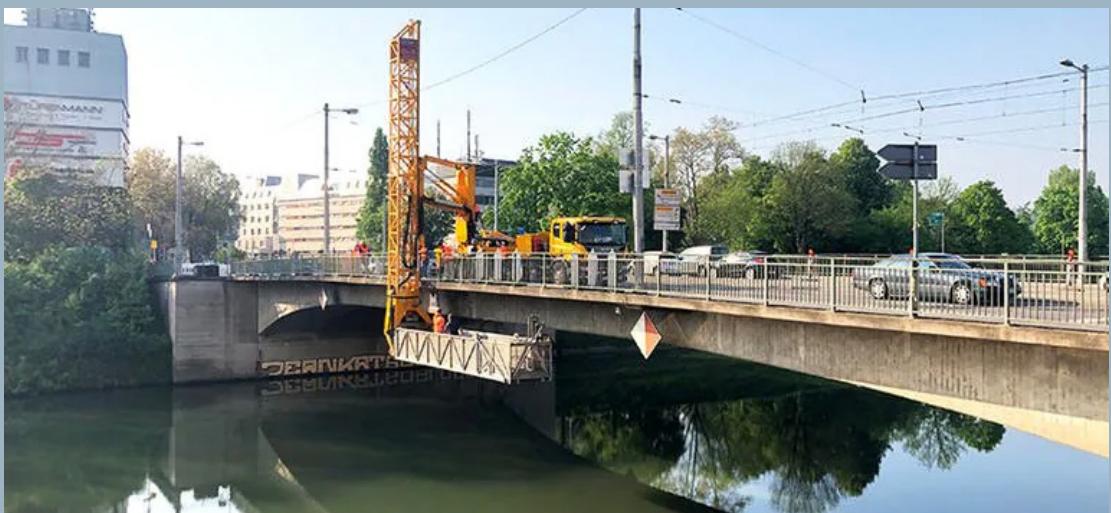


Abb. 48: Rosensteinbrücke Stuttgart /Foto: <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/stuttgart/rosensteinbruecke-muss-abgerissen-werden-100.html>

# UNFALLATLAS

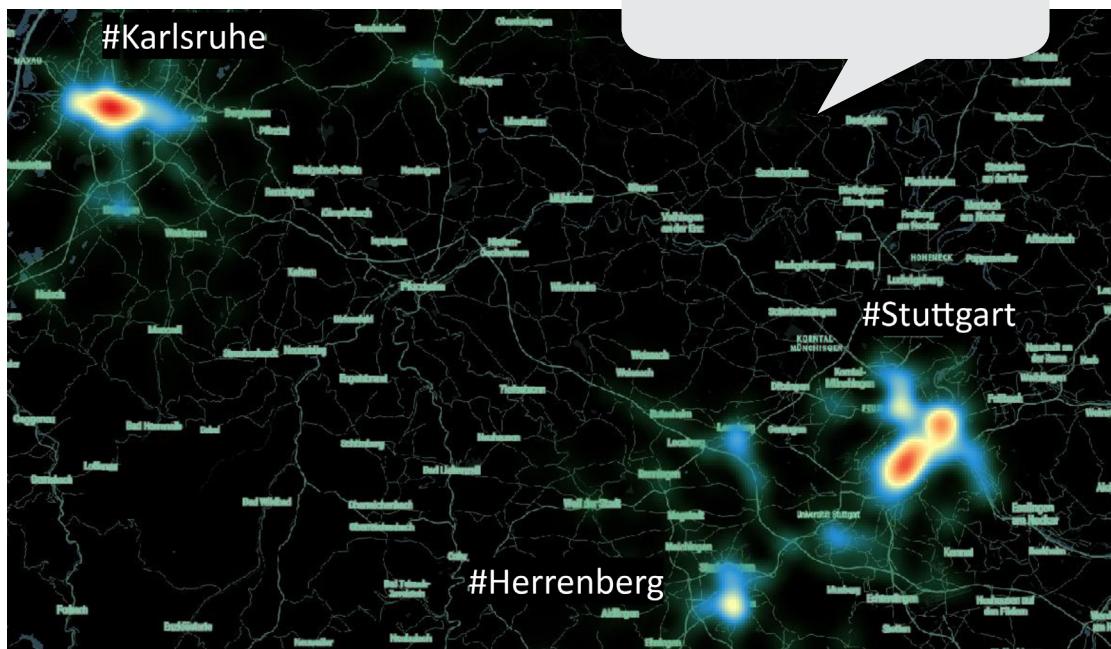


Abb. 49: Aus Opendata generierte Übersicht der Unfallhotspots im Untersuchungsraum von 2016-2019,

Eine erste gesamtstädtische Analysemöglichkeit zur Detektion der Häufungen von Unfällen ist der Unfallatlas des Statistischen Bundesamtes DESTATIS. Dort werden Unfälle mit Personenschäden nach Kalenderjahren erfasst. Ein Nachteil dieser Datensätze ist allerdings, dass Unfälle, bei denen nur Sachschäden entsteht, nicht abgebildet werden. Der Atlas ermöglicht eine ers-

te Übersicht über Stellen, an welchen Konflikte auftreten können, da neben Unfallort und -häufigkeit in Straßenabschnitten auch Attribute zur Unfallkategorie (Art und Anzahl der Verunglückten), Unfallart (z.B. Zusammenstöße oder Abkommen von der Fahrbahn), Unfalltyp (Fahrerfall, Abbiegeunfall etc.) sowie Angaben zu „Arten der Verkehrsbeteiligten“ auch separat erfasst

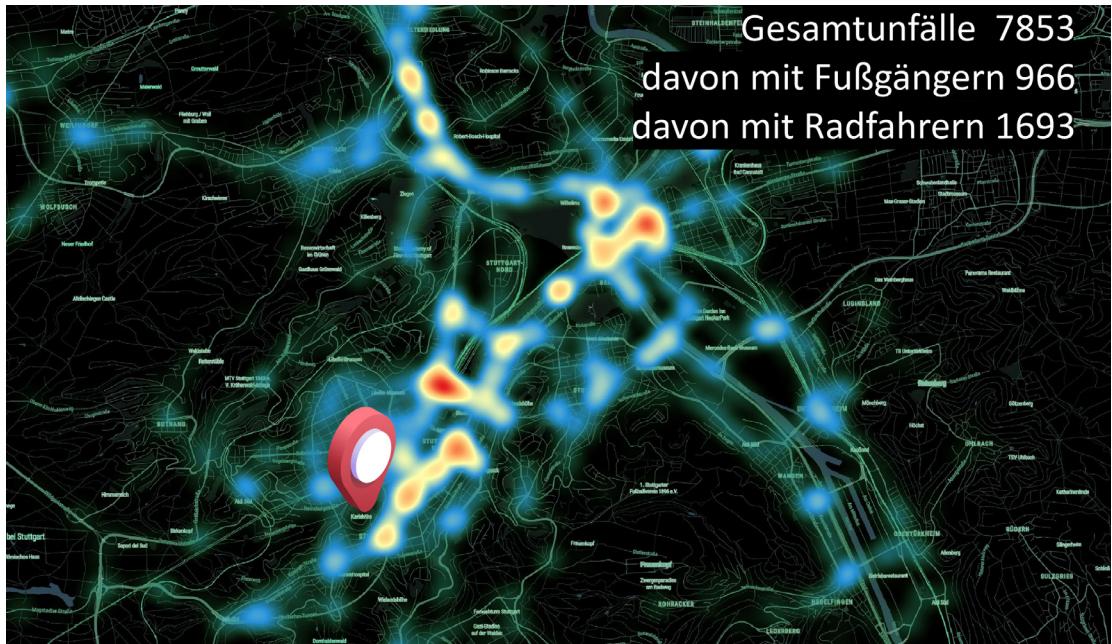


Abb. 50: Aus Opendata generierte Übersicht der Unfallhotspots in Stuttgart von 2016-2019, Marienplatz in Stuttgart mit Pin markiert

werden.<sup>1</sup> Als offene Datensätze liegen Informationen zu den Jahren 2016 bis 2022 vor. Diese wurden für eine erste Übersicht in der Open-Source-GIS-Software QGIS aggregiert bzw. zusammengeführt. Im Projektgebiet mit den Arealen der Städte Karlsruhe, Herrenberg und Stuttgart sind für den Zeitraum insgesamt 22.848 Unfälle mit Personenschäden registriert worden (davon

mit Fußgängerinnen und Fußgängern 2134, mit Radfahrerinnen und Radfahrern 5736).

Fokussiert auf die Stadt Stuttgart (7853 gesamt, 966 Fuß, 1693 Rad) ergibt sich je nach Unfallbeteiligten ein differenziertes Bild der Unfall Hotspots: Sind im Gesamtstadtgebiet die absoluten Unfälle sehr konzentriert auf die Hauptverkehrsadern wie B10, B27 und B14,

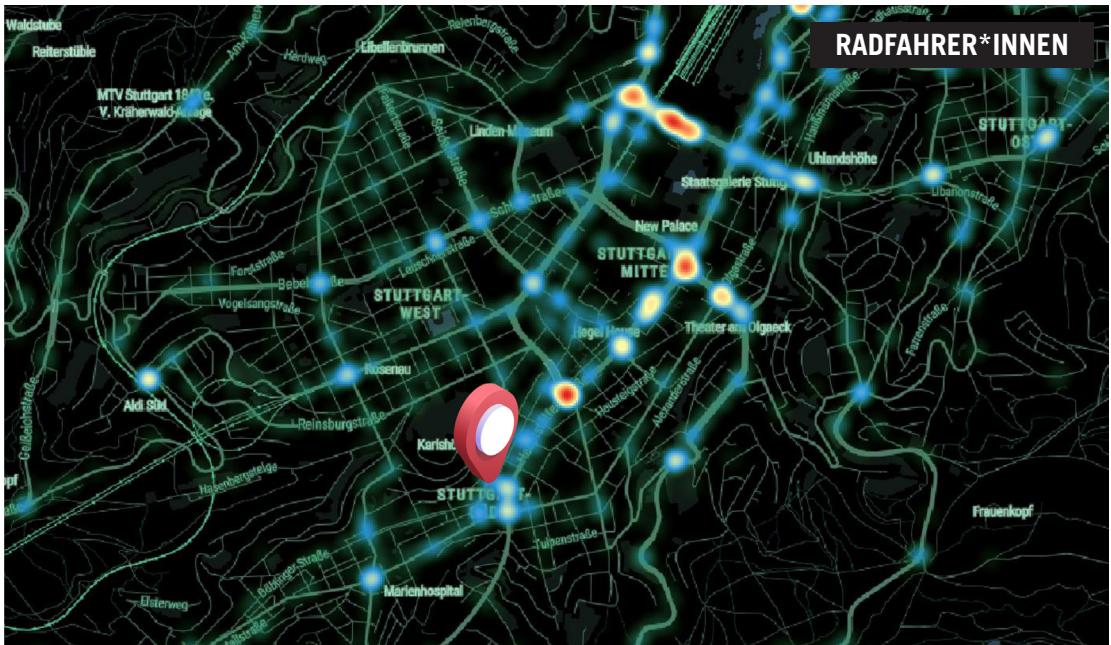


Abb. 51: Übersicht der Unfallhotspots von Radfahrenden von 2016-2019, Marienplatz in Stuttgart mit Pin markiert

so sind die Hotspots für den nicht motorisierten Verkehr heterogener verteilt. Ein für die städtebauliche Entwicklung interessanter Raum ist der Marienplatz. Dort findet eine Vielzahl von Verkehrsmitteleinwechseln statt, er ist urbaner Aufenthaltsort, teilweise Fußgängerzone und liegt an der Hauptfahrrad-Route 1.

Bei den im Unfallatlas erhobenen Daten handelt es sich, wie weiter oben erwähnt, um Situationen, in denen Unfalldaten mit Personenschäden verzeichnet sind. Für eine Unfallprävention sind aber auch die Konfliktsituationen interessant, die nicht (aktenkundig) aufgenommen werden. Unfälle ohne Personenschäden als auch Beinahe-Unfälle zwischen nicht motorisierten Verkehrs-

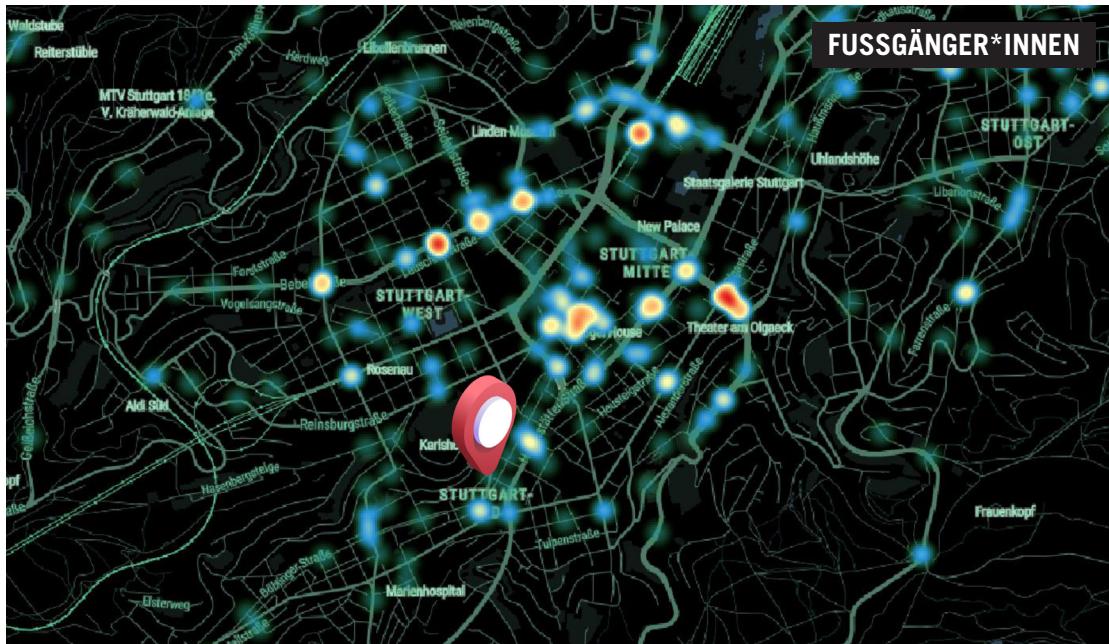


Abb. 52: Übersicht der Unfallhotspots von Zufußgehenden von 2016-2019,  
Marienplatz in Stuttgart mit Pin markiert

teilnehmer\*innen werden in vielen Fällen nicht zur Anzeige gebracht. Diese Ereignisse und Orte gehen nicht in die Statistik ein. So können die Konflikte quantitativ nicht als Grundlage für die Planung von Straßen, Geh- und Radwegen oder andere öffentliche Flächen integriert werden.<sup>2</sup> Klassische Konfliktsituationen z.B. auch zwischen Radfahrer\*innen und Fußgänger\*innen – ins-

besondere an Orten, wo wenig Fläche bereitsteht oder die Verkehrsführung sich abrupt ändert – müssen also anders erfasst werden.

<sup>1</sup> Statistisches Bundesamt Destatis: Unfallatlas | OpenData. 2021a. [https://unfallatlas.statistikportal.de/\\_opendata2020.html](https://unfallatlas.statistikportal.de/_opendata2020.html) (Zugriff 11.Mai 2021).

<sup>2</sup> Statistisches Bundesamt Destatis: Grundbegriffe der Verkehrsunfallstatistik 2021. (Zugriff 1.Juni 2021).

# OPEN BIKE SENSOR - DATENSAMMLUNG

Der OpenBikeSensor wurde als Methode bereits in Kapitel 2.1 vorgestellt. Mit Hilfe zahlreicher freiwilliger Nutzer\*innen konnten im ersten Projekthalbjahr Daten auf über 6.000 km Strecke gesammelt werden.

Die durch den OBS gesammelten Daten liefern interessante Informationen bezüglich der Radverkehrs Nutzung und der Situation für Radfahrer\*innen vor Ort und in Bewegung. Der Sensor misst neben der Position kontinuierlich auch die „Weite des Raumes“ links und rechts der radfahrenden Person. So werden die Abstände zu anderen Verkehrsteilnehmer\*innen aufgezeichnet. Außerdem können „gefühlte“ Abstände bzw. subjektiv zu knappes Vorbeifahren oder Überholen (unter 150 cm) durch Nutzer\*innen mit Hilfe eines am Steuersatz bzw. Display angebrachten Knopfes verifiziert werden.

Insgesamt wurden mehr als 600.000 Punkte bis Dezember 2020 im Untersuchungsgebiet eingemessen. Aus den bestätigten „nahen Überholvorgängen“ konnten so im September von 419 aufgenommenen Überholvorgänge 244 Überholvorgänge unter 150 cm detektiert werden. Hotspots waren bis dahin

die „Neue Weinsteige“ und der Bereich der Schickhardtstraße / Schreiberstraße / Karl-Kloß-Straße. Im November zeigt sich ein anderes Bild: Im Bereich der Hedelfinger Filderauffahrt konzentrierten sich die engen Überholvorgänge, im übrigen Stadtgebiet kamen neue Punkte hinzu – insgesamt 1.220. Durch eine differenziertere Sichtweise sind auch Klassen der Abstandsmessungen ablesbar, von den 1.220 total registrierten Punkten waren 228 in der Klasse von 0-50 cm, 111 in 50-100 cm, 343 zwischen 100-150 cm, die restlichen Punkte (357 in 150-200 cm, sowie 181 →200 cm) befinden sich außerhalb des gesetzlichen Mindestabstands bei Überholmanövern, sind aber als „nahe Manöver“ empfunden worden und klassifiziert, und dementsprechend auch zu berücksichtigen. Gerade auf Straßen mit Geschwindigkeiten über 50 km/h wirken starke Seitenkräfte auf Radfahrende ein,<sup>1</sup> sodass zumindest das subjektiv empfundene Sicherheitsgefühl negativ beeinträchtigt werden kann.

---

<sup>1</sup> Gromke, C., und B. Ruck: Passenger car-induced lateral aerodynamic loads on cyclists during overtaking. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 209, S.104489ff. 2021.

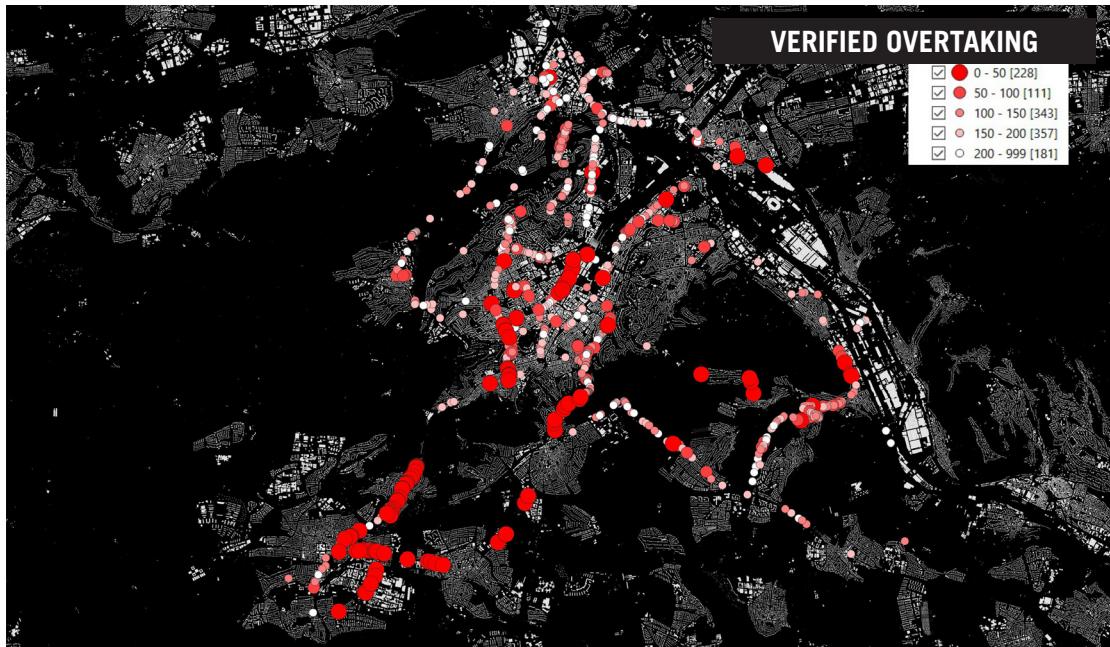


Abb. 53: In Stuttgart erfasste Überholvorgänge mit dem OBS



# STRESSTEST FUSSVERKEHR

## EINE EXPERIMENTELLE STUDIE ZUR MESSUNG DES STRESSEMPFINDENS ZUFUSSGEHENDER AM MARIENPLATZ IN STUTTGART

Céline Schmidt-Hamburger, Peter Zeile, Johannes Herbeck



Abb. 54: Schrägluftbild Marienplatz Stuttgart / Foto: <https://www.stuttgart.de/medien/ibs/produktblaetter-orthotrueortho-schraegluftbilder.pdf>

Die Mobilitätswende wird als wesentlicher Faktor zur Bekämpfung der Klimakrise gesehen, in deren Zuge auf Verbrennungsmotoren verzichtet und der motorisierte Individualverkehr reduziert werden soll. Betrachtet man die Nutzung des Straßenraums durch die Verkehrsteilnehmer\*innen, so wird schnell deutlich, dass der Fußverkehr ein Restposten bleibt und bisher eher wenig Beachtung findet.<sup>1</sup> Das Zufußgehen wird jedoch als Verkehrsmittel immer präsenter.<sup>2</sup>

Dies wirft die Frage nach der Relevanz einer guten Fußgängerinfrastruktur auf. Die positiven Auswirkungen erscheinen vielfältig: Zu Fuß gehen verbessert nicht nur die Gesundheit auf individueller Ebene, sondern ermöglicht auch eine intensivere Wahrnehmung der Umgebung und ist finanziell, kulturell und sozial inklusiv.<sup>3</sup> Die Zunahme des Zu-Fuß-Gehens wird durch Faktoren wie Luftqualität, städtebauliche Hindernisse, Unfallrisiken mit anderen Verkehrsteilnehmenden oder auch alte Gewohnheiten bei der Verkehrsmittelwahl gehemmt.<sup>4</sup>

Eine weitere auffällige Dynamik im

städtischen Kontext ist das stetig steigende Auftreten von stressbedingten Krankheiten. Neben der Prävalenz von Herz-Kreislauf-Erkrankungen werden zunehmend auch psychische Erkrankungen wie Depressionen beobachtet.<sup>5</sup> Subjektive Faktoren, die mit der Wahrnehmung von Stress zusammenhängen, beeinflussen manchmal, auch unbewusst, die Wahl des Verkehrsmittels.

**Ziel dieser Arbeit ist es daher, zwei Forschungsfragen zu beantworten:**

- 1. Welche strukturellen und sozialen Faktoren führen zum Stressempfinden von Fußgänger\*innen im städtischen Raum?**
- 2. Welche Rolle spielen die sozialen und psychologischen Merkmale**  
**STUDIE AM MARIENPLATZ**

<sup>1</sup>Umweltbundesamt: Fußverkehr, 2018.

<sup>2</sup>Knie, A., Zehl, F., Schelewsky, M.: Mobilitätsreport 05: Ergebnisse aus Beobachtungen per repräsentativer Befragung und ergänzendem Mobilitätstracking bis Ende Juli. Bonn/Berlin: 7331 – MOBICOR, 2021, S.14.

<sup>3</sup>Umweltbundesamt: Fußverkehr, 2018.

<sup>4</sup>ebd.

<sup>5</sup>Aldi, M: Stress and the City. Warum Städte uns krank machen. Und warum sie trotzdem gut für uns sind. 2. Auflage. München; 2017, S.16.

Diese Studie untersucht die Stresswahrnehmung von Fußgänger\*innen. Grundlage für den Stresstest war eine Studie von 15 Teilnehmer\*innen auf dem Marienplatz in Stuttgart (vgl. Abb.47).

Dieser Ort ist für die Beantwortung der Forschungsfragen interessant, da er sich städtebaulich durch eine große Nutzungsmischung und seinen Status als Verkehrsknotenpunkt auszeichnet.



Abb. 55: Städtebauliche Beschaffenheit Marienplatz

# THEORETISCHE KONZEPTE

## STRESS, EIN EMOTIONALES KONSTRUKT

Stress als Untersuchungsgegenstand zu operationalisieren sowie probante Messmethoden zu identifizieren ist komplex. Die interdisziplinäre Gestalt der aktuellen Stressforschung führt zu Unstimmigkeiten zwischen den Forschenden, wodurch auch die Definitionen von Stress variieren.<sup>1</sup>

Der Begriff Stress ist vielschichtig und im allgemeinen Sprachgebrauch weitverbreitet. Stress kann unterteilt werden in einen Reiz, der als positiv (Eustress) oder negativ wahrgenommen wird (Distress).<sup>2</sup> Die verschiedenen Stresstheorien unterscheiden sich nach Anpassungsleistung und Operationalisierbarkeit. Stress entsteht immer dann, wenn, je nach theoretischem Unterbau, die Physis (Stress als Reaktion) oder Psyche (Stress als Reiz oder Stress als Transaktion) zur Verarbeitung Ressourcen aufbringen muss.<sup>3</sup> Aufgrund von Entwicklungen der Emotionsforschung in diesem Gebiet ist die stresstheoretische Grundlage dieser Arbeit eher den Modellen zu zuordnen, die Stress als Reaktion sehen. Subjektive Komponenten werden bei der Erhebung und Auswertung der Daten einbezogen.

## DAS MOBILITÄTSVERHALTEN VON ZUFUSSGEHENDEN

Die menschliche Wahrnehmung und folglich das Verhalten, genauer gesagt das Mobilitätsverhalten, wird durch eine Reihe von Faktoren bestimmt. Diese lassen sich in exogene und endogene Einflüsse unterteilen.<sup>4</sup>

### Exogene Einflüsse

Wenn die Einflussfaktoren aus der Umwelt stammen, spricht man von exogenen Faktoren. In diesem Fall stimuliert die gebaute oder natürliche Umwelt die Sinneswahrnehmung des Menschen.<sup>5</sup> Basierend auf empirischen Befunden werden diese in dieser Arbeit in Platzmangel (Enge), Widerstände (Barriären), die Qualität der Umgebung bzw. Wegeführung und Lärm unterteilt. Diese bilden unmittelbar die Grundlage für die Arbeitshypothesen, die dem folgenden Schema folgen:

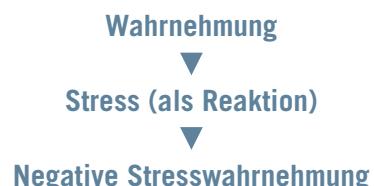




Abb. 56: Zufußgehende auf dem Marienplatz

Hypothese 1:

Das Gefühl von Enge oder potenzieller Enge führt zu einer negativen Erregung („Stress“) von Fußgänger\*innen

Hypothese 2:

Die Unterbrechung der Wunschlinie führt zu einer negativen Erregung („Stress“) von Fußgänger\*innen

Hypothese 3:

Lärmemissionen führen bei Fußgänger\*innen zu einer negativen Erregung („Stress“)

Hypothese 4:

Eine niedrige Qualität der Infrastruktur führt zu einer negativen Erregung („Stress“)

## **Endogene Einflüsse**

Auch endogene Faktoren können die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Stress abschwächen oder erhöhen. Endogene Faktoren beziehen sich auf individuelle demografische, sozioökonomische und soziokulturelle Merkmale von Personen und ihrem sozialen Umfeld.<sup>6</sup>

### **Geschlecht:**

Die Literatur zeigt, dass das Geschlecht einen Einfluss auf die unterschiedliche Wahrnehmung von Stress hat. Es wird angenommen, dass Frauen Stress schneller erleben als Männer.<sup>7</sup>

### **Alter:**

Es wird angenommen, dass fortgeschrittenes Alter die Wahrnehmung von negativem Stress eher begünstigt.<sup>8</sup>

### **Mobilitätsprofil:**

Es wird angenommen, dass eine Geh- oder Sehbehinderung die Stresswahrnehmung tendenziell begünstigt.<sup>9</sup>

### **Wegzweck:**

Nicht nur das vertraute Verkehrsmittel, sondern auch die vertraute Umgebung kann einen Einfluss auf das Auftreten

von Stress haben. Stress wird in unbekannten Umgebungen schneller ausgelöst als an Orten, die häufiger frequentiert werden.<sup>10</sup>

### **Psychologische Merkmale:**

Es werden auch psychologische Prädispositionen identifiziert, die eine unterstützende oder reduzierende Wirkung auf die Stressreaktion haben können.<sup>11</sup> Zu diesen Faktoren psychologischer Natur gehören Persönlichkeit, Kontrollüberzeugungen und Risikotoleranz.<sup>12</sup>

---

<sup>6</sup>Kaluza, G. (2007): Gelassen und sicher im Stress. 3. Auflage. Heidelberg, 2007, S.4.

<sup>7</sup>Schmidt, L. R.: Stress. Bern, 2021.

<sup>8</sup>Bercht, A. L.: Stresserleben, Emotionen und Coping in Guangzhou, China: Mensch-Umwelt-Transaktionen aus geographischer und psychologischer Perspektive. [Dissertation]. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Stuttgart, 2013, S.142 ff.

<sup>9</sup>Sleszynski, M.: Modellierung und Analyse des Verhaltens von FußgeherInnen vor und nach Beruhigung einer Geschäftsstraße [Diplomarbeit]. Wien, 2012, S.16 f.

<sup>10</sup>ebd., S. 18.

<sup>11</sup>Wermuth, M.: Modellvorstellungen zur Prognose. In: Gerd Steierwald, Hans Künne und Walter Vogt: (Hrsg.): Stadtverkehrsplanung: Grundlagen, Methoden, Ziele. 2. Auflage, S. 243-295. Berlin, 2005, S. 247.

<sup>12</sup>Kyriakou, K. et al.: Detecting moments of stress from measurements of wearable physiological sensors. In: Sensors, Vol. 19, Issue 17, pp., S.13.

<sup>8</sup>Schoon, J. G.: Pedestrian facilities - engineering and geometric design. London, 2010, S.57 f.

<sup>9</sup>ebd., S. 66 f.

<sup>10</sup>Ausserer, K. et al.: Was gefällt am Gehen und was hält davon ab?: Endbericht. Vienna, 2013.

<sup>11</sup>Schandry, R.: Biologische Psychologie. 4. Auflage. Weinheim, 2016, S.324 f.

<sup>12</sup>Kovaleva, A. et al.: Eine Kurzskala zur Messung von Kontrollüberzeugung: Die Skala Internale-Externe-Kontrollüberzeugung-4 (IE-4). In: GESIS-Working Papers 19, 2012, S. 5.

# METHODIK

## DATENERHEBUNG UND OPERATIONALISIERUNG

Der Untersuchungsgegenstand, die Stresswahrnehmung von Fußgänger\*innen, wird in möglichst ausgewogener Weise qualitativ und quantitativ untersucht. Dabei wurde die sogenannte „Triangulation“ in der Studie für die Datenerhebung (standardisierter sowie offener Fragebogen, körpernahe Daten), die Auswertung (räumlich und statistisch) und die Interpretation genutzt.<sup>1</sup> In dieser Arbeit werden zunächst biostatistische Indikatoren verwendet, um „stressige Momente“ zu erkennen. Auf der Grundlage der Funktionsweise dieser Biosignale haben Kyriakou et al. (2019) einen Algorithmus entwickelt, der die Stresswahrnehmung von Menschen mit tragbaren Biosensor-Armbändern messen kann. Die Daten werden gesammelt und in einer App (E-Diary) georeferenziert. Kameraaufzeichnungen, Entfernungsmessungen und Fragebögen wurden eingesetzt, um kausale Faktoren für das Auftreten eines Stressmoments zu untersuchen und die in den Hypothesen dargestellten stressauslösenden Faktoren zu ermitteln.<sup>2</sup> Zur Erfassung endogener Faktoren, wie dem soziodemografischen

Hintergrund, dem (Geh-) Verkehrsverhalten sowie psychologischen Merkmalen, wurde ein standardisierter Fragebogen entwickelt. Die Persönlichkeit von Individuen wird traditionell anhand der sogenannten Big Five bestimmt, die sich aus den Merkmalen Extraversion, Neurotizismus, Offenheit, Gewissenhaftigkeit und Verträglichkeit zusammensetzen.<sup>3</sup> Der Kontrollüberzeugungsgrad beschreibt die Überzeugung einer Person, dass sie Kontrolle über verschiedene Situationen hat und dass diese das Ergebnis ihrer eigenen Handlungen sind (internal) oder dass das Schicksal, Zufälle oder mächtige andere für das Eintreten bestimmter Ereignisse verantwortlich sind (external).<sup>4</sup> Der Grad der Kontrollüberzeugung ist ein relevanter Faktor für die Bewertung einer Stressreaktion.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>FLICK, U.: Triangulation: Eine Einführung. 2. Auflage. Wiesbaden, 2008.1-26. Basel, 2019; S.12 ff.

<sup>2</sup>Kyriakou K. et al.: Detecting moments of stress from measurements of wearable physiological sensors. In: Sensors, Vol. 19, Issue 17, pp., S.14.

<sup>3</sup>Rammstedt, B. et al.: Eine kurze Skala zur Messung der fünf Dimensionen der Persönlichkeit: Big-Five-Inventory-10 (BFI-10). In: GESIS-Working Papers 23, 2012, S.7.

<sup>4</sup> Kovaleva, A. et al.: Eine Kurzskala zur Messung von Kontrollüberzeugung: Die Skala Internale-Externale-Kontrollüberzeugung-4 (IE-4). In: GESIS-Working Papers 19, 2012, S. 7.

<sup>5</sup>Brosschot, J.F. et al.: Internal, powerful others and chance locus of control: relationships with personality, coping, stress and health. In: Personality and Individual Differences 16(6), S. 839-852, 1994.

# DURCHFÜHRUNG UND BEWERTUNG

Die Studie zur Messung des Stressempfindens von Zufußgehenden rund um den Stuttgarter Marienplatz fand im Juli 2021 statt. Auf der Grundlage der Beschreibungen von kritischen Stellen rund um den Marienplatz, an denen es vermehrt zu Konflikten zwischen Verkehrsteilnehmern kommt, einer Analyse von Unfallstellen mit Fußgänger\*innenbeteiligung und der eigenen Vorerkundung wurde eine Route für die Messung festgelegt (3 km). Es wurden 15 Teilnehmer\*innen rekrutiert. Zur Überprüfung der exogenen Faktoren wurden zunächst die Videosequenzen hinsichtlich der Gründe für das entsprechende MOS überprüft und klassifiziert. In QGIS wurden nun auf Basis der MOS entsprechend der Hypothesen und endogenen Faktoren sogenannte Heatmaps erstellt. Damit ist es möglich, Einblicke in Orte zu gewinnen, an denen eine große Anzahl von MOS verschiedener Personen auftrat.

Hinsichtlich der endogenen Faktoren wurden die Verteilungen der Ausprägungen und des MOS untersucht (vgl. Tabelle 1). Für die weitere Analyse der Zusammenhänge zwischen den endo-

genen Faktoren und der Entwicklung der MOS insgesamt und unterteilt nach exogenen Faktoren (die Hypothesen) wurden vor allem Gruppenvergleiche durchgeführt, um herauszuarbeiten, ob bei unterschiedlichen Ausprägungen der soziodemographischen und psychologischen Faktoren im Vergleich zum Anteil der Merkmalsausprägung in der Stichprobe überdurchschnittlich viele oder wenige MOS auftraten. Es wird angenommen, dass dies ein Hinweis auf subjektive Bewertungsmechanismen ist, die bei der Stressgenese eine Rolle spielen.

In einem weiteren, explorativen Schritt wurde eine hierarchische Clusteranalyse nach der Methode von Ward durchgeführt, um ein genaueres Bild verschiedener „Stressgruppen“<sup>1</sup> innerhalb der Stichprobe zu erhalten.

---

<sup>1</sup>Bacher, J. et al.: Clusteranalyse: Anwendungsorientierte Einführung in Klassifikationsverfahren. 3. Auflage. München, 2010, S.19.

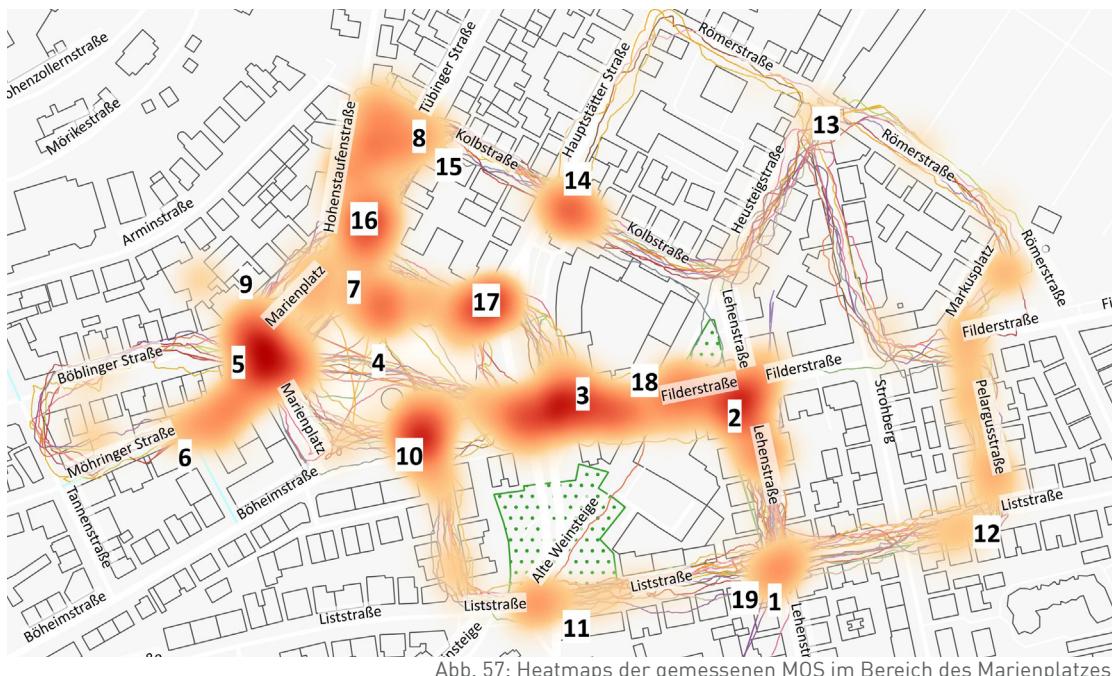
Vergleich Anteil der MOS (%) mit dem Anteil der Stichprobe:  
Vorzeichen der Differenz als Hinweis auf eine über- bzw. unterproportionale Anfälligkeit für eine Stressreaktion

## GRUPPENVERGLEICHE

Variable	$N_{Teilnehmende} = 379$ in %	$N_{MOS} = 379$ in %
Alter (unter 31)	20	17,94
Geschlecht (weiblich)	66	70,45
Pendelnde (zu Fuß)	53	58,33
Vielgehende	13,33	12,66
Ortskundige	33,33	31,13
<b>Big Five Persönlichkeitsmerkmale</b>		
Extraversion (überdurchschnittlich)	66,66	63,06
Neurotizismus (überdurchschnittlich)	93,33	94,20
Offenheit (überdurchschnittlich)	53,33	49,60
Gewissenhaftigkeit (unterdurchschnittlich)	86,66	88,39
Verträglichkeit (unterdurchschnittlich)	53,33	50,13
<b>Kontrollüberzeugung</b>		
Internal (unterdurchschnittlich)	73,33	70,45
External (unterdurchschnittlich)	82	82,06
Risikoaffine	53,33	56,20

Tabelle 1: Verteilung der Anteile der Subgruppen und deren MOS, eigene Berechnungen

## AUSWERTUNG UND ERGEBNISSE



Die 15 Datensätze umfassten nach der Bereinigung insgesamt 379 MOS, im Durchschnitt 25 MOS pro Person.

Nach der räumlichen Analyse der MOS (Abb. 57) und ihrer Ursachen konnten entsprechend der aufgestellten Hypothesen Aussagen über als „stressig“ empfundene Orte auf dem Stuttgarter Marienplatz getroffen werden.

Als exogene Faktoren wurden die Ur-

sachen für die Entwicklung von MOS ermittelt und überprüft (Abb. 58). Es wurde festgestellt, dass Platzmangel (Abb. 59) der häufigste Stressfaktor im Zusammenhang mit der baulichen Umwelt für Zufußgehende war, der zu einem MOS (Abb. 60) führte (68 %). Es folgten Lärm (40 %) und Unterbrechung der Wunschlinie (32 %), und schließlich wurde auch die Qualität der Infrastruk-

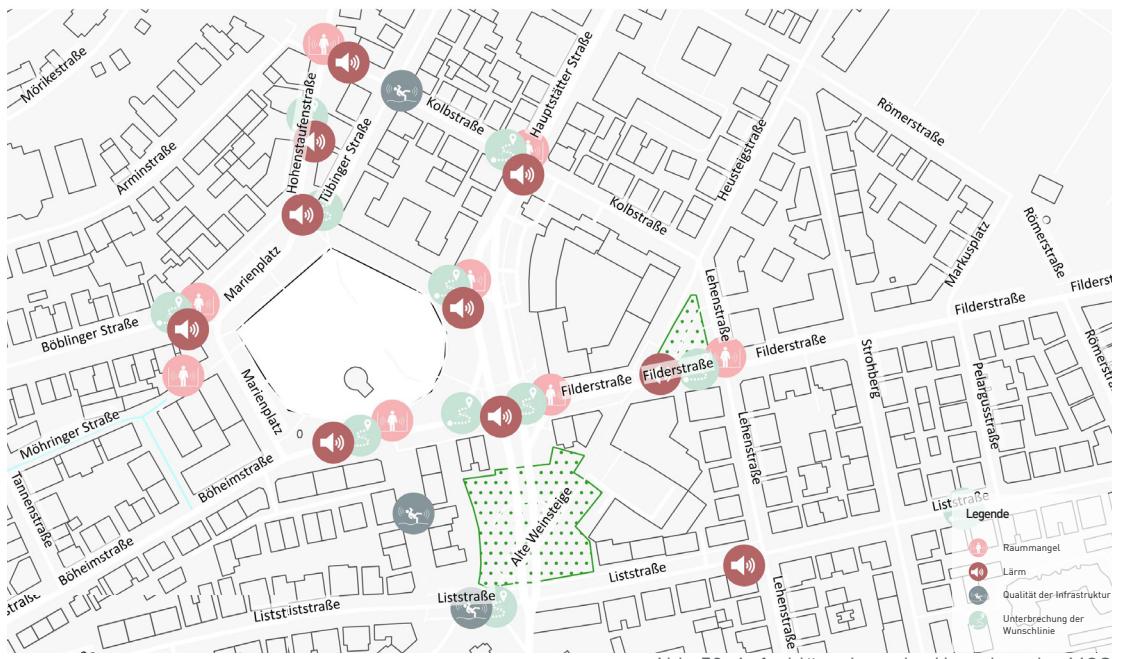


Abb. 58: Aufschlüsselung der Ursachen der MOS

tur als Ursache für MOS (12 %) genannt. Diese scheint also im Vergleich zu den anderen exogenen Einflussfaktoren eine geringere Rolle bei der Stressentstehung zu spielen. Für die Mehrheit (66 %) der MOS war eine Kombination aus mehreren Stressoren ausschlaggebend. Auffällig war, dass sich die meisten MOS an großen Kreuzungen rund um den Marienplatz befanden.

Darüber hinaus wurden in einer vertiefenden Analyse, bestehend aus einer deskriptiven Statistik und einer Clusteranalyse, die sozio-psychologischen Merkmale der Teilnehmer\*innen mit dem MOS verglichen (vgl. Tab.1). Ziel war es, eine Regelmäßigkeit von Stressreaktionen auf diese zurückzuführen, um ein genaueres Bild der Bewertung von Stress zu erhalten.

vermutete Einflussfaktoren erwiesen sich für die weitere Analyse als irrelevant. Es zeigte sich, dass Personen mit einem überdurchschnittlichen Maß an Verträglichkeit, einem überdurchschnittlichen Maß an interner Kontrollüberzeugung und einem überdurchschnittlichen Maß an Neurotizismus relativ mehr MOS aufwiesen. Letzteres deckt sich mit Forschungsergebnissen, wonach neurotische Menschen sehr stressanfällig sind. Personen mit einer höheren internen Kontrollüberzeugung könnten einen mäßigenden Effekt auf MOS haben, da sie eher glauben, dass sie die Kontrolle über die Folgen ihrer Handlungen haben. Vermutlich könnte dies auch das Stressempfinden erhöhen, da diese Personen die Verantwortung auch bei sich selbst sehen könnten. Umgekehrt sind die Ergebnisse für die Komponenten überdurchschnittliche Extraversion, Offenheit, Gewissenhaftigkeit, externe Kontrollüberzeugung und Risikobereitschaft ähnlich. Personen mit diesen Merkmalen verzeichneten weniger MOS. Am stärksten war der Effekt bei der Extraversion, was plausibel erscheint, ebenso wie der Einfluss der anderen Faktoren. Der Faktor

externe Kontrollüberzeugung könnte die entgegengesetzte Wirkung seines internen Gegenstücks haben. Schließlich wurde eine Clusteranalyse durchgeführt, um etwaige Gruppen hinsichtlich sozialpsychologischer Merkmale zu bilden, die statistische Ähnlichkeiten in Bezug auf das Stressempfinden aufweisen.

Es konnten drei etwa gleich große Cluster gebildet werden:

### **Cluster 1: Zögerliche Einzelgänger mit Pioniergeist**

Der erste Cluster umfasst sechs weibliche Teilnehmerinnen, die mit dem Gebiet mäßig vertraut sind. Sie sind im Durchschnitt extravertierter und neurotischer, eher weniger offen, eher weniger gewissenhaft sowie eher weniger kompatibel als der Durchschnitt. Sie haben eine überdurchschnittliche innere, eine unterdurchschnittliche äußere Kontrollüberzeugung und sind eher risikoscheu. Im Durchschnitt haben die Teilnehmerinnen mehr MOS (28) als die Teilnehmer\*innen aus den anderen Clustern und als der globale Durchschnitt.

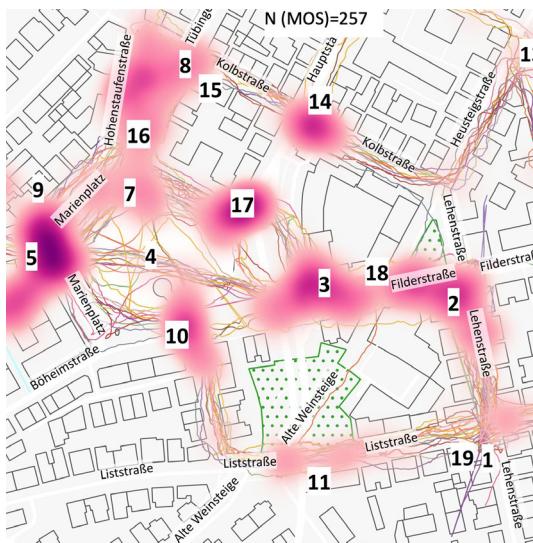


Abb. 59: MOS | Ursache Raummangel

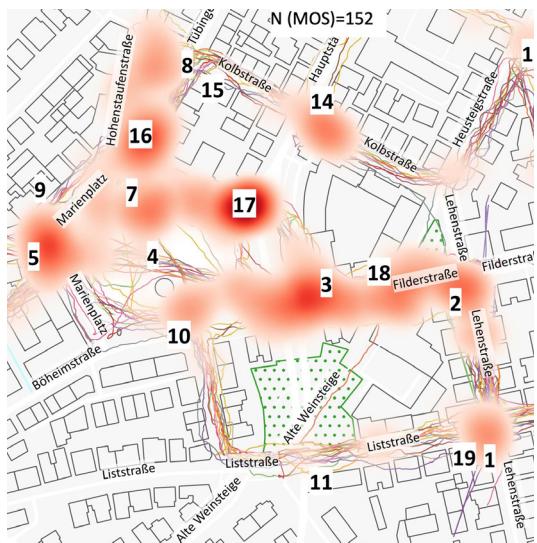


Abb. 60: MOS | Ursache Lärm

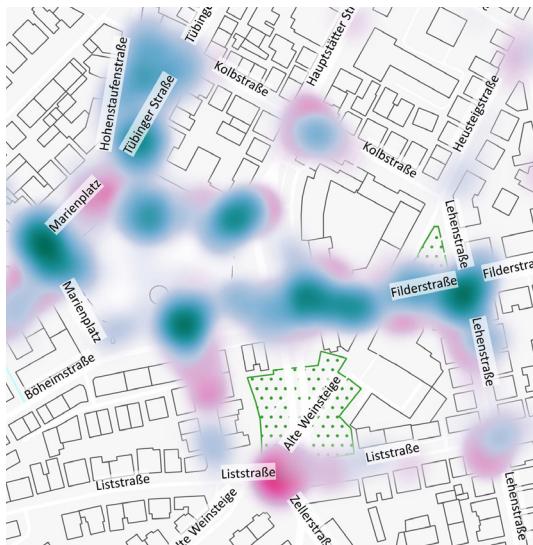


Abb. 61: MOS Gender | blau: Frauen | rosa: Männer

Abb. 62: MOS Risikoaffinität | blau: risikoaffin  
rosa: risikoavers

## **Cluster 2: Sicherheitsabenteurer**

Das zweite Cluster umfasst sechs Teilnehmende, die mit dem Ort vertraut sind. Die Mitglieder dieses Clusters sind weniger extravertiert, neurotischer, offener, weniger gewissenhaft, eher weniger kompatibel als der Durchschnitt. Sie haben eine eher unterdurchschnittliche innere, eher überdurchschnittliche äußere Kontrollüberzeugung und sind risikoscheu. Die Teilnehmer haben eine durchschnittliche Anzahl von MOS (25) im Vergleich zu den anderen Clustern und dem globalen Wert.

## **Cluster 3: unsichere Einzelgänger:**

Der dritte Cluster umfasst drei männliche Teilnehmer, die mit dem Ort nicht vertraut sind. Die Mitglieder dieses Clusters sind eher extravertiert, weniger neurotisch, offen und gewissenhaft und eher verträglicher als der Durchschnitt. Sie haben eine eher überdurchschnittliche interne und durchschnittliche externe Kontrollüberzeugung und sind eher risikoscheu. Die Teilnehmer in diesem Cluster haben im Vergleich zu den anderen Clustern und dem Gesamtwert durchschnittlich weniger MOS (20).

## **FAZIT**

Obwohl diese Studie aufgrund ihrer Stichprobe nicht als repräsentativ eingestuft werden kann, kann und sollte sie als Anregung für weitere Untersuchungen dieser Art dienen. Die Cluster dienen als Anregung für eine detailliertere Untersuchung der Auswirkungen von Planungsprojekten im Zusammenhang mit der gebauten Umwelt auf bestimmte Gruppen. Ziel dieser Unterteilung war es, eine differenziertere Betrachtung des „Faktors Mensch“ bei der Messung der Stresswahrnehmung zu ermöglichen, gleichzeitig aber durch die Gruppenbildung von Einzelfallstudien abzusehen.

Wie eingangs erwähnt, kann durch die Verringerung des Stressempfindens das Zufußgehen attraktiver gemacht werden, was zu nachhaltigeren, gesünderen und sozial gerechteren Städten beiträgt.

---

<sup>1</sup>MEDICAL TRIBUNAL VERLAGSGESELLSCHAFT: Neurotischen Menschen geht es während der Coronakrise emotional schlechter, 2021.





# ROSENSTEINBRÜCKE

## URBAN FUTURE HACKATHON



Abb. 63: Schwarzplan M:10.000 / mit Verortung der Rosensteinbrücke

# DIE ROSENSTEINBRÜCKE UND DER HACKATHON

Die Rosensteinbrücke verbindet seit über 70 Jahren die Stadt Stuttgart mit dem Stadtteil Bad-Canstatt. Wegen Korrosion im Tragwerk ist die Rosensteinbrücke über den Neckar jedoch marode. Im Auftrag der Stadt Stuttgart hatte ein Ingenieurbüro die schadhafte Konstruktion der Neckarbrücke geprüft und festgestellt, dass sich die Schäden nicht reparieren lassen. Das Gutachten empfiehlt daher, die Rosensteinbrücke abzureißen. Dieser Empfehlung hat sich Oktober 2022 der Stadtenwicklungsausschuss des Stuttgarter Gemeinderates angeschlossen. Diskutiert wurde dann, wie und ob diese wichtige Verkehrsachse ersetzt werden kann. Dabei standen vor allem die Themen Nachhaltigkeit und Schaffung qualitativer Aufenthaltszonen im Vordergrund.

## URBAN FUTURE CONFERENCE 2023

Wie können wir unsere Städte zu lebenswerten Orten machen? Das ist die zentrale Frage der Urban Future Conference – Europas größter Konferenz für nachhaltige Städte. Vom 21. bis 23. Juni 2023 war Stuttgart die Gastgeberstadt für die Urban Future, die erstmals in Deutschland stattgefunden hat. Über 2.000 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus rund 70 Ländern kamen zu der Konferenz nach Stuttgart. Beim Urban Future Hackathon wurden virtuelle Modelle und neue Konzepte erarbeitet und zwar für die oben genannte, baufällige Rosensteinbrücke. Cape Reviso waren Teil der Urban Future 23 Konferenz in Stuttgart, sowie der Hackathon.

Die Studierenden des KITs unterstützten mit ihren Entwurfsvorschlägen aktiv den Hackathon und loteten verschiedene Design-Paradigmen aus.

## VERORTUNG UND BESTAND

### Verortung Gesamtstadt

Die Rosensteinbrücke verbindet Stuttgart mit dessen Stadtteil Bad Cannstatt. Bad Cannstatt ist dabei der einwohnerstärkste und älteste Stadtbezirk der baden-württembergischen Landeshauptstadt und liegt beiderseits des Neckars. Die Brücke wird gerahmt durch zwei Hochpunkte. Auf Stuttgarter Seite durch das Wilhelma-Theater und auf Bad Cannstatter Seite durch den Rosensteinbunker.



Abb. 64: Luftbild Stuttgart, Rosensteinbrücke

### Verortung Kurpark

Der Kurpark befindet sich mitten in Stuttgart-Bad Cannstatt und ist damit das grüne Herz des Stadtteils. Der untere Teil des Kurparks entstand Anfang des 19. Jahrhunderts. Der obere Teil des Kurparks entstand erst nach dem Bau des Kursaals 1841. Bis heute ist der Kurpark Attraktor für Einheimische und Besucher\*innen gleichermaßen. Konzepte für die Rosensteinbrücke können eine Verbindung zwischen den Stadtteilen und den Grünflächen aufbauen.

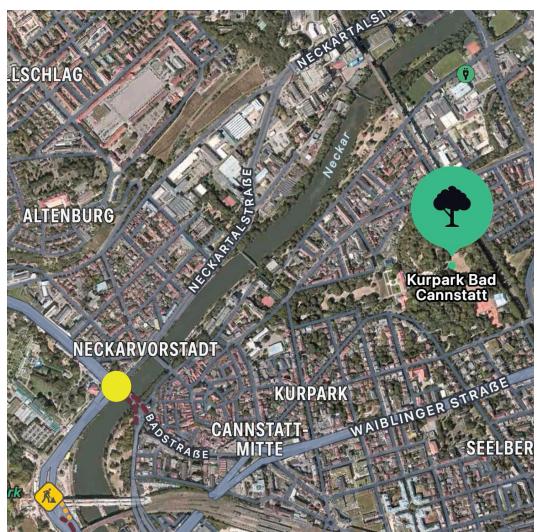


Abb. 65: Verortung Kurpark, Rosensteinbrücke

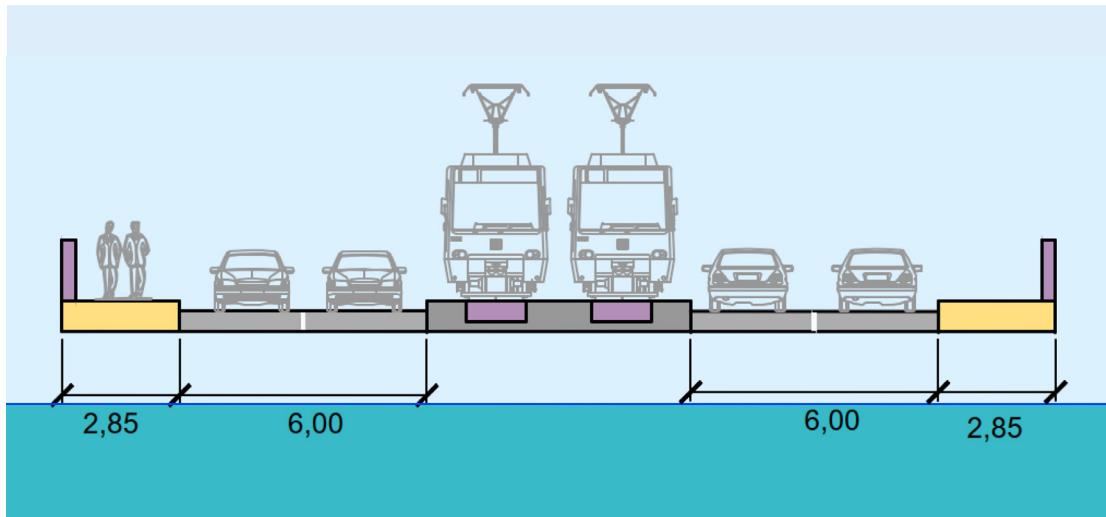


Abb. 66: Bestandsschnitt Rosensteinbrücke 2023 / Grafik: Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Wohnen

### **Bestand**

Bis zum Abriss der Brücke gliederte sich deren Fahrbahn in folgenden Breiten: 2.85m Fußgängerweg, 6.00m Autofahrbahn, ca. 6.00m Bahnlinie, dann wieder 6.00m Autofahrbahn, sowie 2.85m Fußgängerweg. (vgl. Abb.66) Die Bahnhaltestelle befand sich dabei direkt hinter der Rostesteinbrücke auf der Stuttgarter Seite. Dem motorisierten Verkehr wurde im Bestand sehr viel Platz eingeräumt. Von den insgesamt 23,7 m Brückenbreite sind 18 m allein für Auto und Bahn befahrbar während

für den Radverkehr keine eigene Spur vorhanden war. Dies soll sich im neuen Entwurf ändern. Auch gab es keine Begrünung oder sonstige Aufenthaltsflächen auf der Brücke.

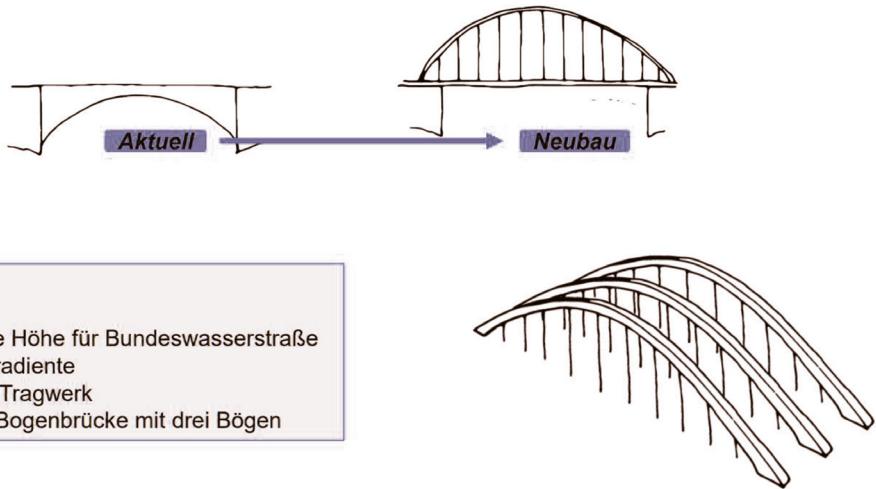
## BAUABLAUF

Wie bereits erwähnt wurde im Oktober 2022 der Abriss der maroden Rosensteinbrücke beschlossen. Gleich darauf folgte die erste Phase der Ideenfindung im Zusammenhang mit einem neuen Verkehrsstrukturplan, der ebenfalls in politischen Gremien diskutiert wurde. Im März 2023 fand ein Informations- und Abspracheabend mit interessierten Bürgerinnen und Bürgern in Bad Cannstatt statt. Im Frühjahr 2023 wurde ein Brückenquerschnitt beschlossen, auf dessen Grundlage ein Planungsbüro beauftragt werden konnte. Die Arbeiten für den Rückbau der Rosensteinbrücke haben Mitte Januar 2024 begonnen.

Die Brücke musste schlussendlich auch für Fuß- und Radverkehr gesperrt werden. Wegen des maroden Zustandes war sie zuvor schon längere Zeit für den KfZ-Verkehr gesperrt worden. Im ersten Schritt wurde der Asphalt ausgefräst, die Straßenbeleuchtung demonstriert und der restliche Beton aus den bisherigen Stadtbahngleisen entfernt. Ab Mitte Februar 2024 konnte der Rückbau der eigentlichen Brückenkonstruktion beginnen. Durch die detaillierte Ausarbeitung des technischen und logistischen Aufwandes, konnte die Neckarsperrung

auf nur zwei verlängerte Wochenenden verkürzt werden, statt wie zunächst gedacht mehrere Wochen. Voraussichtlich im Juli 2024 wird der Rückbau der Rosensteinbrücke abgeschlossen sein. An derselben Stelle soll eine Behelfsbrücke für den Fuß- und Radverkehr errichtet werden. Danach ist der Neubau der Rosensteinbrücke bis etwas 2031 geplant.

# PLANERISCHE ANFORDERUNGEN



## Anforderungen

- Erhöhung Lichte Höhe für Bundeswasserstraße
- Höherlegung Gradiente
- oben liegendes Tragwerk
- Vorzugslösung Bogenbrücke mit drei Bögen

Abb. 67: Bautechnische Anforderungen /Grafik: Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Wohnen

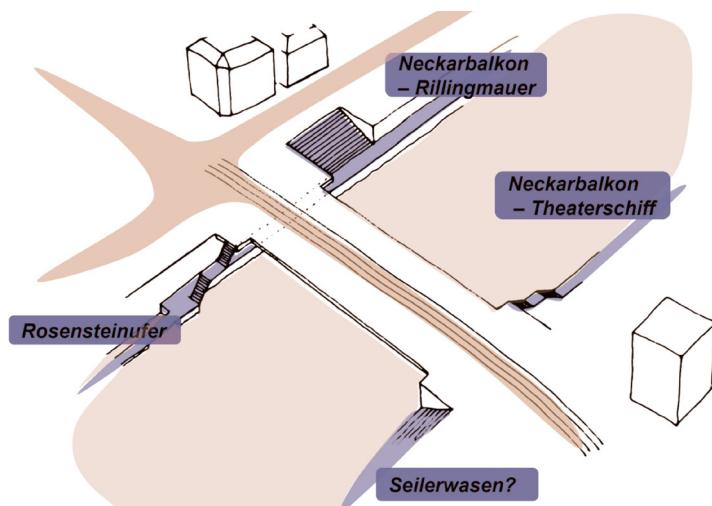
## Technische Rahmenbedingungen

Eine der größten Veränderungen beim Neubau der Brücke liegt darin, dass die lichte Höhe nach Bundeswasserstraße erhöht werden muss. Dazu eignet sich ein oben liegendes Tragwerk, zum Beispiel eine Bogenbrücke (vgl. Abb.67). Während des vorbereitenden Planungszeitraumes 2022 wurde von drei oberen Bogen ausgegangen. Weiterhin soll die Brücke einen flexiblen Querschnitt aufweisen, der eine Notfallbefahrbarkeit für PKW vorsieht, diesen aber im regulären Betrieb ausschließt. Dieser wird

regulär explizit nicht mehr eingeplant. Aus dem Bestandsschnitt lässt sich entnehmen, dass daher allein ca. 12m. Platz gewonnen werden, die anderweitig nutzbar ist.

## Freiraum

Direkt mit dem Neubau der Rosensteinbrücke verknüpft, sind freiraumplanerische Projekte aus dem Zielprojekt Neckarknie (vgl. Abb.68). Die Rosensteinbrücke liegt im sogenannten Freiraumkonzept Neckarknie, das eine Umgestaltung der Uferzonen zwischen



#### Anforderungen

- Neckarbalkon / Theaterschiff mit Treppenanbindung an die Rosensteinbrücke
- Rosensteinufer mit Treppenanbindung an die Rosensteinbrücke
- Fußgängerweg auf HQ10 am Ufer der Neckartalstraße unter der Rosensteinbrücke zu Verbindung Rillingmauer / Rosensteinufer
- Einbindung Seilerwasen
- Rosensteinbrücke mit Aufenthaltsfunktion

Abb. 68: Freiraumplanerische Anforderungen /Grafik: Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Wohnen

und Alter Neckarbrücke vorsieht. So soll unter anderem zwischen der Rosensteinbrücke und der Wilhelmsbrücke entlang der Neckartalstraße eine großzügige Freitreppe zum Ufer entstehen. Dazu soll die Neckartalstraße in diesem Abschnitt KfZ-frei werden. Zwischen dem Rostensteinpark und der Rosensteinbrücke (Rosenufer) soll ein Uferweg entstehen, der einen Treppenzugang zur neuen Brücke erhalten soll. Weiterhin soll auch die Seilerwasen eingebunden werden und vor allem soll die Brücke deutlich mehr Aufenthalts-

qualität bieten. Sie ist also nicht als reine Verkehrszone anzusehen, sondern soll zudem qualitätsvolle Grün- oder Sitzflächen bieten. Insgesamt ist das Projekt der Rosensteinbrücke als ganzheitliches Stadtbauprojekt zu verstehen, das sich nicht nur auf die Brücke, sondern auf den ganzen umgrenzenden Stadtbereich bezieht.

# VERKEHRLICHE ANFORDERUNGEN

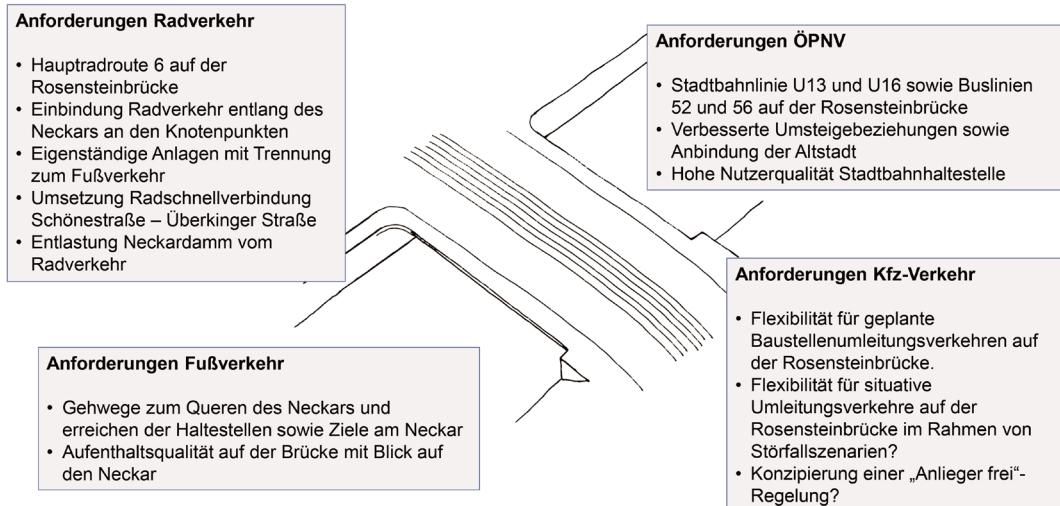


Abb. 69: Projektanforderungen / Grafik: Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Wohnen

## Verkehr

Mit dem Neubau der Rosensteinbrücke und der gesamtheitlich neu konzipierten Achse entstehen massive Einschnitte in das aktuelle Verkehrsnetz Stuttgarts. Die neue Brücke soll jedoch auf verschiedenen Ebenen einen Mehrwert für alle Verkehrsteilnehmer\*innen generieren (vgl. Abb. 69). Bis zu ihrer Fertigstellung muss bereits der Verkehr umgeleitet werden. Während der Bauarbeiten wird so beispielsweise der Neckarradweg im Bereich der Badstraße an der Baustelle vorbeigeführt. Mit

der Wilhelmsbrücke und dem untergehängten Steg an der neuen Stuttgart-21-Bahnbrücke stehen zwei Querungsmöglichkeiten über den Neckar für den Fuß- und Radverkehr zur Verfügung. Auf Dauer soll jedoch ein generell überarbeitetes Verkehrsnetz entstehen.

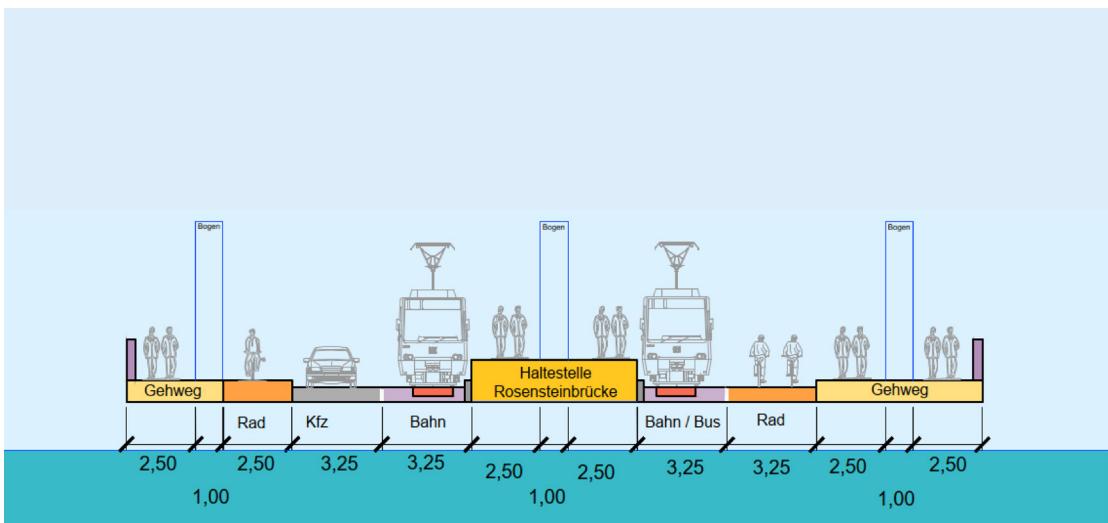


Abb. 70: Der voraussichtlich neue Brückenquerschnitt /Grafik: Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Wohnen

## Brückenquerschnitt

Eine der wesentlichsten Veränderungen beim Neubau der Rostensteinbrücke ist der Querschnitt. Zum einen wird die neue Brücke über 6,0 m breiter als die alte, zum anderen hat sie eine ganz andere Fahrwegunterteilung (vgl. Abb.70). Im Sinne des gesamtheitlichen Konzeptes werden die vorher vier Autospuren auf eine Notfallspur reduziert. Diese kann bei Bedarf genutzt werden und steht ansonsten zur freien Verfügung. Außerdem werden die Gehwege breiter gemacht und vor allem sind erstmals

Radwege auf der Brücke vorgesehen. Eine weitere große Änderung ist, dass die Bahnhaltestelle vermutlich auf der Mittelinsel der Brücke Platz finden wird und nicht mehr wie zuvor am Anfang der Brücke in der Nähe des Wilhelma-Theater. Das löst den dortigen Verkehrsknoten und aktiviert den Mittelstreifen der neuen Brücke. Diese Mindestanforderungen an die Querschnitte sind in der Vorkonzeptionsphase abgestimmt worden.

# ZIELSETZUNG DES FORSCHUNGSEMINARES

Das Hauptziel für die Teilnehmenden des Forschungsseminares Urban Future Hackathon war es, Designvorschläge zu entwerfen. In Zusammenarbeit mit dem HLRS ging es auch darum, den Entwurf in 3D zu modellieren, um verschiedene Varianten der Brückenbestandteile prüfen zu können. Durch Visualisierungen und Mood Boards konnten sich die Studierenden immer weiter ihrem eigenen Entwurf nähern. Was könnte funktionieren und wie kann ein Konzept entstehen, das einen ganzheitlichen Mehrwert bietet? Dafür näherten sich die Studierenden in ihren Entwürfen vom Brückendesign selbst bis zum kleinen Detail. Denn nicht nur die Form der Brücke sollte definiert werden, sondern auch ein passendes und adäquates Haltestellendesign war gefragt. Aufbauend auf den vorgegebenen Querschnitt, wurden neue Querschnitte gezeichnet, um aufzuzeigen, wie die neuen Fahrbahnen geplant werden könnten. Zusätzlich dazu sollte auch das Stadtmobiliar in Betracht gezogen werden und wie es den Straßenraum aufwerten könnte. Wesentlicher Bestandteil des Entwurfes war auch das angrenzende Grün. Sollte die Brücke selbst begrünt

werden, wird eine direkte Verbindung zum Zoo oder zum Kurpark geplant oder inwiefern kann die Uferpromenade miteinbezogen werden? Qualitative Grün- und Aufenthaltsflächen zu schaffen, war in diesem Entwurf sehr wichtig und wesentlicher Bestandteil des Gesamtkonzeptes. Außerdem sollte auch bedacht werden, wie die Anbindung der Brücke an den städtischen Rad- und Fußverkehr funktionieren kann. Nach Festigung des Entwurfs wurden alle Brücken als 3D-Modelle mithilfe der HLRS Experten bearbeitet, um sie später im 1:1 Maßstab in der CAVE (Visualisierungsanlage) erleben zu können (siehe nächste Seite).



Abb. 71: Präsentation der Ergebnisse des Seminars

# DAS HÖCHSTLEISTUNGSRECHENZENTRUM (HLRS)

## BESUCH IN STUTTGART

Das Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS) fungiert als Rechenzentrum, das Wissenschaft und Industrie den Zugang zu Supercomputern ermöglicht. Es wurde im Jahr 1995 innerhalb des Rechenzentrums der Universität Stuttgart gegründet und ist seit 1996 das erste deutsche Bundeshöchstleistungsrechenzentrum. Seit 2003 ist das HLRS eine eigenständige zentrale Einrichtung der Universität Stuttgart. Um die Entwicklung und Visualisierung verschiedener Projekte zu unterstützen, steht die sogenannte CAVE zur Verfügung. Diese CAVE, mit ihren fünf Projektionsflächen, ermöglicht die dreidimensionale Darstellung von Simulationsergebnissen. Die Nutzung der CAVE war das Hauptziel der Studierenden, da sie dadurch ihre Brückenentwürfe im Maßstab 1:1 erleben konnten.

## DIE CAVE

Über mehrere Jahre hinweg hat das HLRS fortschrittliche Methoden entwickelt, die Höchstleistungsrechner, künstliche Intelligenz und Visualisierungstechnologien nutzen, um die Stadtplanung zu unterstützen. Insbesondere ermöglichen die in Cape Reviso entwickelten Tools die Ergänzung virtueller Modelle, wie bspw. Verkehrssimulationen eines Ortes, in einem bestimmten Kontext, auf Grundlage realer Beobachtungen. Dies trägt dazu bei, frühzeitig Erkenntnisse über potenzielle Konflikte zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmenden zu gewinnen. Die digitalen Entwürfe der Studierenden wurden in die Visualisieranlage CAVE importiert. In der immersiven virtuellen Realität konnten die Studierenden erleben, wie ihre Pläne in der realen Welt aussehen. Der vom HLRS entwickelte digitale Zwilling der Stadt Stuttgart wurde ebenfalls eingebunden, um zu veranschaulichen, wie die Brückenkonzepte sich harmonisch in die umliegenden Stadtteile und Verkehrsnets integrieren würden.



Abb. 72: Die 3D-Modelle in der CAVE

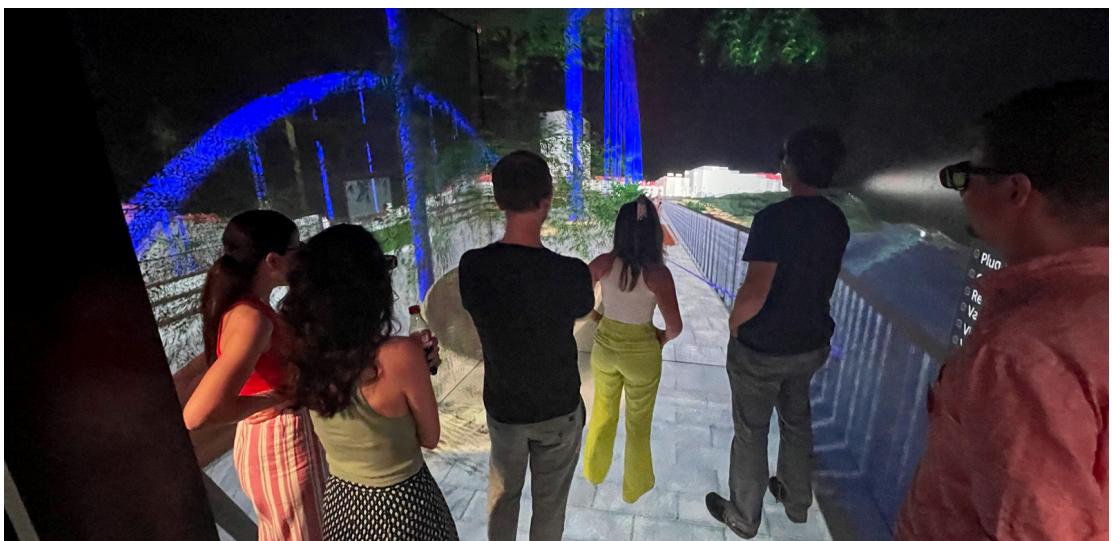


Abb. 73: Die Cave des HLRS erweckt die Brückenmodelle zum Leben

## ABLAUF DES SEMINARS

Am 20. Juni 2023, ein Tag vor Start der Urban Future Conference in Stuttgart, waren die Studierenden des KIT zu Besuch am HLRS in Stuttgart. Das war nicht der erste Besuch der angehenden Architekt\*innen in der baden-württembergischen Hauptstadt. Bereits im April hatten sie eine Einführung in die Möglichkeiten der CAVE erhalten, um deren Potentiale kennen zu lernen. Die Studierenden erlernten notwendige Arbeitsweisen, um zu begreifen, welches Potenzial in der Verbindung von Entwurf und Technologie liegt. Weiterhin natürlich, um überhaupt die Arbeitsweise zu verstehen, die notwendig ist, um ein zufriedenstellendes digitales Modell für die CAVE zu generieren. Nach einem generellen Input und der Vorstellung der CAVE durch Uwe Wössner und Thomas Obst, ging es darum, digitale Modelle mit Materialien zu versehen, um ein möglichst realistisches Erlebnis in der CAVE zu erhalten. Ab diesem Zeitpunkt arbeiteten die Studierenden gezielt an der Struktur und Detaillierung des 3D-Modells. Auch an diesem Sommertag starteten die Studierenden mit einer Input Veranstaltung der Stuttgarter Experten, die über die Möglichkeiten des

HLRS in Zusammenhang mit der Urban Future Conference aufklärten. Danach wurde der Import der 3D-Modelle getestet und die Studierenden korrigierten ihre Modelle für einen reibungslosen Import. Daraufhin halfen die Experten, unter anderem auch Dr. Peter Zeile den Studierenden ihre digitalen Modelle zu verbessern, um sie noch besser und realistischer zu gestalten. Danach präsentierten die Studierenden, je in Zweiergruppen, ihre finalen Entwürfe. Vorher gab es eine Feedback Runde, bei der mit Zetteln positive Aspekte hervorgehoben, oder Kritik angebracht werden konnte. Die unterschiedlichen Ergebnisse entsprachen den Erwartungen an den Hackathon: Ideenreichtum und ein digitaler Baukasten mit vielen Komponenten für die Planung der neuen Brücke.

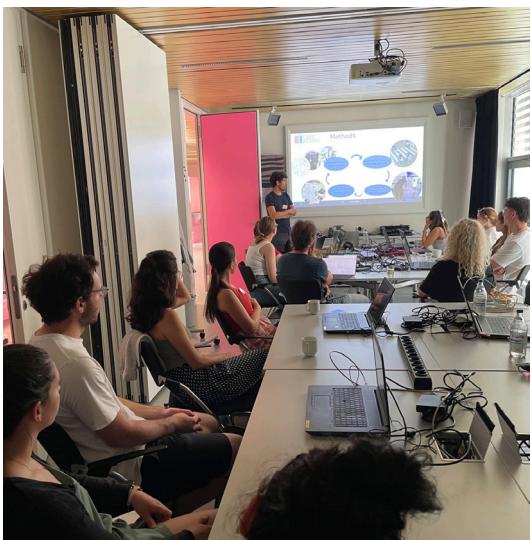


Abb. 74: Input Vortrag am HLRS Stuttgart

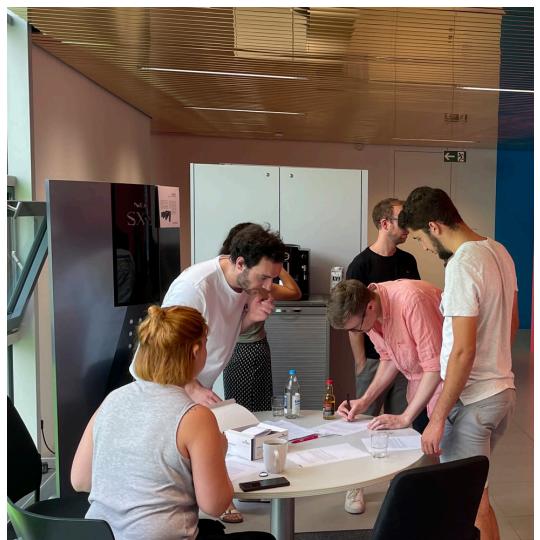


Abb. 76: Kurze Café Pause

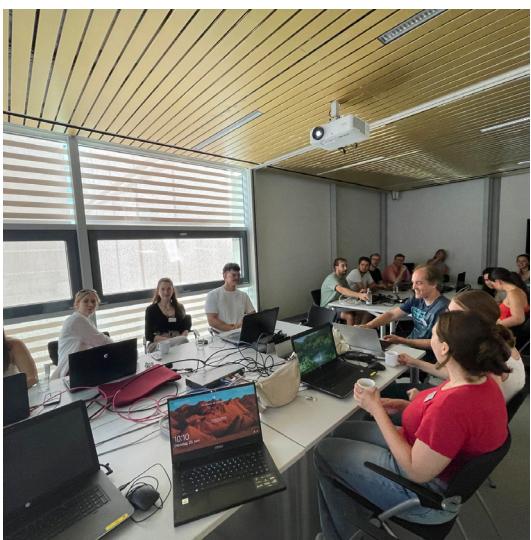


Abb. 75: Gemeinsames Arbeiten an den 3D-Modellen

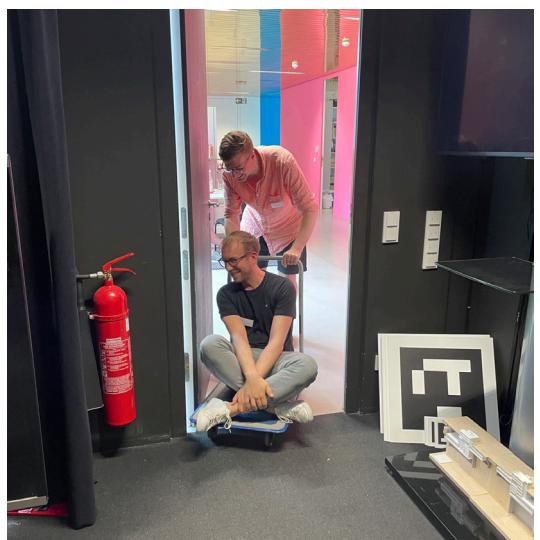


Abb. 77: Mittagspause

# DIE STUDIERENDENERGEBNISSE

Im Folgenden sind die Endergebnisse aller Studierenden aufgeführt. Dieses verdeutlicht nochmal das Prinzip des Baukastens. Jeder Bestandteil kann einzeln betrachtet und bewertet werden. Die Resultate zeigen deutlich, wie unterschiedlich die Entwürfe sind, und dass jede\*r Bearbeiter\*in andere Impulse verfolgt und verschiedene Schwerpunkte gesetzt hat. Die Aufteilung in Design, Schnitt, Mobiliar und Materialität zeigt die Ideenvielfalt der Studierenden. Mithilfe von Dr. Peter Zeile vom KIT und den zwei Experten vom HLRS, Uwe Wössner und Thomas Obst, konnten die Studierenden Ihre 2D, aber vor allem 3D- Modelle verbessern, was sich in der CAVE bemerkbar machte.

---

#### Textquellen:

- <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/stuttgart/rosensteinbruecke-muss-abgerissen-werden-100.html>
- <https://www.brueckenschlag-stuttgart.de/>
- <https://www.stuttgart.de/leben/bauen/bauprojekte/roensteinbruecke.php>
- <https://www.stuttgart.de/leben/stadtentwicklung/stuttgart-roenstein.php#&id=1&pid=4>
- <https://www.stuttgart.de/leben/stadtentwicklung/urban-future-conference-2023/>
- <https://www.stuttgart.de/leben/stadtentwicklung/stuttgart-roenstein.php>
- <https://www.stuttgart.de/service/aktuelle-meldungen/januar/roensteinbruecke-in-stuttgart-bad-cannstatt-arbeiten-fuer-den-rueckbau-habenbegonnen-die-infrastruktur-wird-fit-fuer-die-zukunft-gemacht.php>
- <https://www.stuttgart.de/tourismus/sehenswuerdigkeiten/kurpark-bad-cannstatt.php>
- <https://www.stuttgart.de/bad-cannstatt>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6chstleistungsrechenzentrum\\_Stuttgart](https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6chstleistungsrechenzentrum_Stuttgart)
- <https://www.hlrs.de/de/news/detail/eine-bruecke-fuer-die-zukunft>



Abb. 78: Gegenseitiges Feedback zu den Entwürfen

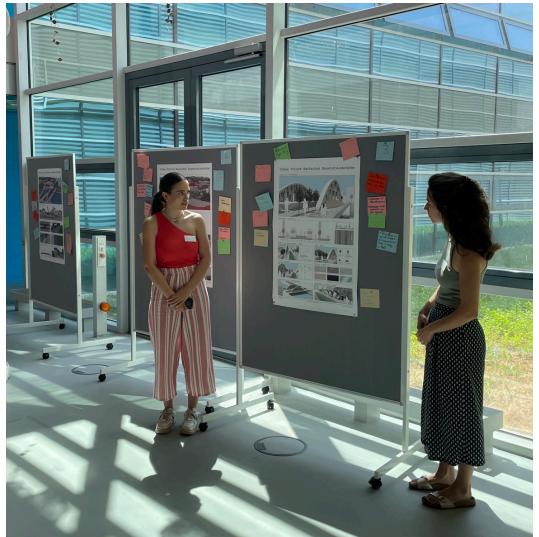


Abb. 79: Präsentation der Ergebnisse



Abb. 80: Präsentation der Ergebnisse

# URBAN FUTURE HACKATHON ROSENSTEINBRÜCKE

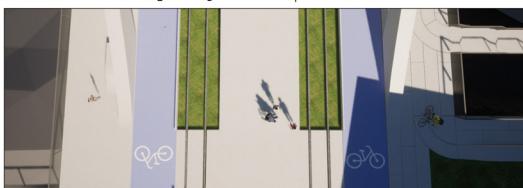
General View | Gesamtansicht



Cross-Section | Querschnitt



Pedestrian and Cycling Traffic | Verkehr



Green | Grün



Furniture | Mobiliar



Materials | Materialien



Shape of the Bridge | Brückendesign



Stop Design | Haltestelle Design



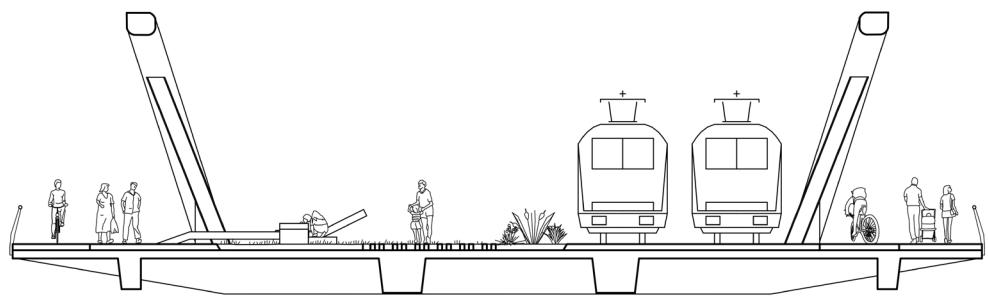
Abb. 81: Bearbeiter: Hendrik Schütze / Alexander Born

# URBAN FUTURE HACKATHON ROSENSTEINBRÜCKE

General View | Gesamtansicht



Cross-Section | Querschnitt



Pedestrian and Cycling Traffic | Verkehr

Green | Grün



Furniture | Mobiliar

Materials | Materialien



Shape of the Bridge | Brückendesign

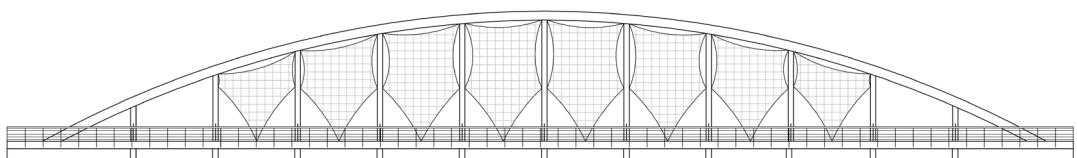


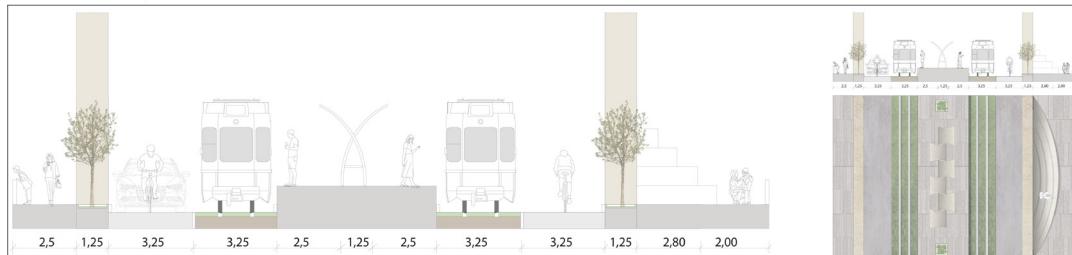
Abb. 82: Bearbeiterinnen: Annika Brendle / Hanna Bederke

# URBAN FUTURE HACKATHON ROSENSTEINBRÜCKE

General View | Gesamtansicht



Cross-Section | Querschnitt



Pedestrian and Cycling Traffic | Verkehr



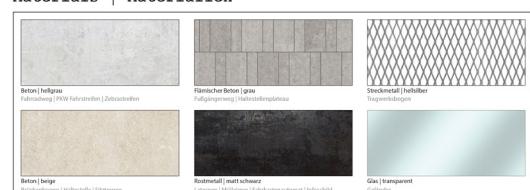
Green | Grün



Furniture | Mobiliar



Materials | Materialien



Shape of the Bridge | Brückendesign



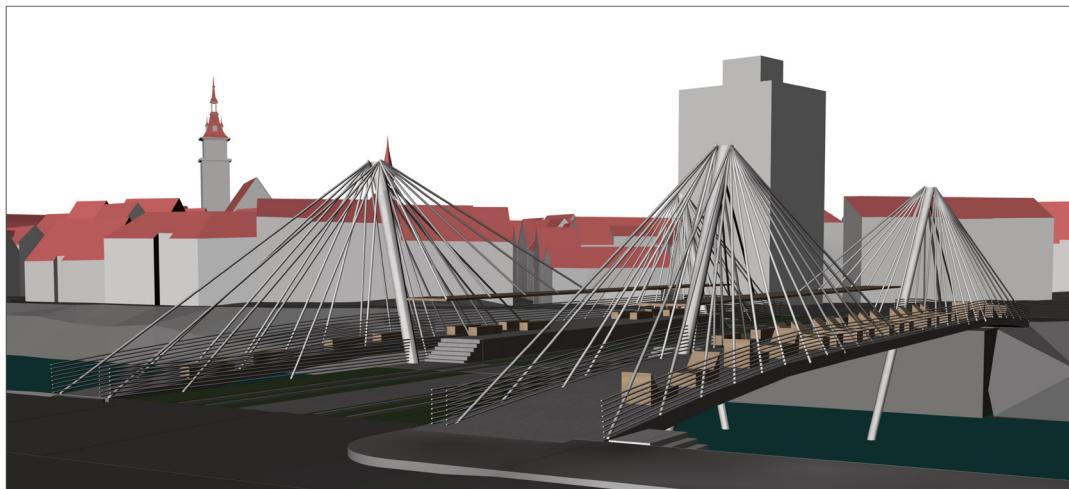
Stop Design | Haltestelle Design



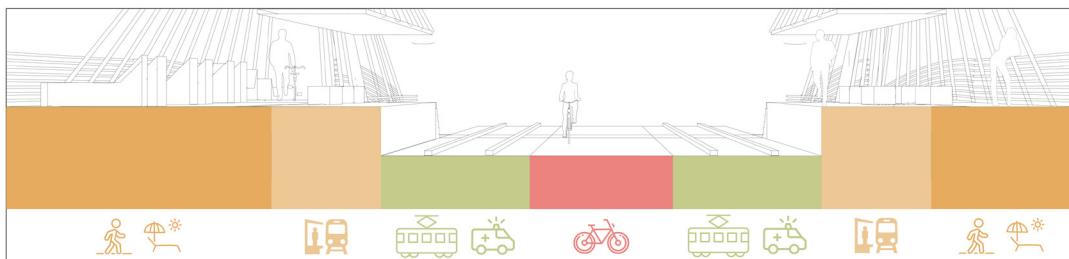
Abb. 83: Bearbeiterinnen: Anne Maas / Qendrese Bardiqi

# URBAN FUTURE HACKATHON ROSENSTEINBRÜCKE

General View I Gesamtansicht



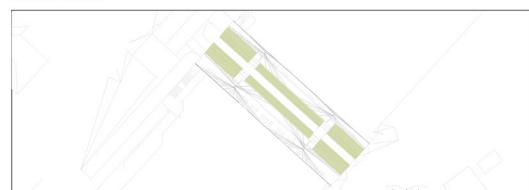
Cross-Section I Querschnitt



Pedestrian and Cycling Traffic I Verkehr



Green I Grün



Furniture I Mobiliar



Materials I Materialien



Shape of the Bridge I Brückendesign



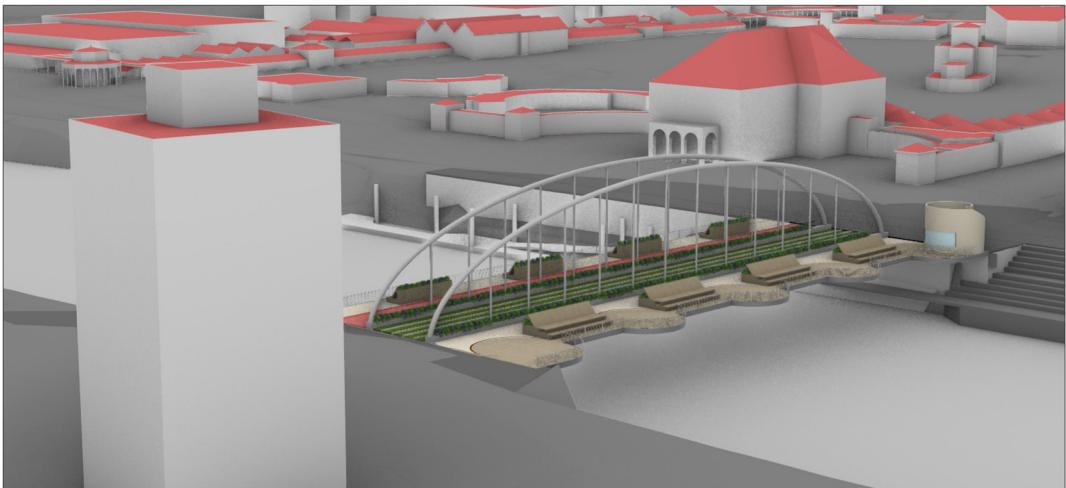
Stop Design I Haltestelle Design



Abb. 84: Bearbeiter\*innen: Aaron Liebl / Seline Oelmann

# URBAN FUTURE HACKATHON ROSENSTEINBRÜCKE

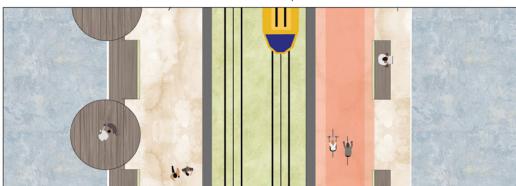
General View | Gesamtansicht



Cross-Section | Querschnitt



Pedestrian and Cycling Traffic | Verkehr



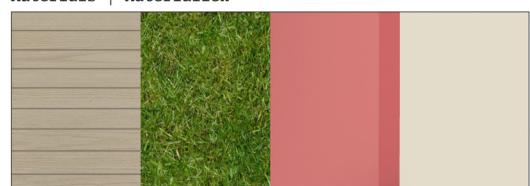
Green | Grün



Furniture | Mobiliar



Materials | Materialien



Shape of the Bridge | Brückendesign



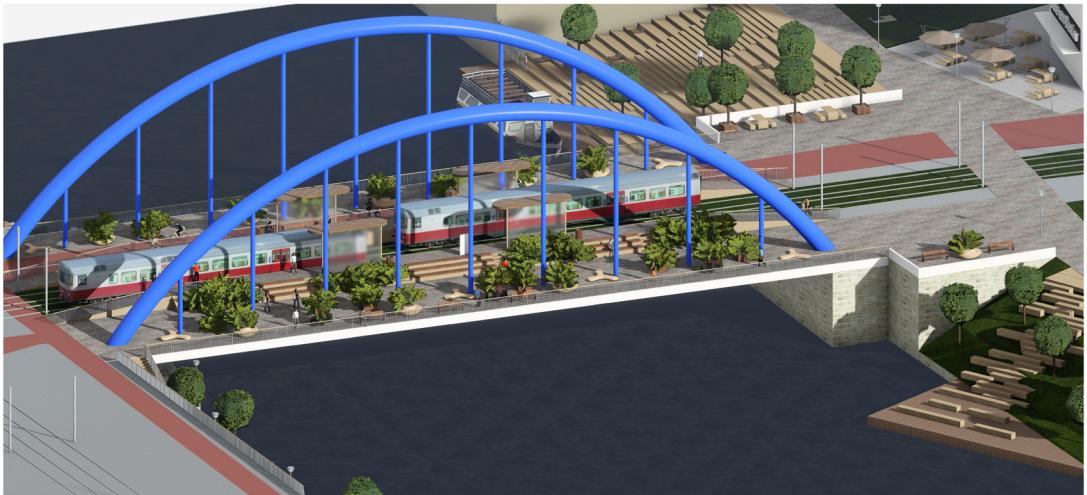
Stop Design | Haltestelle Design



Abb. 85: Bearbeiter\*innen: Lena Tränkel / Lukas Kirchgässner

# URBAN FUTURE HACKATHON ROSENSTEINBRÜCKE

General View | Gesamtansicht



Cross-Section | Querschnitt



Pedestrian and Cycling Traffic | Verkehr



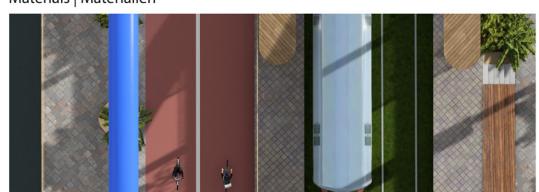
Green | Grün



Furniture | Mobiliar



Materials | Materialien



Shape of the Bridge | Brückendesign



Stop Design | Haltestelle Design



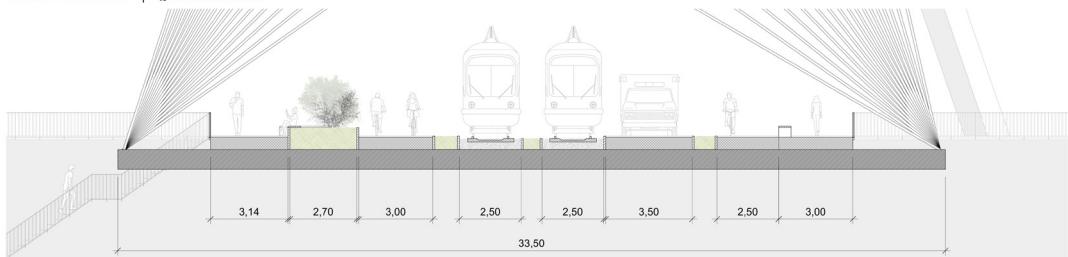
Abb. 86: Bearbeiterinnen: Annika Kornakoswky / Ceren Serifoglu

# URBAN FUTURE HACKATHON ROSENSTEINBRÜCKE

General View | Gesamtansicht



Cross-Section | Querschnitt



Pedestrian and Cycling Traffic | Verkehr



Green | Grün



Furniture | Mobiliar



Materials | Materialien



Shape of the Bridge | Brückendesign



Stop Design | Haltestelle Design



Abb. 87: Bearbeiter: Robin Bentrup / David Tarrago



## 5.3 KARLSRUHE

Die Stadt Karlsruhe wurde 1715 gegründet. Das Karlsruher Schloss diente als Mittelpunkt der strahlenförmigen Anlage. Heute ist Karlsruhe die drittgrößte Stadt Baden-Württembergs und ein attraktiver Ausbildungs- und Studienort.<sup>1</sup> In Karlsruhe gibt es viele Fahrradfahrende: Im Jahr 2018 betrug der Fahrradanteil am Modal Split 30,7%.<sup>2</sup> Darum wird Karlsruhe auch als fahrradfreundliche Stadt gezählt. Die Stadt setzt sich für die Mobilitätswende zur Reduzierung von CO<sub>2</sub> ein. Daher soll auch in Zukunft noch mehr für den Rad- und vor allem für den Fußverkehr gemacht werden (Abb.88). Durch die Umverteilung des Verkehrsraumes soll mehr Aufenthalts- und Lebensqualität in der Innenstadt geschaffen werden. Themen wie Parken, Belieferung, autofreie Innenstadt, Rad- und Fußverkehr werden konkreter angegangen und in naher Zukunft umgesetzt.<sup>3</sup> Im Oktober 2021 stimmte der Karlsruher Gemeinderat für das „Karlsruher Programm für Aktive Mobilität“. Dieses soll Karlsruhe zum Vorreiter in der Mobilitätswende machen und die Förderung des Fuß- und Radverkehrs intensivieren. Unterstützt wird die aktive Mobilität, die das

Gehen und Radfahren umfasst, durch das Leitprojekt „Fahrradstadt Karlsruhe“. Ein großer Schritt zur Umsetzung dieser Pläne war die Realisierung der Kombi-Lösung: Die bisher direkt auf der Einkaufsstraße (Kaiserstraße) verkehrenden Straßenbahnen, wurde in ein Tunnelsystem unterhalb der Innenstadt verlegt (Abb.89). Das zweite Projekt ist ein Straßentunnel, der die Autos schnell und ohne Beeinträchtigung der anderen Verkehrsteilnehmer\*innen durch die Innenstadt leitet.<sup>4</sup> Nach Fertigstellung der Kombi-Lösung wurde mit einer Neugestaltung der Kaiserstraße begonnen, um den Fokus mehr auf den Fuß- und Radverkehr zu lenken.<sup>4</sup> In Karlsruhe wurden viele Technologien zum „emocycling“ erstmals für das Projekt getestet. Einige Ideen als auch die Zusammensetzung einer Testroute mit verschiedenen Führungsformen dienten als „Proof of Concept“ für die Projekte in Stuttgart und Herrenberg.

<sup>1</sup><https://web6.karlsruhe.de/Stadtentwicklung/statistik/pdf/2021/2021-daten-und-fakten.pdf> [Zugriff: 09.01.23]

<sup>2</sup><https://web6.karlsruhe.de/Stadtentwicklung/PDF/2018/2018-Mobilitaetsverhalten.pdf> [Zugriff: 12.06.24]

<sup>3</sup><https://www.karlsruhe.de/mobilitaet-stadtbild/mobilitaet/radverkehr/karlsruher-programm-fuer-aktive-mobilitaet> [Zugriff: 09.01.23]

<sup>4</sup><https://www.vbk.info/service/die-kombilosung.html> [Zugriff: 09.02.23]

<sup>4</sup><https://www.karlsruhe.de/mobilitaet-stadtbild/stadtplanung/staedtebauliche-projekte/oeffentlicher-raum-und-mobilitaet-innenstadt> [Zugriff: 09.01.23]



Abb. 88: Kombilösung 2021: Fahrradstadt Karlsruhe/eigene Aufnahme/28.03.23



Abb. 89: U-Bahn in Karlsruhe /eigene Aufnahme/28.03.23

## TESTROUTE - RADFAHRENDE

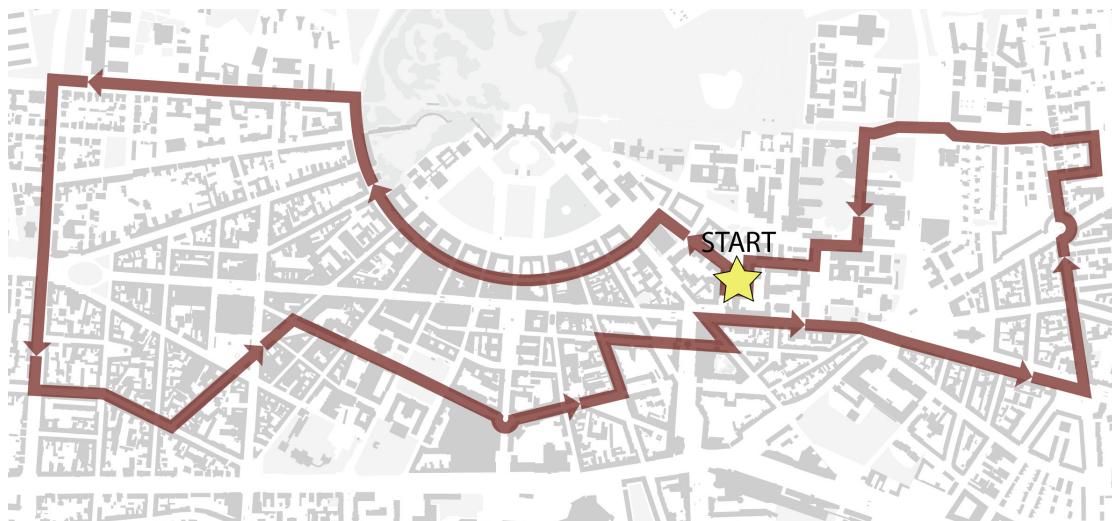
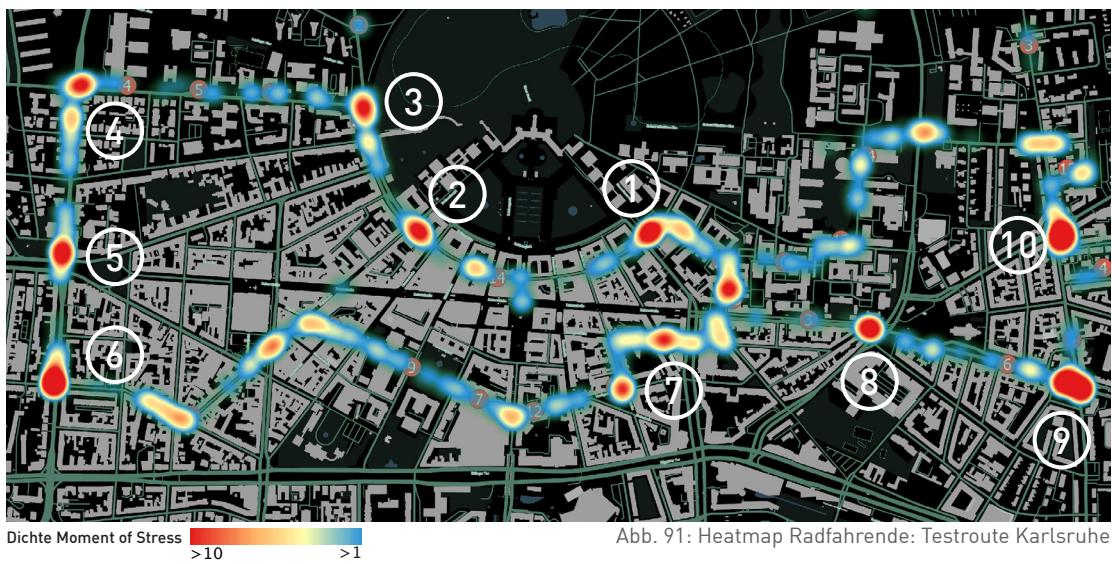


Abb. 90: Testroute Radfahrende: Gebiet Karlsruhe

Der Fokus bei der Route der Testläufe für die Zufußgehenden und Fahrradfahrenden führt an wichtigen städtischen Knotenpunkten im Innenstadtbereich vorbei. An diesen Knotenpunkten treffen Zufußgehende, Radfahrende und der Autoverkehr aufeinander. Die Route wurde so ausgewählt, dass die Proband\*innen verschiedenen Führungsformen durchfahren.

Die beiden Routen für Fahrradfahrer\*innen (Abb. 90) und Fußgänger\*innen (Abb. 92) starten jeweils an der Englerstraße 11. Die Fahrradrouten ver-

läuft über den inneren Zirkel zur Moltkestraße, dann über das Hochschulgelände in die Reinhold-Frank-Straße bis zur Kreuzung Amalienstraße. Von dort führt sie Richtung Innenstadt, entlang der Erbprinzenstraße, am Ettlinger Tor vorbei, geradeaus in die Markgrafenstraße, und dann links in die Adlerstraße rein. Weiter über den Kronenplatz in die Kaiserstraße Richtung Campusgelände. Insgesamt nahmen 17 Proband\*innen an der Testdurchgängen teil.



Messpunkte mit erhöhten Stressdaten:

**1. Waldhornstr. / Zirkel**

Grund: Langes Warten an Ampel, Lärm

**2. Herrenstr. / Zirkel**

Grund: Autos fahren ins Parkhaus

**3. Hans-Thoma-Str. / Moltkestr.**

Grund: Unklare Fahrradführung

**4. Moltkestr. / Rheinhold-Frank-Str.**

Grund: Keine Linksabbiegespur

**5. Rheinhold-Frank-Str. / Stephanienstr.**

Grund: Lärm, große Kreuzung

**6. Rheinhold-Frank-Str. / Sophienstr.**

Grund: Keine Linksabbiegespur

**7. Lidellplatz & Kronenplatz**

Grund: Autoverkehr kreuzt

**8. Durlacher Tor**

Grund: Keine Orientierung, weite Wege

**9. Durlacher-Allee/Georg-Friedrich-Str.**

Grund: schwierige Einordnung in den

Linksabbiegeverkehr

**10. Karl-Wilhelm-Platz**

Grund: schwierige Einordnung in den  
Linksabbiegeverkehr, eng

→ Stress besonders an Kreuzungen, wo keine Verkehrsführung vorgegeben ist

## TESTROUTE - ZUFUSSGEHENDE



Abb. 92: Testroute Zufußgehende: Gebiet Karlsruhe

Auch bei der Testroute für die Zufußgehenden nahmen 17 Proband\*innen teil. Die Route wurde ausgewählt, da sie dieselbe ist, wie die der Testroute der Fahrradfahrenden. Lediglich das Ende der Route der Fußgänger\*innen wurde etwas gekürzt.

Der Start der beiden Routen, für Fahrradfahrer\*innen und Fußgänger\*innen, ist jeweils an der Englerstraße 11. Die Route führt über den inneren Zirkel, weiter in die Moltkestraße. Nach dem Hochschulgelände führt die Route links weiter in die Reinhold-Frank-Straße bis

zur Kreuzung Amalienstraße. Von dort aus geht es wieder Richtung Innenstadt, die Erbprinzenstraße entlang am Ettlinger Tor vorbei und am Kreisverkehr geradeaus in die Markgrafenstraße. Bei der Kreuzung Adlerstraße biegt man links in die Adlerstraße ein und bei der nächsten Kreuzung gelangt man direkt über den Kronenplatz weiter in die Kaiserstraße in Richtung Campusgelände. Die Route für die Zufußgehenden führt über die Rudolf-Plank-Straße zur Engelbert-Arnold-Straße zurück und endet beim Startpunkt.



Abb. 93: Heatmap Zufußgehende: Testroute Karlsruhe

Messpunkte mit erhöhten Stressdaten:

Der Startpunkt wird in der Auswertung nicht berücksichtigt, da durch das Anbringen der Messinstrumente Stress entstehen kann.

#### 1. Waldhornstr. / Zirkel

Grund: Langes Warten an Ampel

#### 2. Moltkestr.

Grund: Baustelle, Verkehrsraum wird von Radfahrern und Fußgehenden gleichzeitig genutzt ohne Abgrenzung

3. Stephanienstr. / Rheinhold-Frank-Str.

Grund: Lärm, große Kreuzung

#### 4. Ludwigsplatz

Grund: Fahrradschnellroute in Kombination mit Einkaufsstraße

#### 5. Erbprinzenstr. / Lammstr.

Grund: Haupteingang Ettlinger Tor, alle Verkehrsteilnehmenden an einem Ort

#### 6. Durlacher Tor

Grund: Keine Orientierung, weite Wege

# TESTROUTEN - RADFAHRENDE / ZUFUSSGEHENDE

Die vorliegende Testroute in Karlsruhe hat sich durch verschiedene Abschlussarbeiten seit 2019 entwickelt und hat sich durch die verschiedenartige Fahrradinfrastrukturen auf der Route als Testroute und als „Hausteststrecke des STQP“ etabliert.

Zum Vergleich sollten in den ersten Testphasen die Zufußgehende dieselbe Strecken nutzen. Diese Testläufe konnten im Rahmen von Seminaren unter Einhaltung der Hygienemaßnahmen sogar während der Covid-Pandemie durchgeführt werden. Fokus war eine erste Untersuchung zu kongruenten Stressplätzen zwischen beiden Verkehrsarten zu finden und potenziell Orte für Konflikte zwischen Zufußgehenden und Radfahrende zu ermitteln. Eine Häufung von Stresssituationen ist nicht festzustellen.

Merk, J. S. (2019).

Vergleich der objektiven Verkehrssicherheit und des subjektiven Verkehrsstress bei Schutzstreifen und Radfahrstreifen im Vergleich zu eigenständigen Radwegen. Fakultät Informationsmanagement und Medien; Stadtquartiersplanung STQP.

Rockenbach, I. (2018).

EmoCycling. Individuelles Sicherheitsempfinden von Radfahrenden in Karlsruhe. STQP IVF.

Rockenbach, I., Zeile, P., & Minster, C. (2019).

EmoCycling -- individuelles Sicherheitsempfinden von Radfahrenden in Karlsruhe. In M. Schrenk, V. v Popovich, P. Zeile, P. Elisei, C. Beyer, & J. Ryser (Eds.), REAL CORP 2019 (pp. 247–256). <https://doi.org/10.5445/IR/1000129288>

Merk, J., Eckard, J., & Zeile, P. (2021). Subjektiven Verkehrsstress objektiv messen - Ein EmoCycling Mixed Methods Ansatz. In M. Schrenk, V. v Popovich, P. Zeile, P. Elisei, C. Beyer, J. Ryser, & G. Stöglehner (Eds.), REAL CORP 2021. CORP - Competence Center of Urban and Regional Planning.

<https://doi.org/10.48494/REAL-CORP2021.9072>



## FOKUSBEREICHE

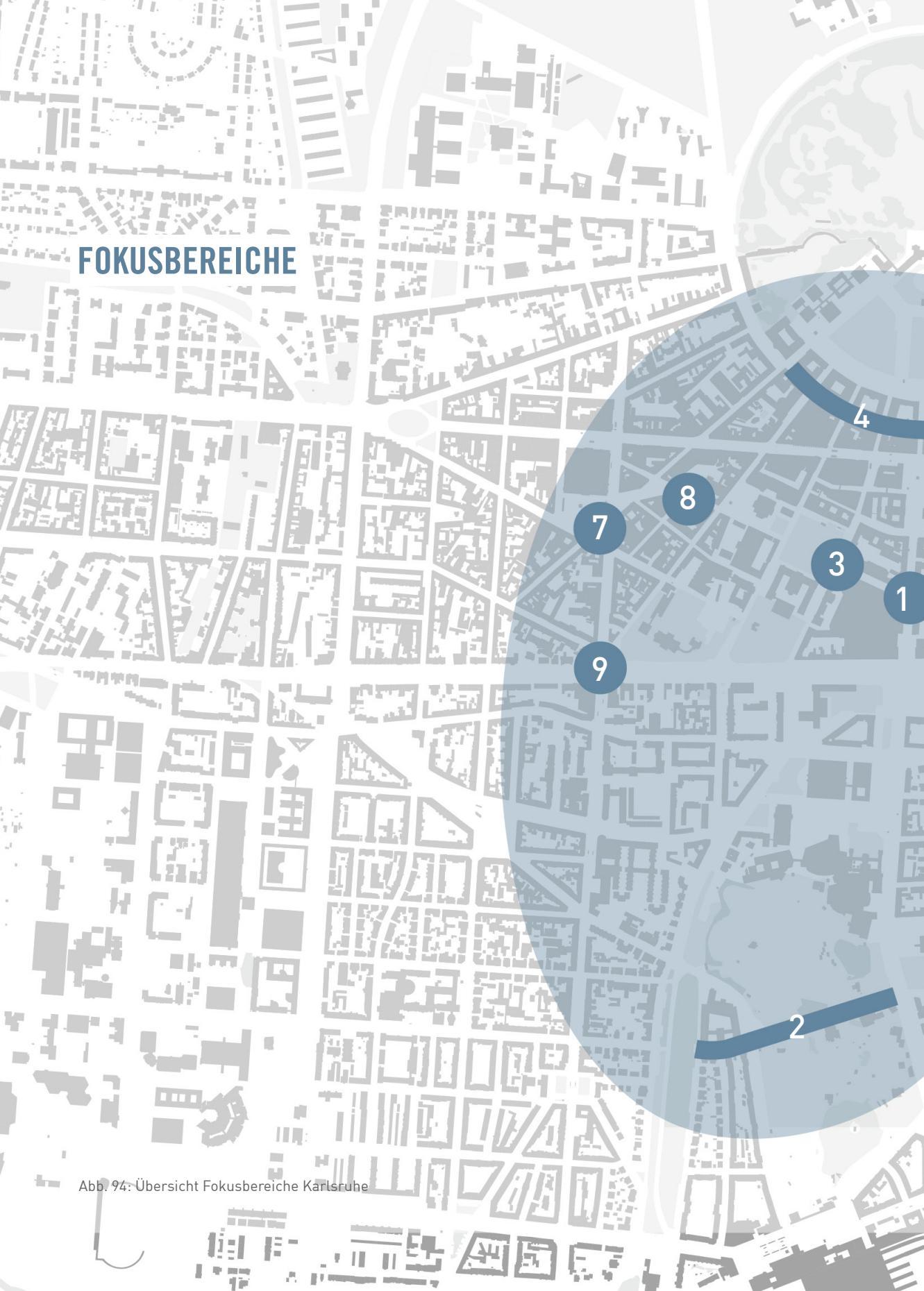


Abb. 94: Übersicht Fokusbereiche Karlsruhe



5



6



Zur Übersichtlichkeit wurden die studentischen Arbeiten gekürzt.  
Über den QR-Code gelangt man zu den vollständigen Ausarbeitungen



# RONDELLPLATZ - KARLSRUHE

Sonja Bauer & Leonhardt Beck



Abb. 95: Schwarzplan Karlsruhe M1:25000

# METHODEN

Der Rondellplatz befindet sich an der Kreuzung der Karl-Friedrich-Straße mit der Erbprinzenstraße und der Markgrafenstraße. Er liegt in der zentralen Hauptachse des Karlsruher Schlosses und ist damit Teil der sogenannten Via Triumphalis. Die Rad- und Fußinfrastruktur ist durch einen gepflasterten Gehweg in Fuß- und Mischverkehr getrennt (s. Abb.96). Die angrenzende Erbprinzenstraße kann als Vergleichswert für die Frequenz von Radfahrenden und Zufußgehenden herangezogen werden. Sie zählt laut Eco-Counter und Hystreet durchschnittlich 18.000 Passanten und 3.000 Fahrradfahrende pro Tag. Am Rondellplatz befindet sich ein Eingang in das markgräfliche Palais sowie einer von mehreren Eingängen in das Einkaufszentrum Ettlinger Tor und das Landesgewerbeamt.

Der Rondellplatz ist ein Knotenpunkt, an dem alle Verkehrsteilnehmer zusammenkommen und unklare Wunschlinien der einzelnen Verkehrsteilnehmer\*innen zu Stress untereinander führt. Unsere ersten Bedenken waren vor allem, dass an den Straßen- ein- und ausgängen die meisten Konfliktpunkte entstehen könnten und der

Stress bei allen Verkehrsteilnehmenden am Rondellplatz generell steigt. Nach der Ideenfindung analysierten wir den Platz anhand eigener Begehungen sowie anderer Recherchen und wollten uns die Verkehrsströme vor Ort nochmal genauer anschauen. Anhand der gewonnenen Eindrücke formulierten wir unsere Forschungsfragen wie folgt:

1. Gibt es konkretes Stadtmobiliar, das die Verkehrssituation verschlechtert ?
2. Wie ist die Stresssituation bei Autofahrenden und inwieweit beeinflussen der\*die Autofahrer\*in die Interaktion zwischen Radfahrenden und Zufußgehenden?
3. Wo gibt es kritische Stellen, die zu einem Unfall führen könnten, und gibt es Lösungsansätze?

Durch Messdaten der Befahrungen und Begehungen konnten wir die Stressmomente der einzelnen Verkehrsteilnehmer\*innen besser einschätzen und verstehen. Nach den Testläufen folgte die Auswertung, um letztendlich ein Fazit aus den gewonnenen Ergebnissen zu ziehen und unsere Forschungsfragen zu beantworten.

## ANALYSE

Knotenpunkt  
unklare Wunschlinien  
Hintereingang  
Ettlinger Tor

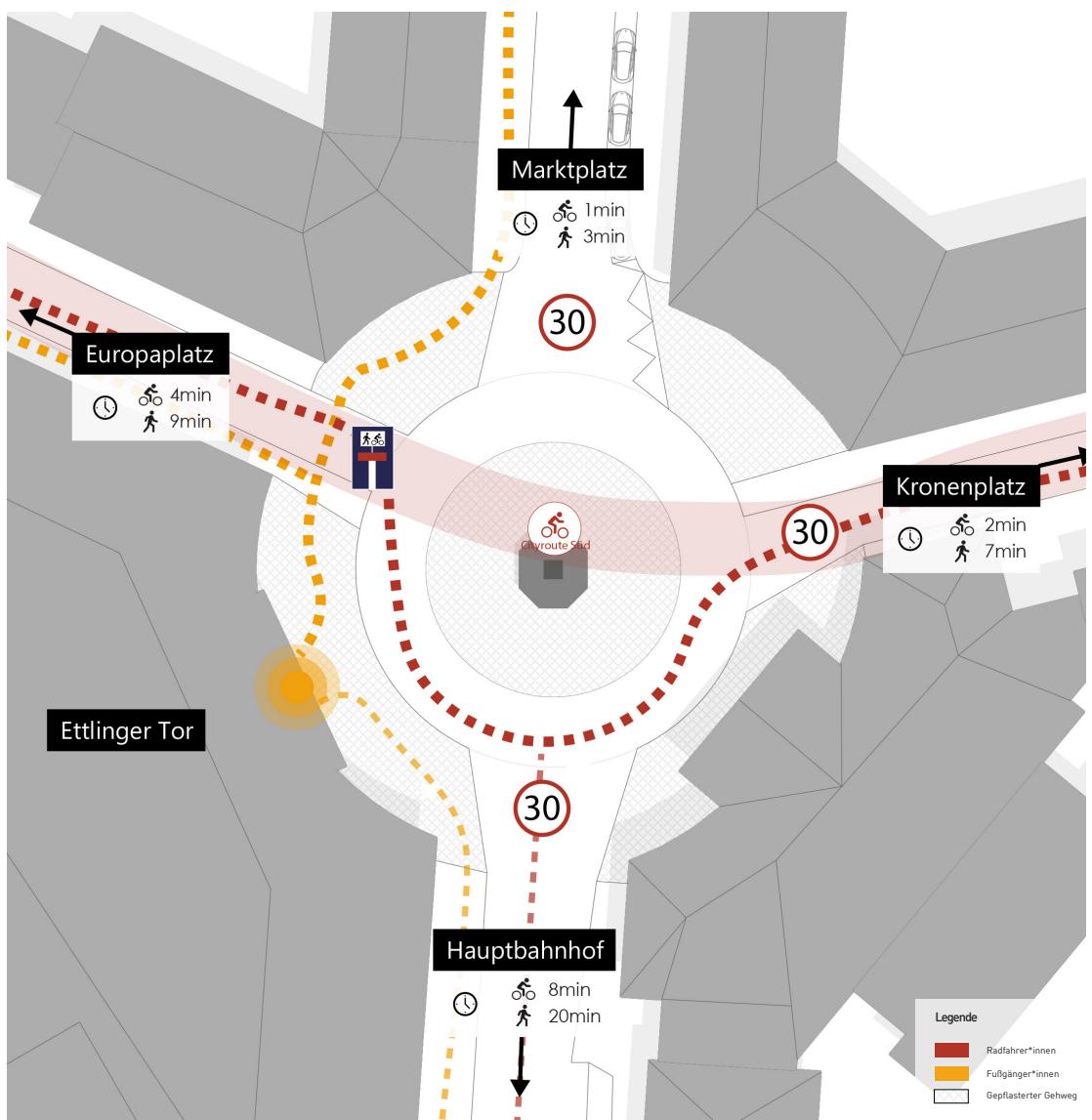


Abb. 96: Analyse Rondellplatz & Entfernungen

## MOMENTAUFNAHMEN



Abb. 97: 23/10/2021 16:45



Abb. 98: 10/01/2022 13:50

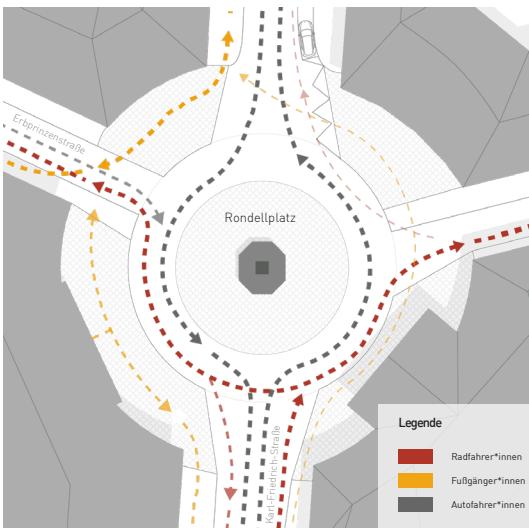


Abb. 99: 10/01/2022 13:49



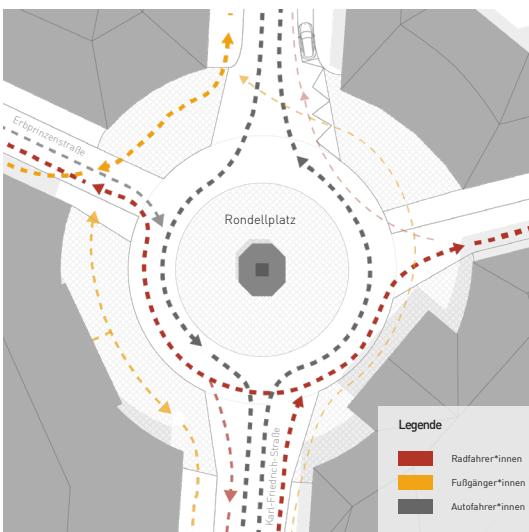
Abb. 100: 10/01/2022 14:10

# VERKEHRSSTRÖME



Fußgänger*innen		470
Radfahrer*innen		360
E-Scooter		6
Motorräder		8
Autos		232
LKWs, Busse		16

in 1h gemessene Verkehrsströme, 10/01/2022 11-12 Uhr



Fußgänger*innen		1105
Radfahrer*innen		696
E-Scooter		9
Motorräder		4
Autos		360
LKWs, Busse		10

in 1h gemessene Verkehrsströme, 16/11/2021 16-17 Uhr

## HEATMAP

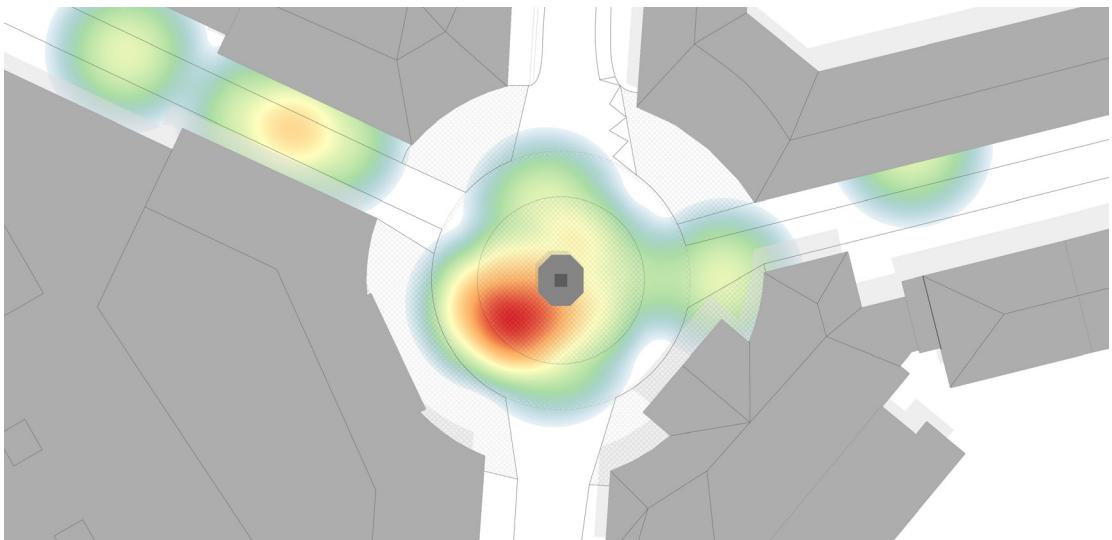


Abb. 104: Radfahrer\*innen gesamt, 25/10/21, 02/11/21, 10/11/21, 24/11/21

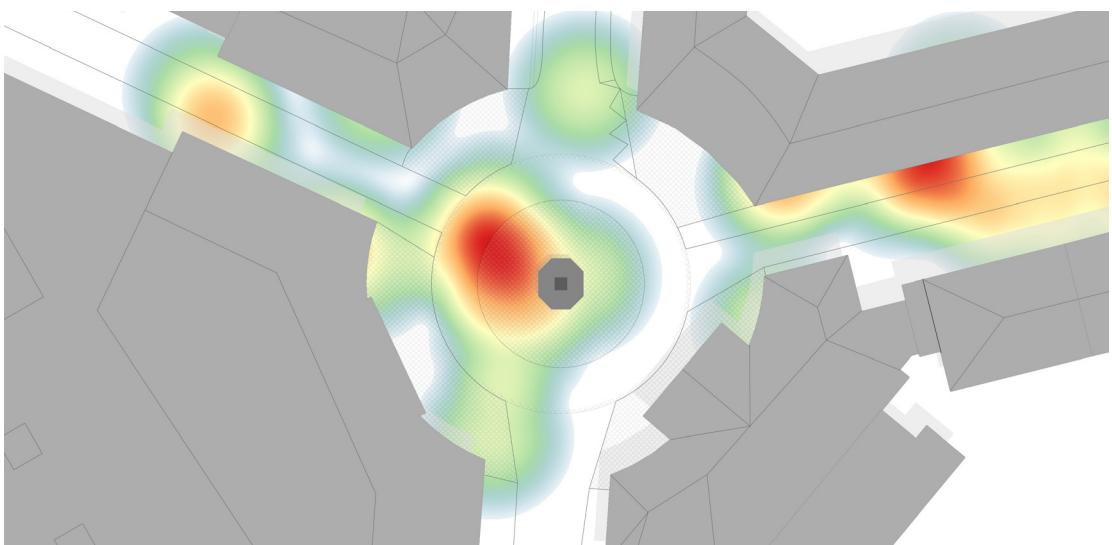


Abb. 103: Fußgänger\*innen gesamt, 15/11/21, 16/11/21, 24/11/21

## RADFAHRENDE GESAMT

Im Vergleich traten bei den Zufußgehenden am und um den Rondellplatz insgesamt weniger Stresssituationen als bei den Radfahrenden auf. Es kam in der Erbprinzenstraße vor dem Einfahren in den Kreisverkehr bereits zu Stress. Bei den Radfahrenden liegt dies daran, dass sich viele Fußgänger\*innen in der Straße wegen des Einkaufszentrums aufhalten, welche die Wege der Radfahrenden kreuzen können. Am Rondellplatz selbst kann der Radfahrende aufgrund des Kreisverkehrs nur nach rechts einbiegen, weshalb es durch die vorgegebene Route ausschließlich im unteren Teil des Kreisverkehrs, vor der Einbiegung der Karl-Friedrich-Straße, zu Stress kommt. Diese hohe Anzahl von Stressmomenten lässt sich durch die Vorsicht vor einbiegenden Autos und anderen Radfahrenden erklären. Beim Ausfahren in die Markgrafenstraße kommt es nochmals zu wenigen Stressmomenten, was sich durch überquerende Fußgänger\*innen an dieser Stelle begründen lässt. Im weiteren Teil der Markgrafenstraße kam es im untersuchten Ausschnitt zu keinen nennenswerten Stresssituationen.

## ZUFUSSGEHENDE GESAMT

Auf dieser Heatmap lässt sich erkennen, dass es im Rondellplatz selbst eine größere Ansammlung von Stressmomenten (MOS) gibt. Um dies zu verstehen, gilt es zunächst einmal zu betrachten, welchen Weg die Leute gelaufen sind. Eine Mehrzahl der Personen wählte den direkten Weg über den mittleren Platz. Die übrigen Personen haben den etwas längeren Weg, entweder über die obere oder untere Karl-Friedrich-Straße, genommen. Dabei kam es bei der oberen beziehungsweise unteren Überquerung zu kurzen Stressmomenten vor der Überquerung der einmündenden Straßen. Die direkte Überquerung des Kreisverkehrs vom Eckpunkt der Erbprinzenstraße sorgte bei den Teilnehmenden jedoch für den größten Stressfaktor. An dieser Stelle müssen die Fußgänger\*innen nicht nur den Verkehr des Kreisverkehrs beobachten, sondern auch den aus der eintreffenden Erbprinzenstraße. Die folgende Überquerung in Richtung Markgrafenstraße ist jedoch meist stressfrei, da der Verkehr aus nur noch einer Richtung kommen kann.

# AUSWERTUNG

## SICHTACHSEN

Auch wenn die Straßen nicht jeweils 90 Grad voneinander einmünden, so bieten sie dennoch die Möglichkeit einander gut einzusehen. Diese Übersichtlichkeit wird durch den breiten Fußweg vor den Häusern weiter gesteigert. Durch ihn kann man schon beim Anfahren an den Kreisverkehr vorzeitig die Verkehrssituation überblicken.

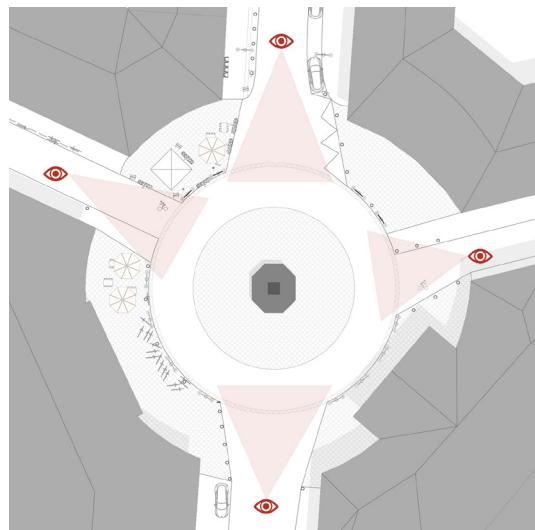


Abb. 105: Sichtachsen

## BODENBELAG

Am Rondellplatz wurden grundsätzlich zwei verschiedene Bodenbeläge verwendet. Einer davon ist Pflasterstein, welcher die Fußgängerzonen ausbildet. Die Fahrbahnen für Auto- und Radfahrende hingegen bestehen aus asphaltierten Straßen. Alle verwendeten Bodenbeläge sind auf der gleichen Höhe. Es gibt daher keine Bordsteine oder Ähnliches am Platz. Die unterschiedlichen Bodenbeläge sorgen für eine Trennung der Fußgänger\*innen von den Rad- und Autofahrenden.

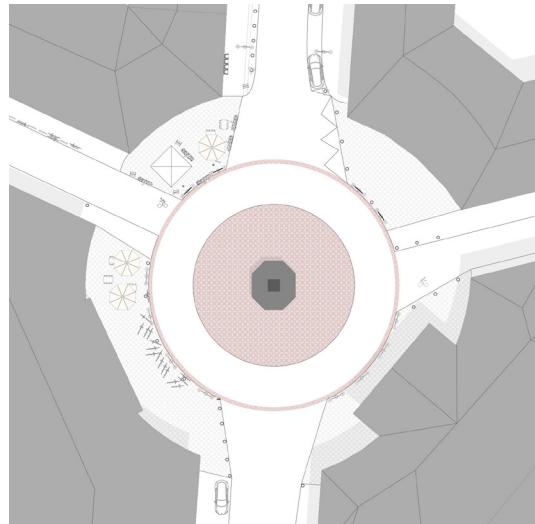


Abb. 106: Bodenbelag

## MOBILIAR

Das Stadtmöbel am Rondellplatz ist sehr übersichtlich. An der Einfahrt in die Markgrafenstraße und an den beiden Einfahrten in die Karl-Friedrich-Straße sind Metall-Poller platziert, um die Bereiche für die Zufußgehenden von Autos zu trennen. Am Eck zwischen nördlicher Karl-Friedrich-Straße und Erbprinzenstraße ebenso wie vor dem Eingang des Ettlinger Tors sind mehrere große Blumenkübel platziert. Sie führen zu leichten Sichtbeeinträchtigungen.

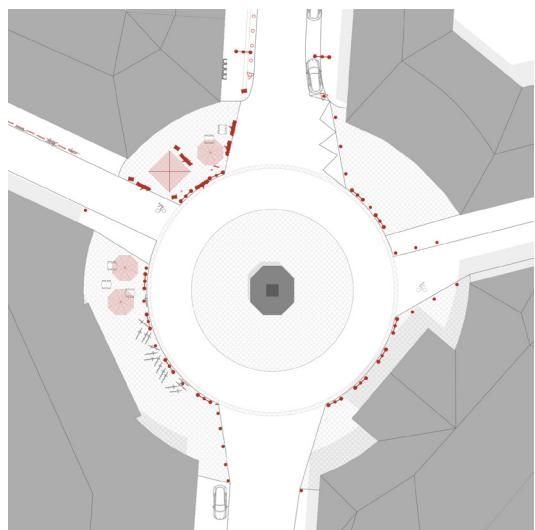


Abb. 107: Mobiliar

## ERGÄNZUNGEN

Einer der wenigen Vorschläge wäre, den Belag der Ein-/Ausfahrten der vier einmündenden Straßen zu verändern. Die bisherigen geteerten Einfahrten sollen nun durch einen Pflasterstein ersetzt werden. Durch diese Änderungsmaßnahme sollen primär optisch Übergänge für die Fußgänger\*innen und für die anderen Verkehrsteilnehmenden geschaffen werden. Es entsteht ein optisch durchgehender Fußgängerbereich als gepflasterter Ring um den asphaltierten Verkehrsring.

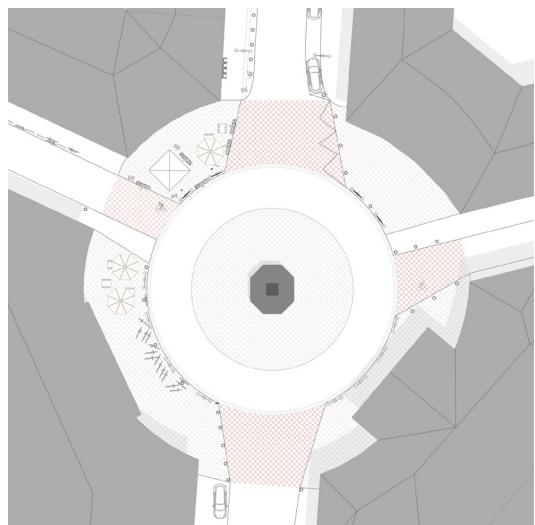


Abb. 108: Ergänzungen

## FAZIT

Mit der Zahl von durchschnittlich nur 2,5 Unfällen mit Verletzten pro Jahr bei teils über 2000 Verkehrsteilnehmer\*innen pro Stunde kann man im Fall des Rondellplatzes von einem verkehrstechnisch gelungen und sicheren Ort sprechen. Die im Kreisverkehr auftretenden Stressmomente der Auto- und Radfahrenden dienen dem natürlichen Aufmerksamkeitsinstinkt an Kreuzungssituationen.

Sie werden also nicht durch Konfliktsituationen zwischen den Verkehrsteilnehmenden erzeugt. Zwischen Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen beziehungsweise Autofahrer\*innen treten Stressmomente fast nur an den Ein- und Ausfahrten des Kreisverkehrs auf. Hier überqueren viele Zufußgehende die Straße bzw. laufen im Fall der Erbprinzen- und Markgrafenstraße auch auf dieser.

Bei unserem Versuch hatte weder der Auto-, Fahrradfahrende oder Zufußgehende Stress am Rondellplatz selbst. Dieser trat lediglich in den einmündenden Straßen auf. Diese Erkenntnis deckt sich auch mit unseren eigenen Wahr-

nehmungen, die wir bei dem Befahren, bzw. Begehen des Rondellplatzes hatten. Es ist im Großen und Ganzen ein verkehrstechnisch stressfreier Ort.

Alles in allem ist der Rondellplatz ein positives Beispiel eines Verkehrsknotenpunkts in der Karlsruher Innenstadt.





# ZOOBRÜCKE - KARLSRUHE

Pia Zipf & Louisa Pape



Abb. 109: Schwarzplan Karlsruhe M1:25000



# METHODEN

Bei dem Untersuchungsort „Zoobrücke“ handelt es sich um die Brücke, welche von der Bahnhofsstraße im Westen über den Zoo zur Ettlingerstraße im Osten führt und nicht um die Brücke, die durch den Zoo führt. Besonders hierbei ist, dass die Brücke ausschließlich für den öffentlichen Fuß- und Radverkehr genutzt wird und nicht für Autos befahrbar ist.

Da sich die Untersuchungen des Forschungsseminars „Radfahren und Zufußgehen auf virtuellen und realen Flächen | Cape Reviso“ ausschließlich auf den Fuß- und Fahrradverkehr konzentrieren, bietet dieser Standort ideale Rahmenbedingungen.

Vor allem an sonnigen Wochenenden und Feiertagen wird die Brücke zum beliebten Ausflugsziel für Familien mit Kindern. Von dort kann man insbesondere das nahegelegene Elefantengehege aus einer neuen Perspektive wahrnehmen. Ablenkung durch das Zooerlebnis und unterschiedliche Geschwindigkeiten der Brückennutzer\*innen führen hierbei schnell zu unübersichtlichen und unstrukturierten Situationen, die Stress auslösen.

Unser Ziel war es, Konfliktpunkte auszumachen und mögliche Lösungsansätze vorzuschlagen.

Nach einer ersten Annahme, dass das hohe Verkehrsaufkommen des Fuß- und Radverkehrs auch zu einen hohen Konflikt- und Unfallpotenzial führen müsse, definierten wir dazu verschiedene Betrachtungsräume und analysierten diese mittels Nutzendenzählungen, schematischen Skizzen, Beobachtungen, Stresstests und Fragebögen.

Im Laufe der Betrachtungsphasen „östliches Brückenende, Brückenzentrum und der Einbettung der Zoobrücke in Gesamtkontext“ formulierten wir unsere Forschungsfragen wie folgt:

Warum funktioniert die Brücken- und Unterführungssituation? Warum kommt es kaum zu Unfällen?  
Stellt die Zoobrücke für Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen gleichermaßen eine Stresssituation dar?  
Gibt es Möglichkeiten oder Eingriffe, die die Situation beziehungsweise die Wegführung verbessern würden?

# BETRACHTUNGSRÄUME

Vorgehensweise  
Zoom-In Brückenende  
Ost & Brückenzentrum  
Zoom-Out:  
Zoobrücke im städti-  
schen Gesamtbild

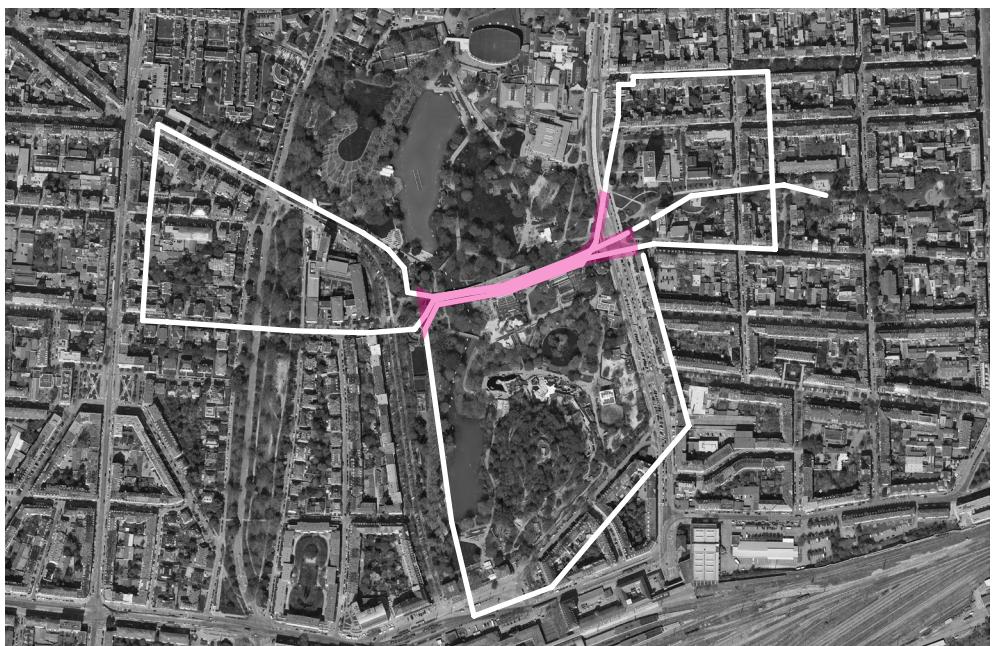


Abb. 110: Betrachtungsraum Zoobrücke Karlsruhe  
Zoom-In Brückenende Ost und Brückenzentrum / Zoom-Out im städtische Gesamtbild

# ZOOM-IN METHODIK

## ÖSTLICHES BRÜCKENENDE/UNTERFÜHRUNG

Zählung: Freitag Morgen



Zeitraffer  
Ortserfassung durch Fotos



Nutzendenerzählungen  
Fahrrad/ Zu Fuß



Schematische Skizze  
Wegführungen/ Konzentration

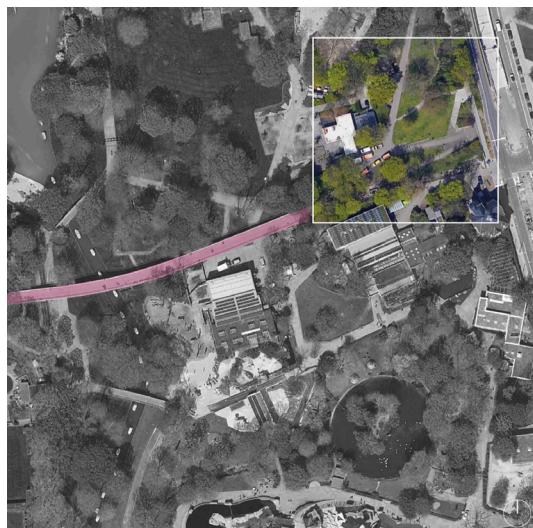


Abb. 111: Betrachtungsraum 1, evtl. Unfallstellen

## BRÜCKENZENTRUM/ELEFANTENGEHEGE

Zählung: Sonntag Nachmittag



Zeitraffer  
Ortserfassung durch Fotos



Nutzendenerzählungen  
Fahrrad/ Zu Fuß



Schematische Skizze  
Wegführungen/ Konzentration



Vergleich mit Betrachtungs-  
raum 1



Abb. 112: Betrachtungsraum 2, evtl. Unfallstellen

# VERGLEICH/ FORSCHUNGSFRAGE 1

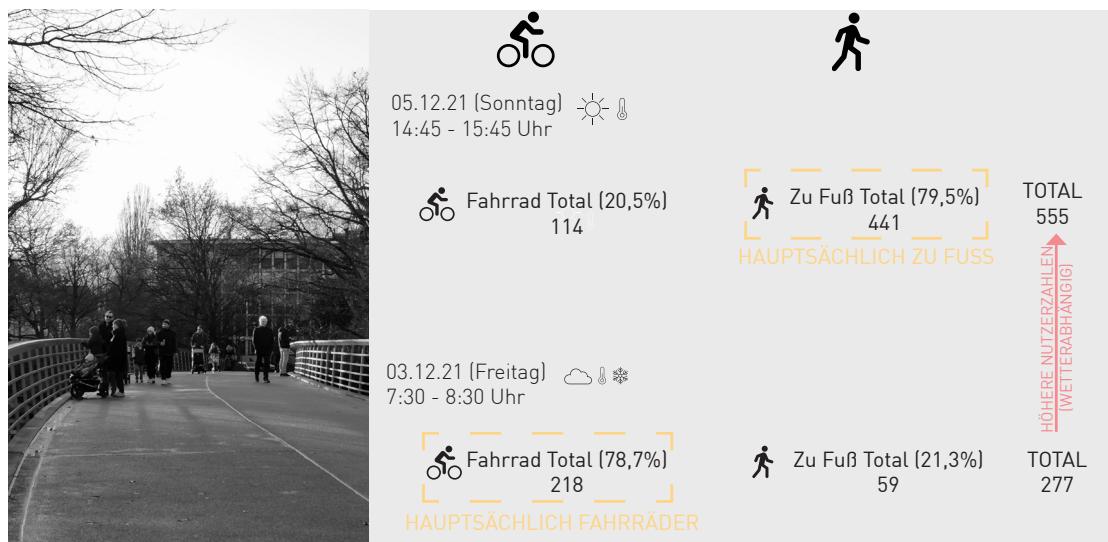


Abb. 113: 5.12.21 (Sonntag) 14:45-15:45 Uhr

Beim Vergleich der beiden Nutzenerzählungen kann man einen eindeutigen Unterschied der Anzahl der Verkehrsteilnehmer wahrnehmen.

Während man zu Hauptverkehrszeiten des Berufsverkehrs mehr Fahrradfahrer\*innen zählen konnte, war die Zahl der Fußgänger\*innen an einem schönen Tag am Wochenende deutlich höher. Allgemein wurde festgestellt, dass die Anzahl der Nutzer\*innen auf der Zoobrücke wetterabhängig ist. Diese Feststellungen helfen bei der Beantwortung der Forschungsfrage 1: Warum

funktioniert die Brücken- und Unterführungssituation? Warum kommt es kaum zu Unfällen? Die Art der Nutzung der Zoobrücke ist stark davon abhängig, wann und aus welchem Grund sie genutzt wird. Zu den Berufsverkehrszeiten sind hauptsächlich Radfahrer\*innen mit einem relativ hohen Tempo unterwegs. Im Gegensatz dazu ist an Wochenenden, Feiertagen und mittags die Anzahl von Fußgänger\*innen deutlich höher. Die Personen, die zu diesen Zeiten mit dem Fahrrad unterwegs sind, passen sich an das langsamere Tempo an.

# ZOOM-OUT METHODIK

## ÖSTLICHES BRÜCKENENDE/UNTERFÜHRUNG

-  Unfallstellen im Raum Zoobrücke  
Unfallatlas 2016-2020
-  Testfahrten-/ läufe  
Fahrrad/ Zu Fuß
-  Stressmessungen  
Video-Aufzeichnungen
-  Fragebogen  
Eigeneinschätzung

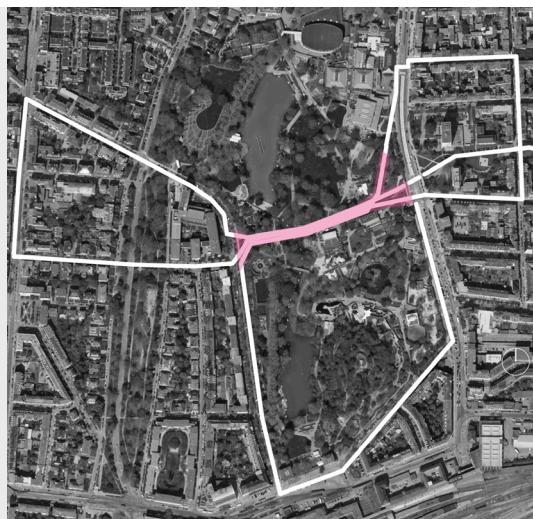


Abb. 114: Betrachtungsraum 3, Thesen überprüfen

## TESTFAHRTEN-/LÄUFE

Mithilfe von Testläufen und -fahrten soll das Wohlbefinden der Testpersonen besonders beim Überqueren der Brücke im Fokus stehen und aufzeigen, wie stressig die Zoobrücke im Vergleich zu anderen Kreuzungen und stark befahrenen Straßen wahrgenommen wird. An unserem Testlauf haben sich fünf Teilnehmerinnen beteiligt und sich an einem kalten, nebeligen Dienstagvormittag auf die vorgegebenen Routen zu Fuß und anschließend per Fahrrad gemacht. Aus Zeit- und Personenmangel

konnten leider nicht mehr Ergebnisse von Proband\*innen ausgewertet werden, weshalb die folgenden Schlussfolgerungen leider noch nicht als aussagekräftig angesehen werden können. Die Route (siehe Abbildungen 115, 116) der Fahrradfahrenden als auch Fußgänger\*innen ist dabei ähnlich aufgebaut und sieht eine dreifache Kreuzung der Zoobrücke vor.

## ROUTE TESTLAUF

Die Route beginnt östlich der Ettlinger Straße in der Parkanlage und erreicht die Zoobrücke nachdem die Unterführung passiert wurde. Nach einer westlichen Schlaufe entlang der stark befahrenen Karlstraße bzw. Bahnhofsparkanlage (rot) wird die Zooanlage erneut überquert. Sobald die Ettlinger Straße gekreuzt wurde, endet der Bogen (lila) durch die Südstadt am Exotenhaus. Das letzte Drittel der Strecke (blau) umkreist den südlichen Teil des Zoos, nachdem ein letztes Mal die Nutzung der Brücke von Ost nach West durchlaufen wurde und der/die Radfahrende bzw. Fußgänger\*in wieder am Startpunkt des Testlaufs ankommt.

Die Auswertung der Testläufe /-fahrten soll im Folgenden außerdem bei der Beantwortung der dritten Forschungsfrage weiterhelfen:

Stellt die Zoobrücke für Fußgänger\*innen und Radfahrer\*innen gleichermaßen eine Stresssituation dar?

Zur genaueren Analyse der Fahrtrichtungen / Abbiegesituationen und besseren Vergleichbarkeit der Stresspunkte haben wir uns für eine Aufsplittung in die drei farblich markierten Streckenabschnitte entschieden.

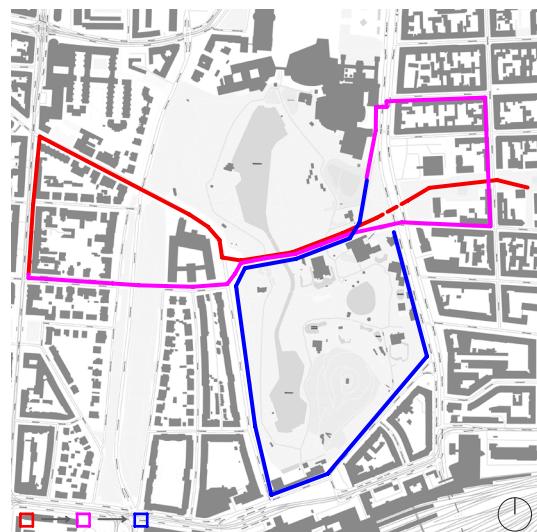


Abb. 115: Route Fahrrad

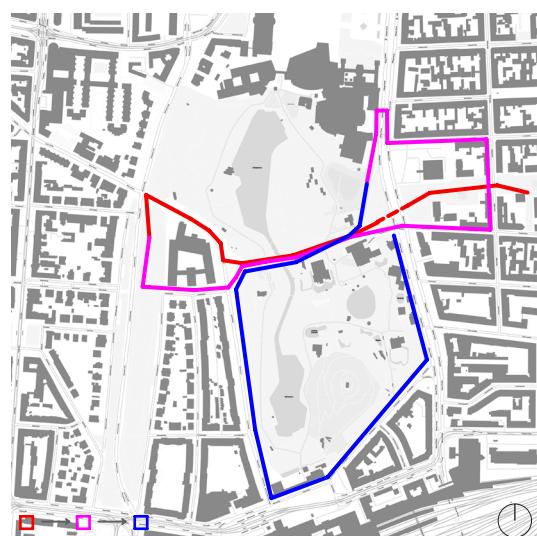


Abb. 116: Route zu Fuß

## VERGLEICH ABSCHNITTE

ABSCHNITT 1



Abb. 117: Heat Map, Abschnitt 1, Fahrrad

ABSCHNITT 2



Abb. 118: Heat Map, Abschnitt 2, Fahrrad

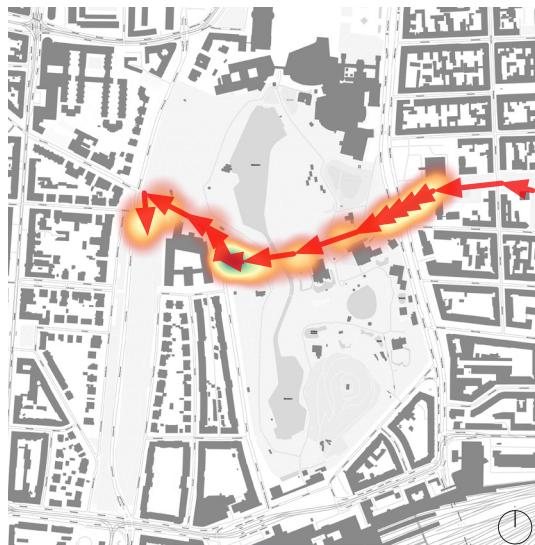


Abb. 119: Heat Map, Abschnitt 1, Zu Fuß

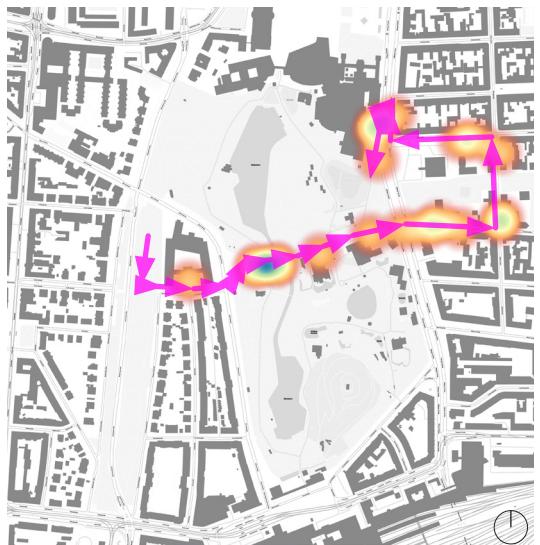
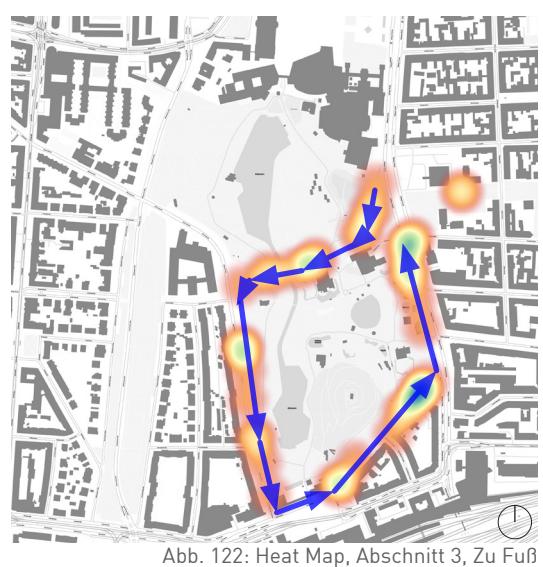
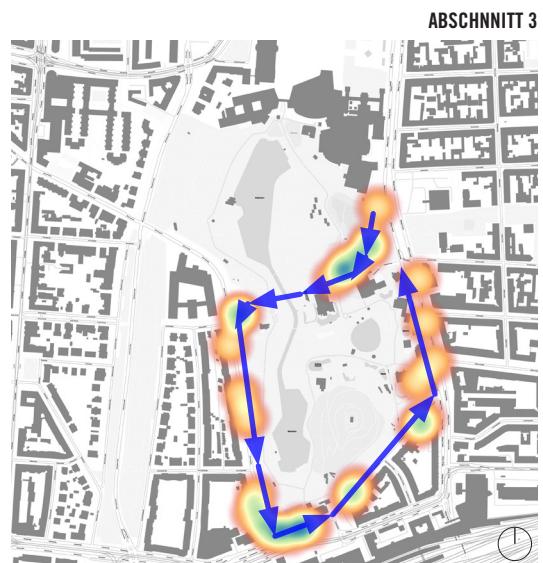


Abb. 120: Heat Map, Abschnitt 2, Zu Fuß

## FORSCHUNGSFRAGE 2

Vor allem von den Fahrradfahrenden wird der Anstieg bis hin zum Zentrum der Brücke als Stressauslöser wahrgenommen. Diese Reaktion ist bei der Auswertung der Fahrradfahrten bspw. deutlich bei Abschnitt 3 zu erkennen. Das Tempo fällt bergaufwärts und schnelles Ausweichen ist kaum möglich. Entgegenkommende schnelle Fahrradfahrende werden besonders hier als Hindernis wahrgenommen. Die Konzentrationspunkte liegen in einigen Fällen aber nicht in unmittelbarer Zoo-brückennähe (s. Kreuzung Karlstraße), da unübersichtliche Kreuzungen, Lärm und viel befahrene Straßen im Umkreis für den Radfahrenden als sehr stressig wahrgenommen werden. Die Heat Maps der Spaziergänge sowie unsere Selbst-einschätzung legen dar, dass Zufußge-hende die Route deutlich gestresster durchlaufen. Fußgänger\* innen müssen auf der Brücke oftmals ihre „Wunsch-linie“ zum Ausweichen verlassen und generell sehr aufmerksam bleiben. Die Stresskonzentration erstreckt sich bei-nahe über die gesamte Brückenlänge mit einer stärkeren Ausbildung an bei-den Brückenenden (unabhängig von der Bewegungsrichtung).



## FORSCHUNGSFRAGE 3/ FAZIT

Um zu sehen, inwiefern die Selbstschätzungen der Testläufer\*innen mit den registrierten Stresspunkten während der Spaziergänge und Radfahrten übereinstimmen bzw. um möglicherweise neue Erkenntnisse zu erlangen, wurde ein kurzer Fragebogen von uns erstellt. Dabei wurde deutlich, dass sich die Testpersonen grundsätzlich sicher beim Passieren der Brücke fühlen und dass die potenzielle Kollisionsgefahr an den Brückenenden verortet wurden. Auch unsere dritte Forschungsfrage „Gibt es Möglichkeiten/ Eingriffe, die die Situation/ Wegführung verbessern würden?“ Wurde mit sehr ähnlichen Lösungsansätzen beantwortet. Eine farbliche Hervorhebung/ klare Markierung der vorgesehenen Wege für Spazierende und Radfahrende würde laut Einschätzung der Testpersonen die Nutzungs-freundlichkeit der Brücke steigern. Das Brückenende Ost/ Unterführung bzw. unsere Zählung zeigen, dass den Nutzer\*innen der Zoobrücke nicht bewusst ist, welche Wege ausschließlich für die Nutzung zu Fuß und per Rad angedacht sind. Eine klare farbliche Wegführung würde kurzfristige, unvorhersehbare Richtungsänderungen reduzieren und

außerdem ermöglichen, dass vor allem die Spaziergänger\*innen auf dem „Fußgängerstreifen“ gemütlich, ungestört von schnell Fahrradfahrenden die Brücke überqueren können. Die Breite der Zoobrücke lässt eine konkrete Wegeinteilung zunächst überflüssig erscheinen, jedoch zeigte sich, dass zu viel Auswahl bei der individuellen Wegführung für sehr viel Verunsicherung, Durcheinander (v.a. an sonnigen Wochenenden) und Stress bei allen Beteiligten führen kann. Ähnlich wie bei den Testläufen/ fahrten muss der Fragebogen mit mehr Proband\*innen durchgeführt werden, um eindeutige Ergebnisse auszuwerten bzw. Annahmen zu bestätigen. Hierfür erscheint es sehr spannend auch direkt die „Brückennutzer\*innen“ zu befragen.

Zusammenfassend können wir dennoch sagen, dass wir die Situation der Zoobrücke als relativ unproblematisch einstufen und tendenziell eher die Brückenenden/ Anschlüsse an das umgebende Wegenetz als unübersichtlich wahrnehmen. Die hohe Nutzendenzahl zeigt, dass die Zoobrücke ein beliebtes Ausflugsziel bei den Karlsruher Bürger\*innen ist.





# KREUZUNG LAMMSTRASSE/ ERBPRINZENSTRASSE - KARLSRUHE

Maja Jovanovic & Luisa Weber



Abb. 123: Schwarzplan Karlsruhe M1:25000

# METHODEN

Die Kreuzung Lammstraße-Erbprinzenstraße ist durch die Verbindung von besonders belebten Orten in Karlsruhe gekennzeichnet. Die Lammstraße führt im Norden zum Schlossplatz und im Süden zur Kriegsstraße, während die Erbprinzenstraße den Ludwigsplatz westlich der Kreuzung erschließt. Dieser ist durch die vielen Cafés, Restaurants und Einkaufsmöglichkeiten geprägt.

Bei der Erzprinzenstraße handelt es sich um eine bevorrechtigte Fahrradstraße mit Durchfahrsterlaubnis für den KfZ Verkehr. Die Lammstraße ist eine Tempo 30-Zone mit Mischverkehr. Sowohl die Erzprinzenstraße, als auch die Lammstraße sind mit einem Gehweg ausgestattet (s. Abb. 125 / 126).

Aus diesem Anlass haben wir uns im Rahmen der Seminararbeit mit der Analyse dieser Kreuzung beschäftigt.

Bevor wir eine konkrete Forschungsfrage aufstellen konnten, haben wir die Kreuzung mit Hilfe verschiedener Methodiken analysiert. Neben der Beobachtung der Weglinien der Verkehrsteilnehmer\*innen und der Zählung von

Zufußgehenden, Fahrrädern und Autos, haben wir die Kreuzung durch das Erstellen von Karten in ihren Bestand analysiert. Anhand dieser Analysen haben wir uns im Laufe der Forschung mit folgender Frage auseinandergesetzt: „Wie wirken sich die Faktoren der Kreuzung auf die Verkehrsteilnehmer\*innen aus?“

Durch die Analyse des Platzes haben wir folgende Faktoren festgelegt, die im Anschluss durch Videoaufnahmen im Detail untersucht wurden:

- Vorfahrtssituation
- Belebtheit
- Engstellen
- Wunschlinien

Nach der Auswertung der Videos wurde die Forschungsfrage, bezogen auf die einzelnen Faktoren, beantwortet. Zudem wurden die einzelnen Faktoren in die beiden Kategorien „positive Beeinflussung“ und „negative Beeinflussung“ eingeteilt und bei letzterer nach möglichen Lösungsvorschlägen gesucht.

## ANALYSE

Die Erbprinzenstraße ist Teil der Fahrradstraße „City Route Süd“ und ist an der Kreuzung zur Lammstraße als Vorfahrtsstraße gekennzeichnet.

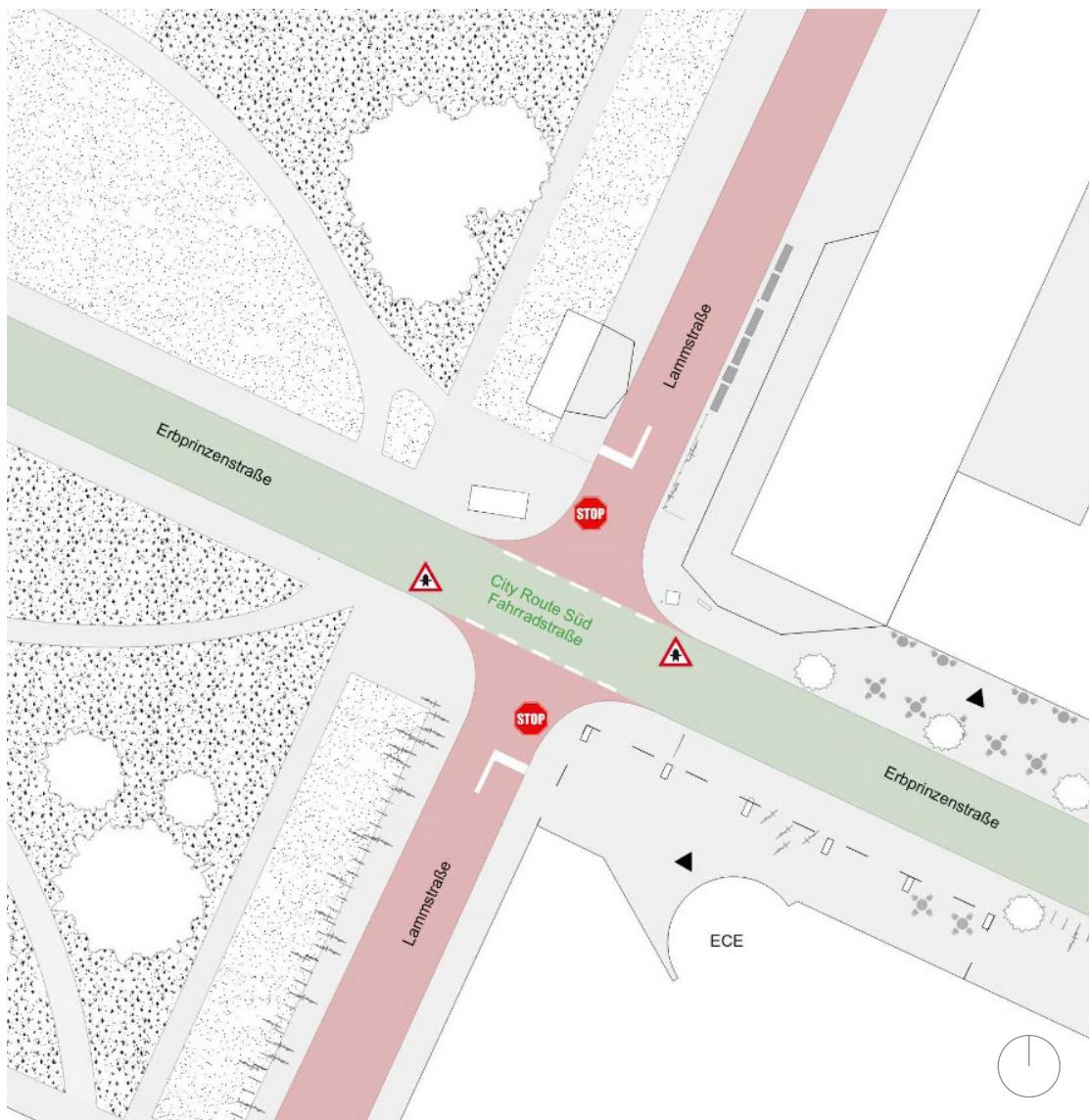


Abb. 124: Analyse Vorfahrtssituation

# VORFAHRTSSITUATION

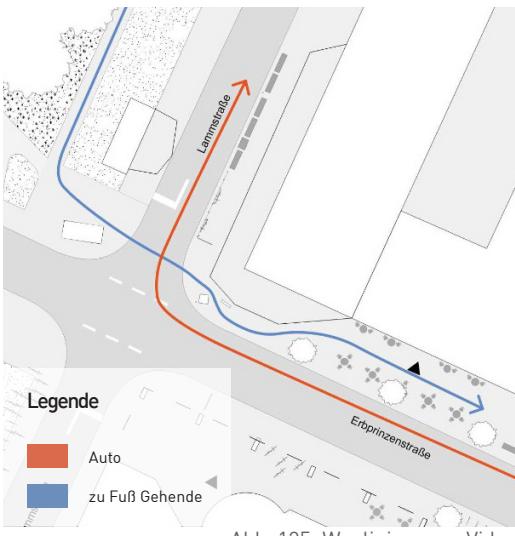


Abb. 125: Weglinien zum Video

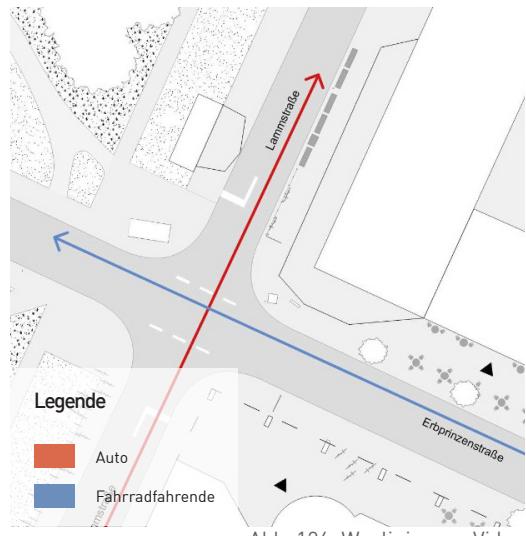


Abb. 126: Weglinie zum Video

## KREUZUNG-FAZIT

Die Verkehrsregelungen der Kreuzung werden größtenteils beachtet, da die Vorfahrtssituation durch die Beschilderung und Straßenmarkierung gut sichtbar und deutlich geregelt ist. Dennoch entstehen durch unachtsames Verhalten einiger Verkehrsteilnehmer\*innen gelegentlich gefährliche Situationen. Das Fehlverhalten ist somit auf Unachtsamkeit zurückzuführen und nicht auf unverständliche Verkehrsregelungen.

## **FAZIT FAHRADVERKHR**

Radfahrer\*innen nutzen den Fußgängerweg häufig als Verlängerung der Fahrradstraße, was zu einer unübersichtlichen Vorfahrtssituation an der Kreuzung führt. Durch schlecht erkennbare Wegeführung werden die Verkehrsteilnehmer\*innen negativ beeinflusst. Um dem entgegenzuwirken könnte der Weg durch deutlichere, farbliche Markierungen und eine bessere Ausschilderung als Fahrradstraße kenntlich gemacht werden.

## BELEBTHEIT/ZÄHLUNG

Während Richtung Norden die zu Fuß Gehenden die Mehrheit ausmachen, sind es Richtung Süden die Autos.



Abb. 127: Lammstraße Richtung Norden/eigenes Foto



Abb. 128: Lammstraße Richtung Süden/eigenes Foto

### Lammstraße Richtung Norden

07.12.2021 ~15.00 Uhr

Autos:	34/h
Fahrräder:	128/h
Zufußgehende:	480/h

### Lammstraße Richtung Süden

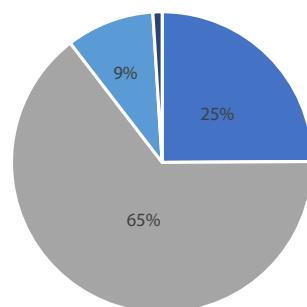
07.12.2021 ~15.00 Uhr

Autos:	25/h
Fahrräder:	154/h
Zufußgehende:	77/h

### Lammstraße / Erzprinzenstraße

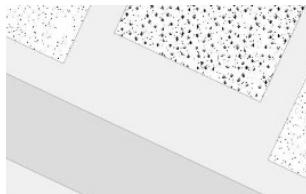
07.12.2021 16.00 Uhr - 17.00 Uhr

Autos:	181/h
Fahrräder:	477/h
Zufußgehende:	1238/h
Sonstiges:	19/h



■ Fahrräder ■ zu Fuß Gehende ■ Autos ■ Sonstiges

### 3. ENGSTELLEN



Erbprinzenstraße

Lammstraße



ECE



Bild 4

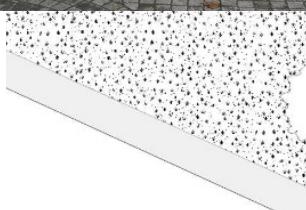


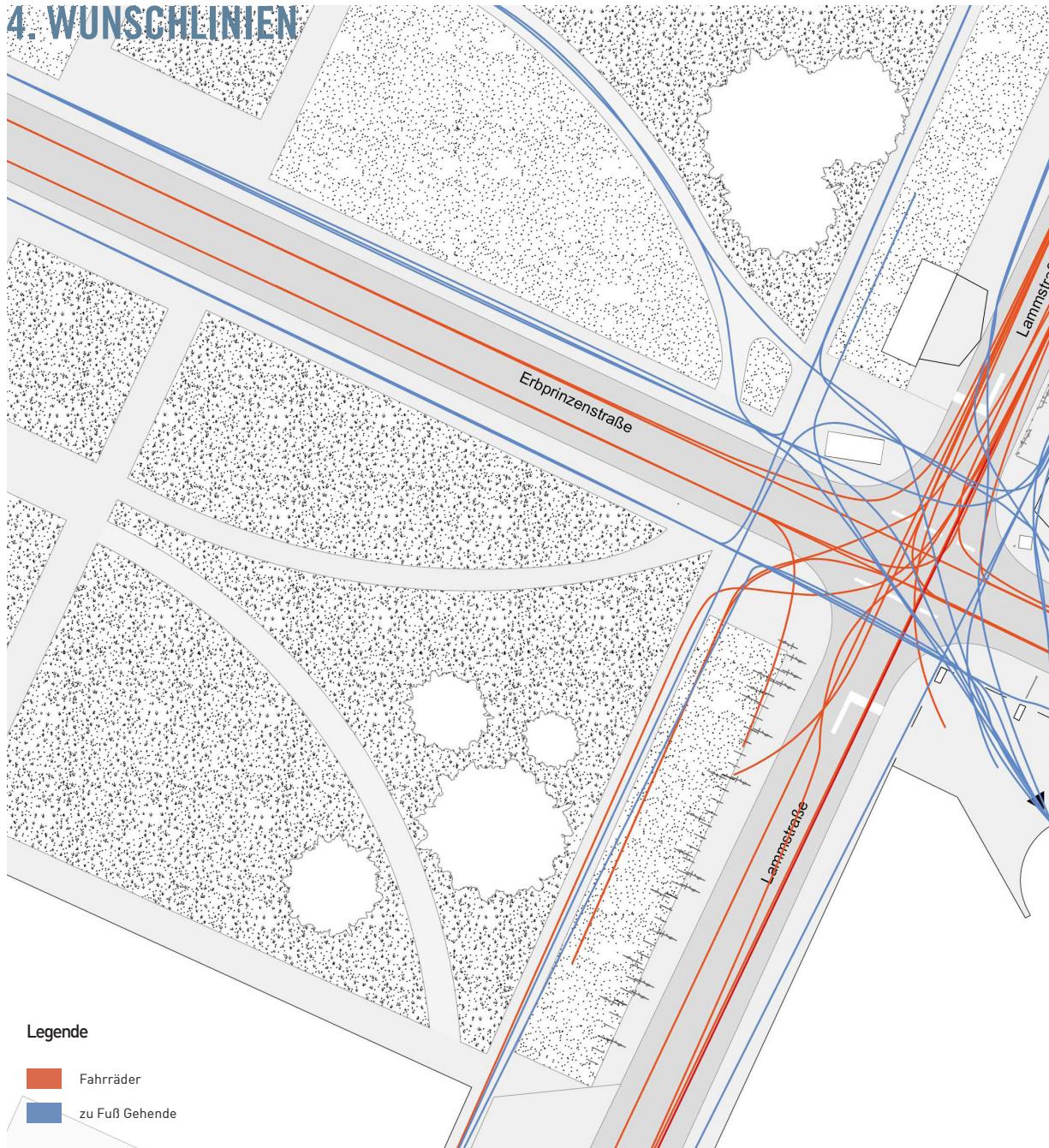
Bild 5

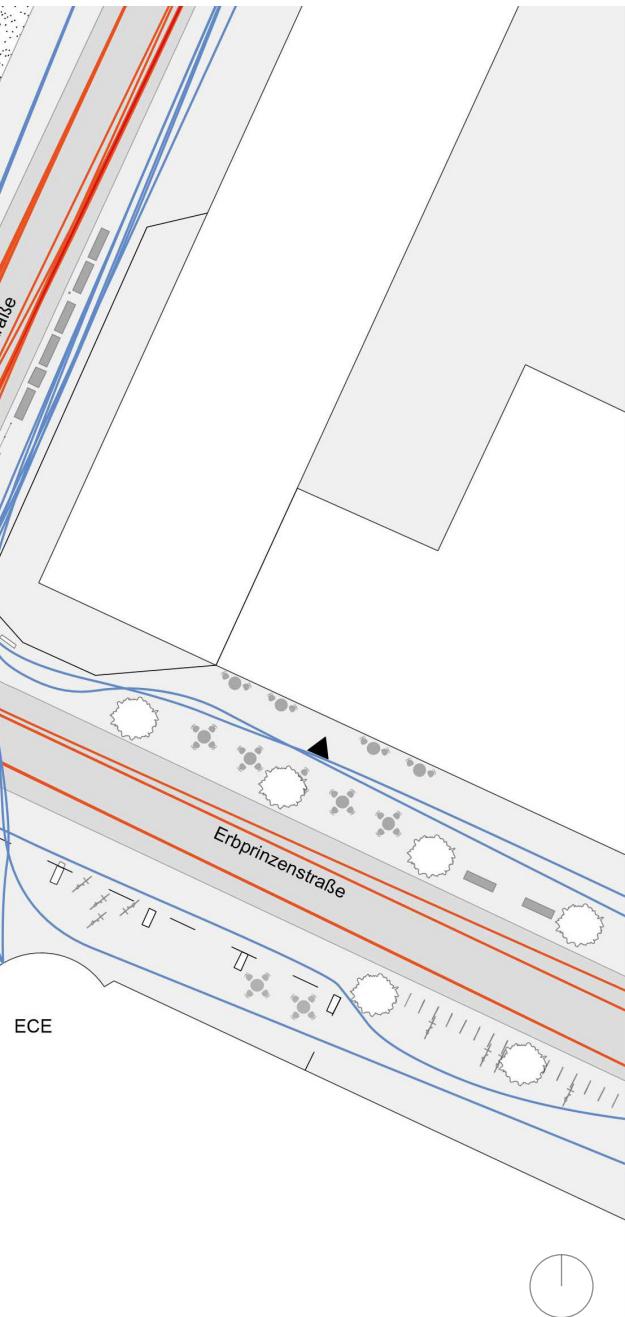


Abb. 129: Fotos Engstellen/eigene Fotos/20.12.2021

Die Engstellen der Kreuzung ergeben sich hauptsächlich aus Straßenmobiliar wie der Außenbestuhlung des Cafés, Straßenschilder oder durch abgestellte Fahrräder oder E-Roller. Zudem sorgt der temporäre Bauzaun für zusätzliche Verengungen.

## 4. WUNSCHLINIEN





In dieser Darstellung wurden die Weglinien der Zufußgehenden, sowie der Radfahrenden am 17.01.2021 gegen 15:00-16:00Uhr festgehalten.  
Die meisten Zußgehenden laufen zum ECE-Center, während sich die meisten Fahrradfahrer\*innen auf der Erbprinzenstraße fortbewegen.

Abb. 130: Weglinien von Zufugehenden und Radfahrenden

# ZUSAMMENFASSUNG

Wie wirken sich die Faktoren der Kreuzung auf die Verkehrsteilnehmer\*innen aus?

## Vorfahrtssituation

- Klare Vorfahrtssituation der Kreuzung  
→ **Keine Veränderungen** nötig!
- Undeutliche Markierung der Fahrradstraße in der südlichen Lammstraße  
→ Der Fußweg wird von Radfahrer\*innen als Verlängerung der Fahrradstraße genutzt  
→ **Deutlichere Markierung** durch Einfärbung des Weges oder Beschilderung



## Belebtheit

- Kontrast der Lammstraße
- Belebtheit der Kreuzung stark abhängig vom ECE-Center
- Gruppenbildungen am ECE-Center und Friedrichsplatz behindern andere Verkehrsteilnehmer\*innen kaum  
→ Im Untersuchungszeitraum sind keine Veränderungen nötig!



## Engstellen

- Durch die Engstelle am Café und dem dahinterliegenden, temporären Bauzaun weichen Fußgänger\*innen oft auf die Straße aus



## Wunschlinien

- Diagonales Überqueren der Kreuzung zum ECE  
→ Änderungen durch **bauliche Maßnahmen?**







# DURLACHER TOR/ BERNHARDUSPLATZ - KARLSRUHE

Zhu Xiang-Ru & Sascha Seidt

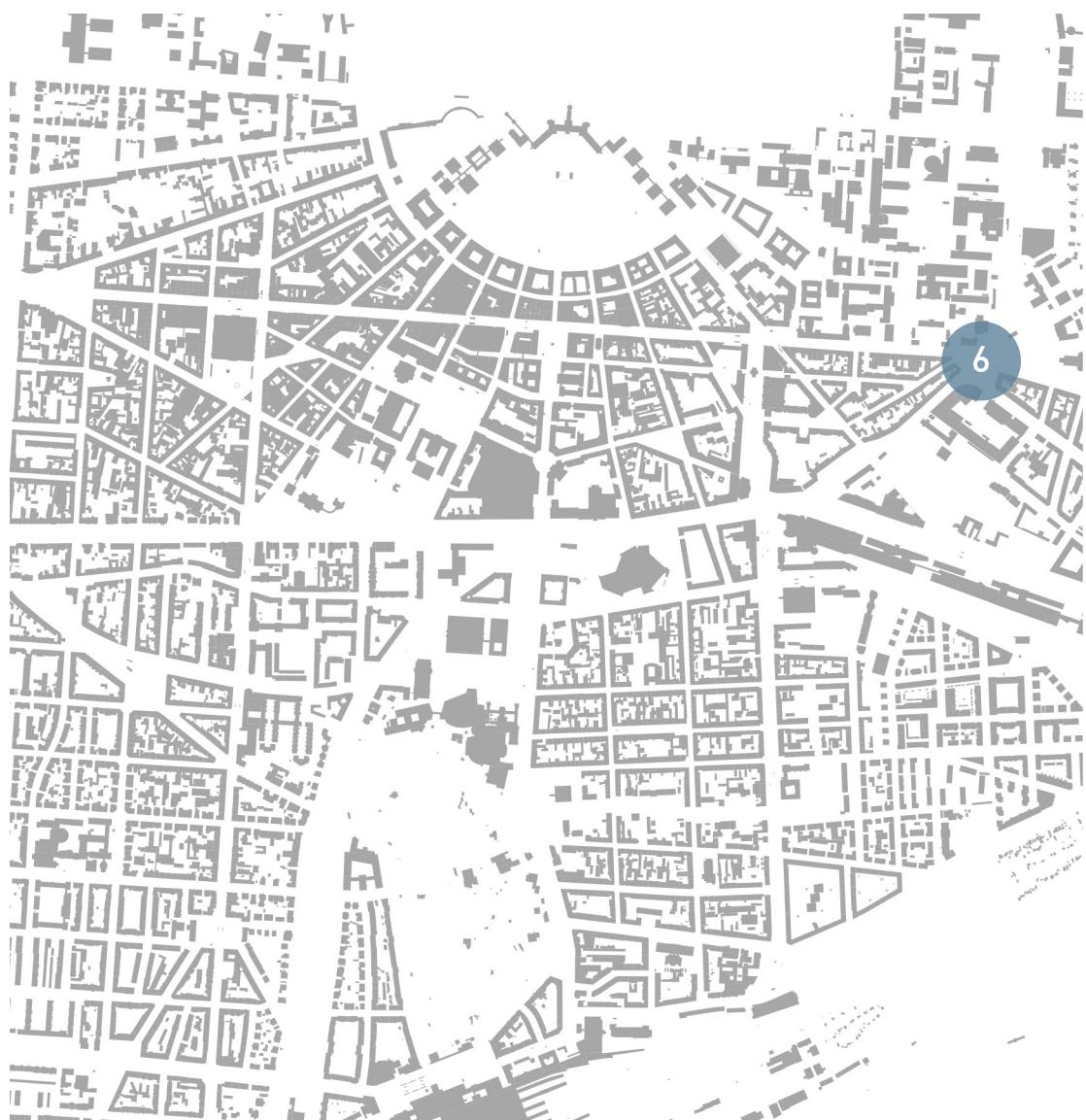


Abb. 131: Schwarzplan Karlsruhe M1:25000

# METHODEN

Das Durlacher Tor im östlichen Teil Karlsruhes zählt zu den Hauptverkehrspunkten der Stadt. Der hochfrequentierte Knotenpunkt dient nicht nur der Anbindung der Ost-West-Schnellverbindung über den Adenauerring, sondern erschließt auch die nord-östlichen Stadtteile, sowie das beliebte Gewerbegebiet im Osten. Im Straßenbahnenetz mit „Durlacher Tor/KIT Campus Süd“ tituliert, ist der Platz durch das (U-)Bahn- system ein fester Bestandteil im Alltag der Einwohner und Besucher\*innen Karlsruhes. Diese Platzsituation wurde untersucht und unter anderem im Bezug zur zukünftigen Planung gesetzt. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen war am Durlacher Tor noch eine Baustelle. Trotz der hohen Besucher\*innenzahlen mangelt es dem bis dato noch großflächig eingezäuntem, brachliegendem Ort an Aufenthalts- und ästhetischer Qualität. Auch die Organisation von Fuß- und Radwegen sorgt für viel Verwirrung und Konfliktpotential.

Nach Fertigstellung des neueingeführten U-Bahnsystems sollen diese Mängel jedoch durch städtebauliche Umbaumaßnahmen behoben werden. Im Rahmen des Programms Cape Re-

viso bietet dieser Zustand eine ideale Möglichkeit das derzeitige Nutzungsverhalten zu untersuchen, um auf zukünftige Konfliktsituationen hinzuweisen.

Mit unserer Untersuchung stoßen wir die folgenden Forschungsimpulse an:

(Wie) funktioniert der Platz an sich?

- Untersuchung des Bewegungsnetzes
- Stressmessungen
- Aufenthaltsgründe, Wünsche und Kritik der Nutzer\*innen

(Wieso) harmonieren Zufußgehende und Radfahrende an Shared Spaces?

- Beobachtung und Analyse
- Anbringen temporärer Straßenmarkierungen zur Trennung von Fuß- und Radverkehr, Vergleich

Wie entwickelt sich der Platz und das Nutzerverhalten über die Zeit?

- Untersuchungen bei verschiedenen Umbauzuständen, Vergleichen der Ergebnisse
- Aufstellen von Zukunftsprognosen

## PLATZANALYSE

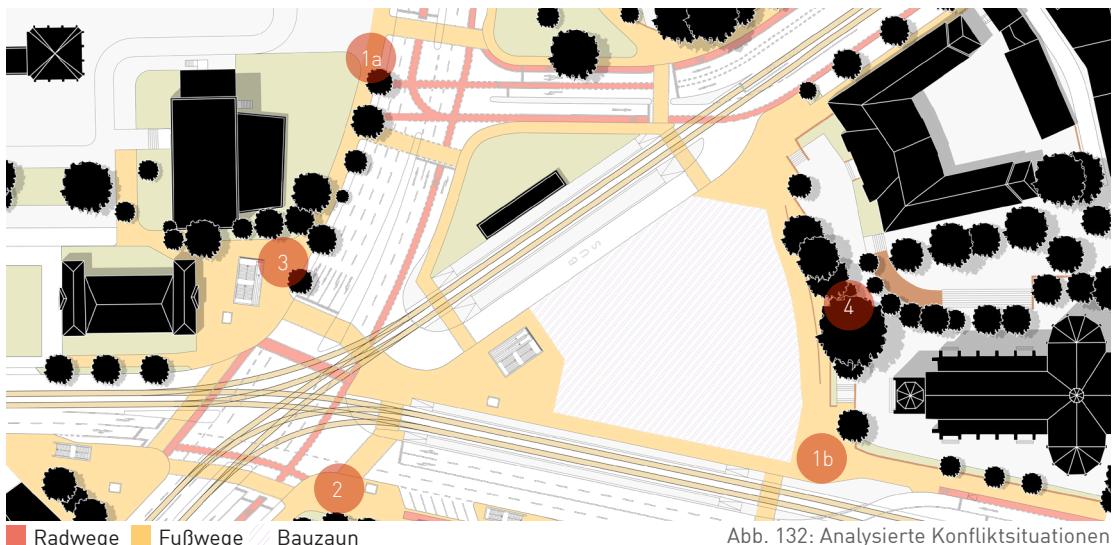


Abb. 132: Analysierte Konfliktsituationen

Bei der initialen Platzbeobachtung wurden wir schnell auf verschiedene Problemsituationen aufmerksam:

(1) Getrennte Fuß- und Radwege verschmelzen plötzlich zu einem gemeinsamen Fuß- und Radweg. Fuß- und Radverkehr muss sich dadurch aneinander anpassen. 1a Bereich Campus, 1b Bereich Haltestelle

(2) Ungenaue Verkehrsorganisationen durch zu schmale, unterbrochene Markierungen. In beide Richtungen befah-

ren.

(3) Enge Querschnitte, vor allem vor den neuen U-Bahn Zugängen.

(4) Die platztypische Wallsituation verhindert eine direkte Erschließung der dahinterliegenden Straße. Sie erfordert das Absteigen vom Rad, was nur von den wenigsten Radfahrenden berücksichtigt wird. Der Bewegungsfluss würde dadurch stark unterbrochen werden.

## ERGEBNISSE - PLATZBEOBACHTUNG

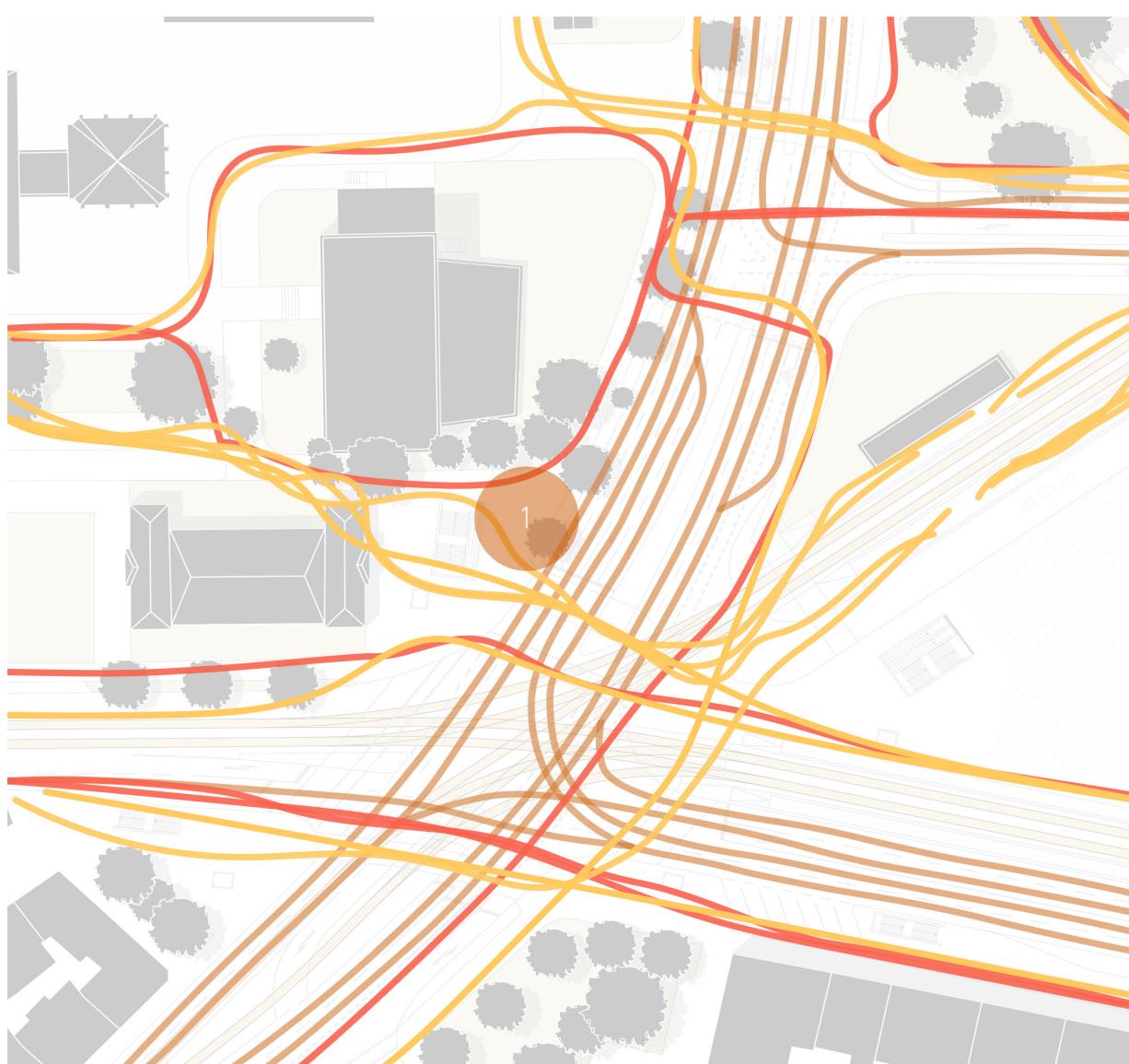


Abb. 133: Bewegungsströme und Verkehrszählung, erfasst am Freitag 17.12.2021 13:00-14:00



Standpunkt 1:

- Autofahrende: 818 /h
- Radfahrende: 464 /h
- Zufußgehende: 725 /h

Standpunkt 2:

- Autofahrende: 582 /h
- Radfahrende: 215 /h
- Zufußgehende: 179 /h

Straßenverkehr  
 Radverkehr  
 Fußverkehr

## TESTLÄUFE - SPAZIEREN

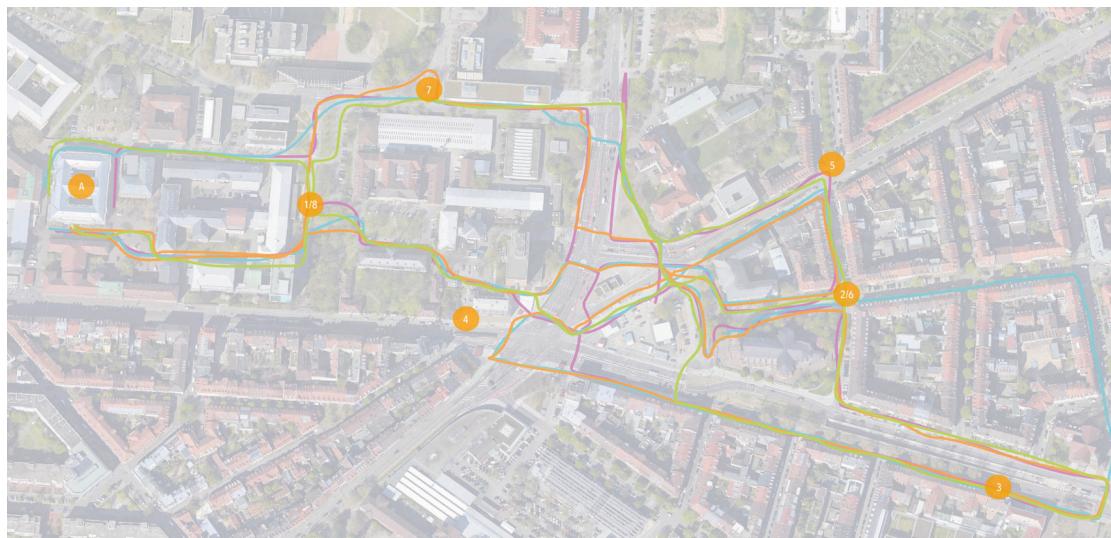


Abb. 134: Wunschlinien Spazieren



Abb. 135: Stresspunkte Spazieren

## TESTLÄUFE - RADFAHREN

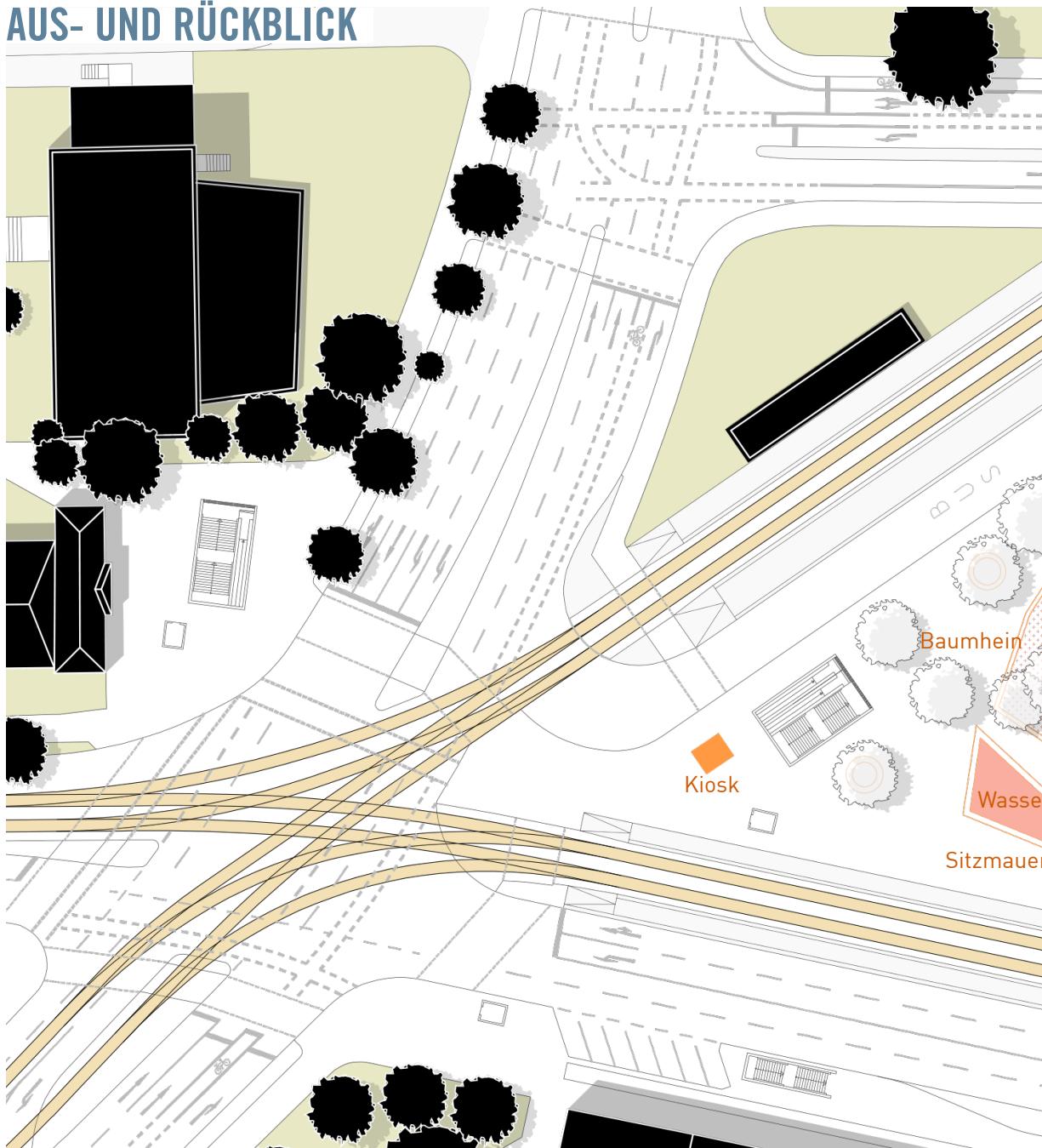


Abb. 136: Wunschlinien Radfahren



Abb. 137: Stresspunkte Radfahren

## AUS- UND RÜCKBLICK



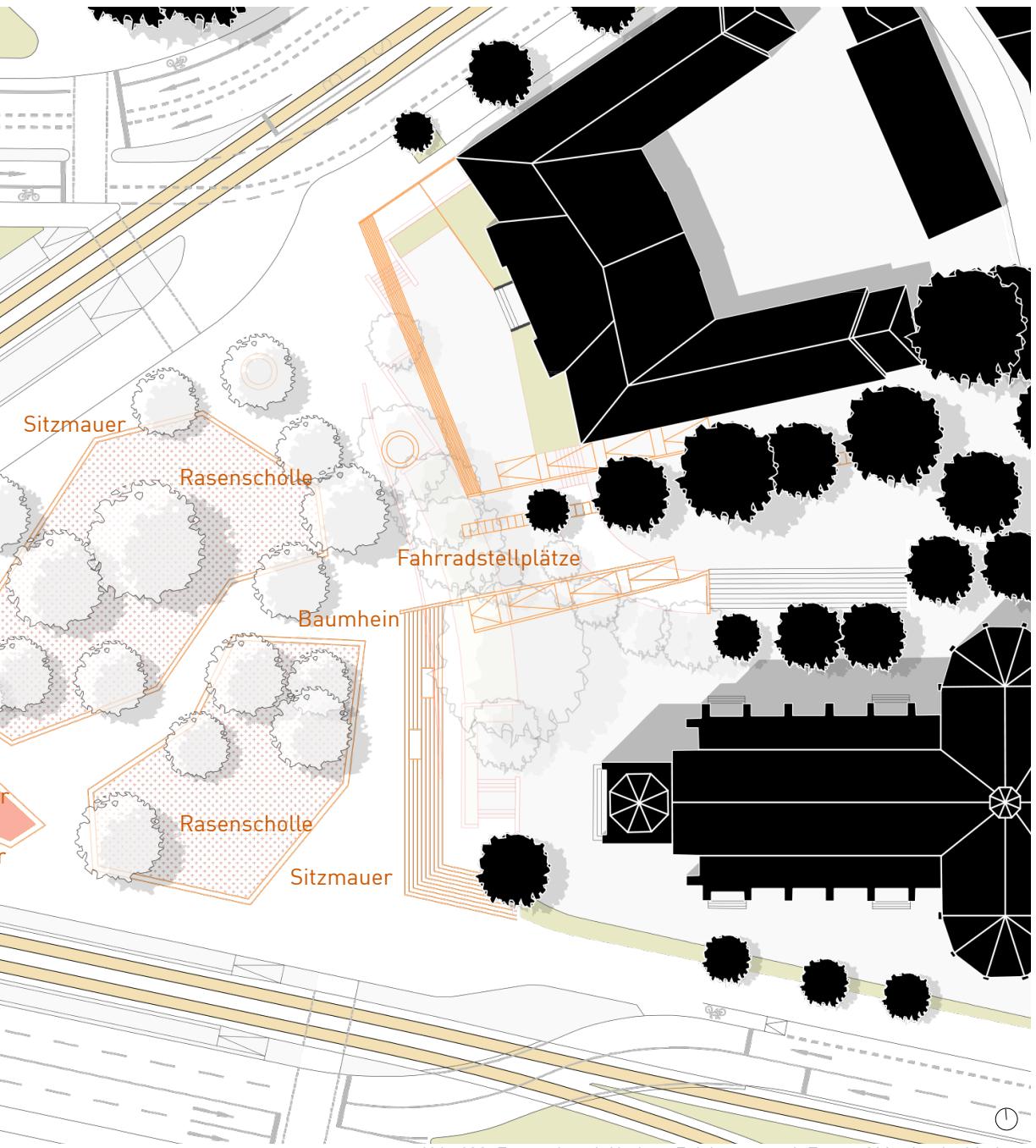


Abb. 138: Zustand nach Umbau, Zeichnung nach Entwurf Mettler Architekten

# FAZIT

Unsere Untersuchung konnte viele im Voraus vermutete Problemsituationen bestätigen und war dadurch sehr erfolgreich. Um auch Zustände wie die Etablierung des U-Bahn Systems sowie den Umbau und die darauffolgende Entfernung des Bauzauns erfassen und vergleichen zu können, müsste die Untersuchung jedoch mehrmals mit einer größeren Anzahl an Teilnehmenden und einer diverseren Zusammensetzung wiederholt werden. Wiederkehrende Ausnahmesituationen wie Events im nahegelegenen Stadion sollten auch aufgenommen werden. Der Vergleich mit dem zukünftigen Zustand des Platzes wird vor allem dadurch interessant, dass von uns diagnostizierte Probleme in der Überplanung nicht behandelt und teilweise sogar verstärkt werden. Siehe dazu z.B. die Bottleneck-Situation mit neu eingeführten Fahrradständern am ehemaligen Wall.

Das Anbringen von temporären Rad- und Fußwegtrennungen konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht stattfinden, würde jedoch sicherlich interessante Ergebnisse liefern.

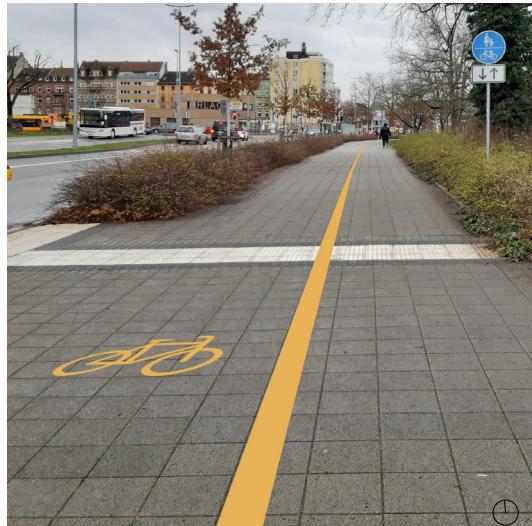


Abb. 139: Lösungsvorschlag: Teilung des gemeinsamen Fuß- und Radwegs in getrennten Fuß- und Radweg: Bereich Campus

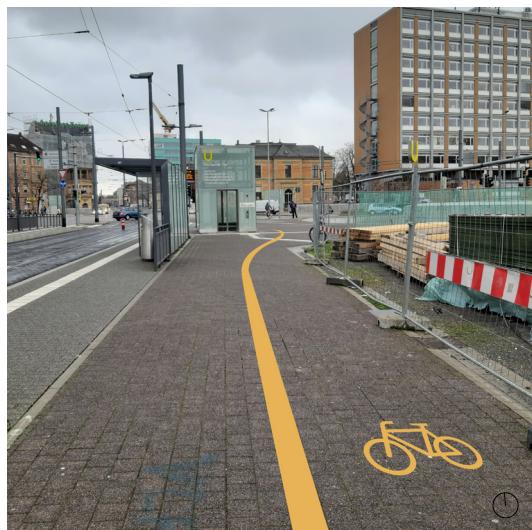


Abb. 140: Lösungsvorschlag: Teilung des gemeinsamen Fuß- und Radwegs in getrennten Fuß- und Radweg: Bereich Haltestelle





# ERBPRINZENSTRASSE/ BÜRGERSTRASSE - KARLSRUHE

Lara Klein & Mathis Goschenhofer



Abb. 141: Schwarzplan Karlsruhe M1:25000

# METHODEN

Die Kreuzung Erbprinzenstraße/Bürgerstraße liegt direkt am Ludwigsplatz. Die Erbprinzenstraße zählt zu einem der Radschnellwege in Karlsruhe und wird als Verbindung zwischen Europaplatz und Rondellplatz nicht nur von Fahrradfahrenden, sondern auch von Fußgängern viel genutzt. Autoverkehr ist nur im Zuge von An- und Ablieferung und für Anwohner erlaubt. Im Erdgeschoss der Häuser befinden sich vorwiegend Einzelhandelsgeschäfte, Cafés und Restaurants. Diese nutzen den Straßenraum für Bestuhlung und Werbemaßnahmen.

Angenommen wird, dass ein belebter Raum nicht stressfrei sein kann, da er sonst nicht belebt sein kann. Somit haben wir uns die grundlegende Frage gestellt, ob ein belebter Raum zwangsläufig Konfliktpotentiale und Stresspunkte mit sich bringt und wie diese zu bewerten sind. Anhand von verschiedenen Forschungsfragen, Analysen und Beobachtungen haben wir uns der Beantwortung und Bewertung der grundlegenden Frage genähert.

## 1. Konfliktpotential

Bringt die Straßensituation an der Erbprinzenstraße/Bürgerstraße Konfliktpotenziale mit sich und kommt es zu kritischen Schnittpunkten zwischen den Verkehrsteilnehmern Fußgänger\*innen und Fahrradfahrer\*innen?

## 2. Möblierung im Straßenraum

Behindert die Bestuhlung der Cafés den Straßenraum und bedingt die Bestuhlung bestimmte Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer\*innen?

Wie könnte der Straßenraum besser möbliert werden, um Konfliktpotenziale zu vermeiden?

## 3. Bodengestaltung des Straßenraums

Hat die Bodengestaltung in Form von unterschiedlichen Materialien eine Auswirkung auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmenden und hat die Bodengestaltung in Form von unterschiedlichen Breiten eine Auswirkung auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmer\*innen? Wie könnte eine Gestaltung zu einer Verbesserung der Straßensituation beitragen?

## ANALYSE

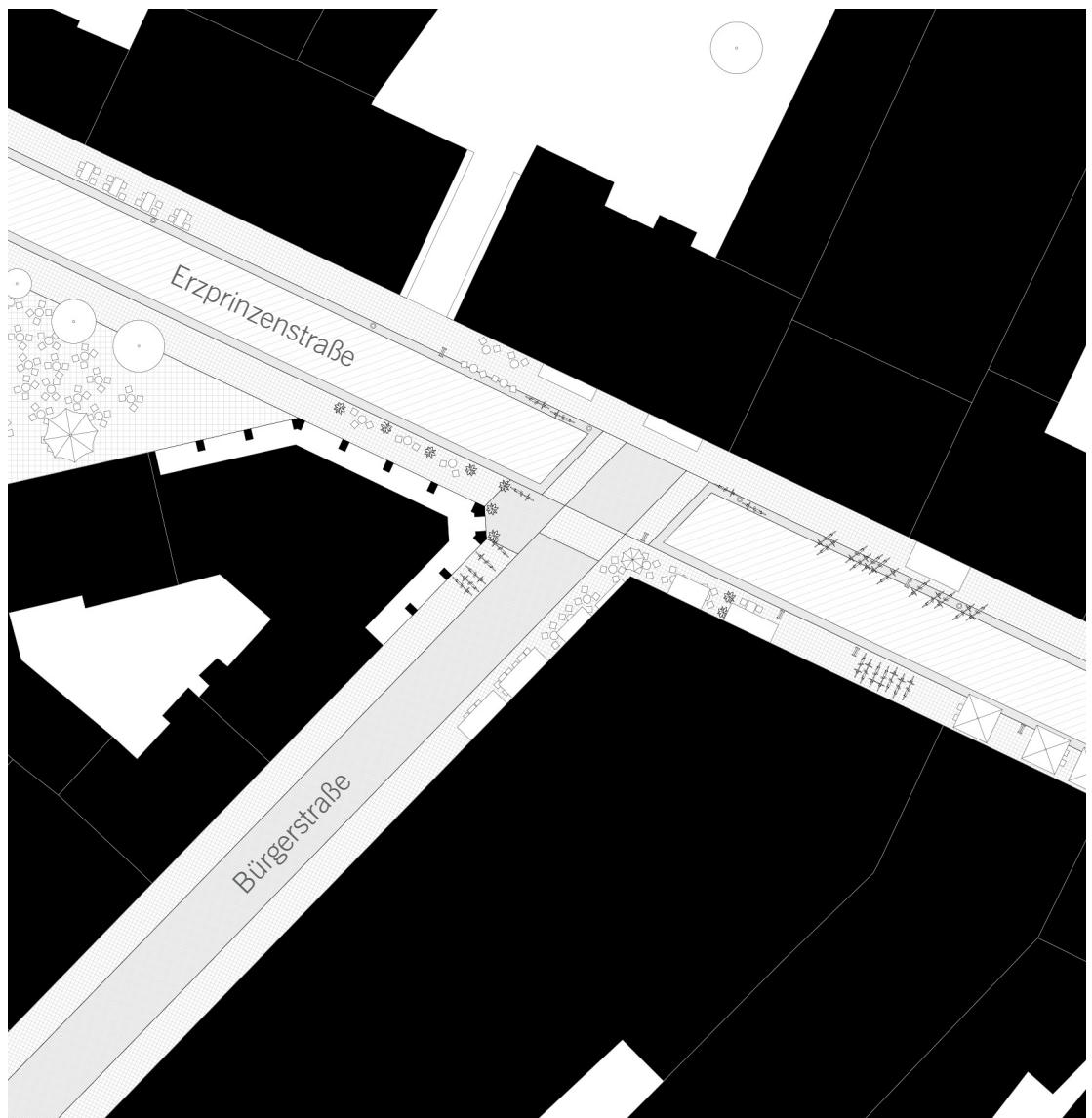
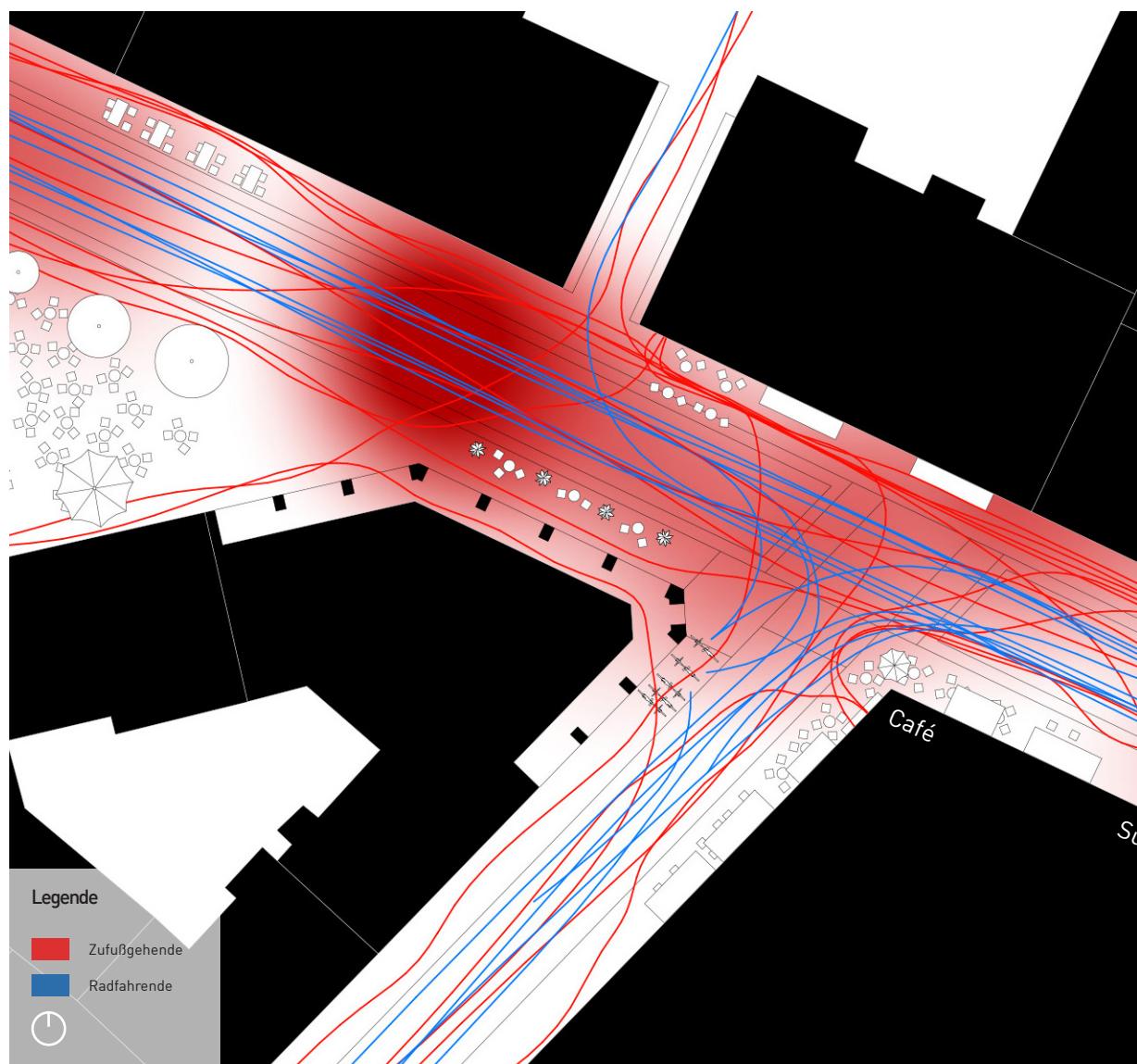
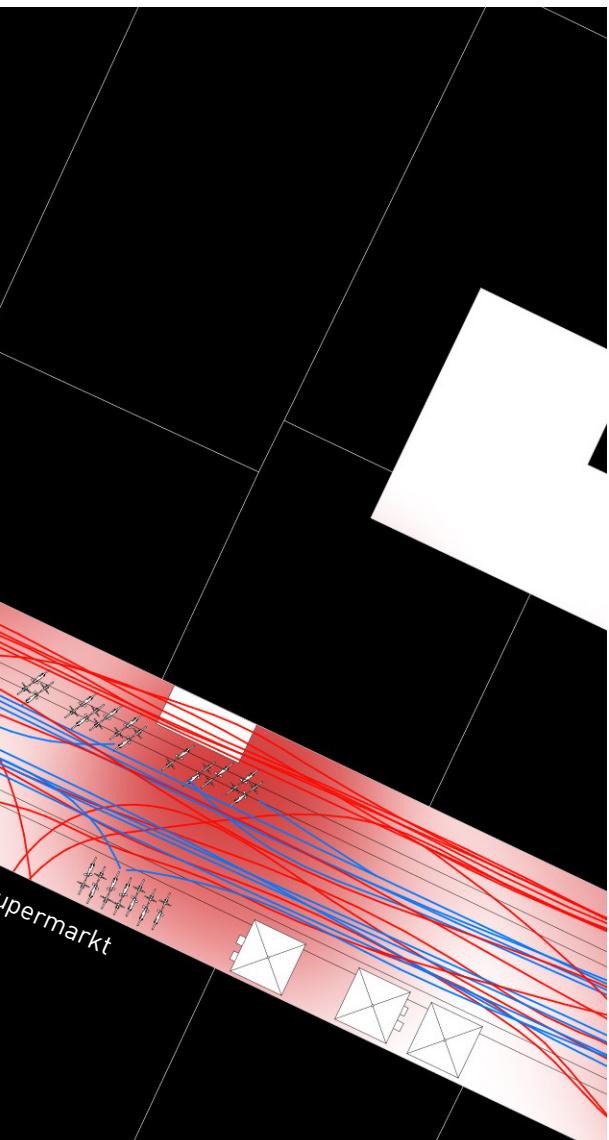


Abb. 142: Lageplan M1:500

## KONFLIKTPOTENZIALE





Aus der Überlagerung der analysierten Verkehrsströme lässt sich erkennen, dass im nordwestlichen Teil der Erbprinzenstraße die Trennung der Verkehrsteilnehmer\*innen überwiegend funktioniert. Dort wird der Straßenraum am wenigsten von abgestellten Fahrrädern oder Außenbestuhlung der Gastronomie behindert. Konfliktpotentiale zwischen Fahrradfahrenden und Zufußgehenden entstehen vor allem an der Straßenecke vor dem Café und in dem Straßenabschnitt vor dem Supermarkt. Gerade in diesem Straßenabschnitt kommt es zum Aufeinandertreffen von unterschiedlichen Interessen und Verhalten. Fahrradfahrer\*innen weichen den Fußgänger\*innen im mittleren Straßenraum aus, um Konfliktsituationen zu umgehen und nicht an Geschwindigkeit einbüßen zu müssen. Teilweise fahren Fahrradfahrer\*innen sehr nah an den Fußgängern\*innen vorbei, um andere Fahrradfahrer\*innen aus der entgegengesetzten Richtung nicht zu behindern. Aber auch der Abstand zwischen entgegenkommenden Fahrradfahrer\*innen ist teilweise sehr knapp gehalten.

## MÖBLIERUNG

Der Straßenquerschnitt zeigt, wie der eigentlich für Fußgänger\*innen vorgesehene Straßenstreifen auf der linken Seite durch die Möblierung von den Cafés und Restaurants verwendet wird. Durch das Wegfallen dieses Raumes müssen Fußgänger\*innen auf den eigentlich für Fahrradfahrende vorgesehenen Straßenraum ausweichen. Das kann zu kritischen Sicherheitsabständen führen. Im rechten Straßenraum funktioniert die Trennung deutlich besser.

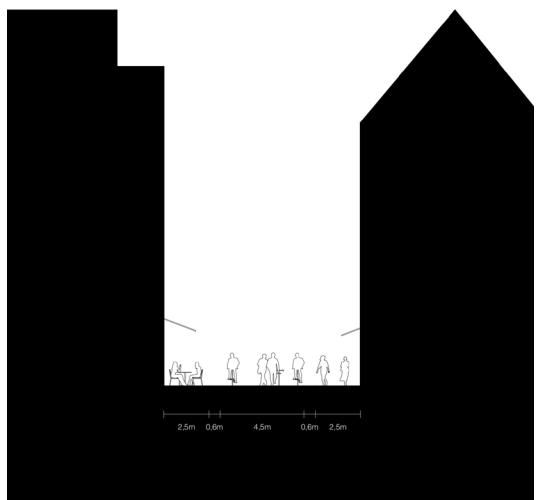


Abb. 144: Möblierungssituation im Schnitt

In der Straßenraumsimulation von oben haben wir nochmals die häufigsten und kritischsten Bewegungsrichtungen (gepunktet in gelb) nachempfunden. Dabei sind uns wieder verstärkt die, den mittigen Straßenraum kreuzenden Linien der Zufußgehenden, aufgefallen. Eine Erkenntnis ist, dass die Cafétische und Stühle eine Trennung zwischen mittiger Fahrradschnellstraße und am Rand liegendem Fußgängerweg darstellen.

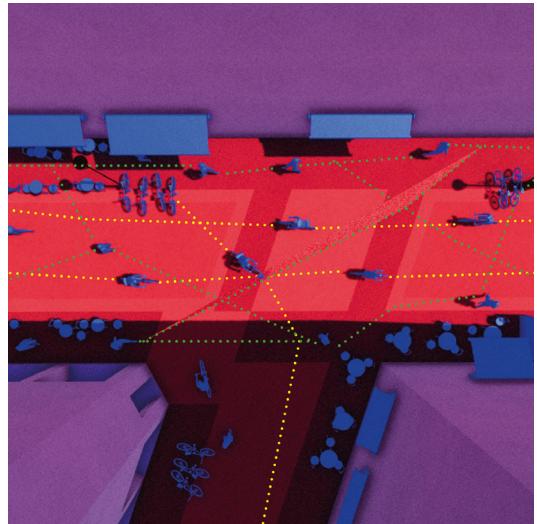


Abb. 145: Möblierungssituation 3D Darstellung



Abb. 146: Aufgestellte Schilder



Abb. 147: Schilder und Fahrräder



Abb. 148: Cafebestuhlung



Abb. 149: Abgestellte Fahrräder

## MÖBLIERUNG - FAZIT

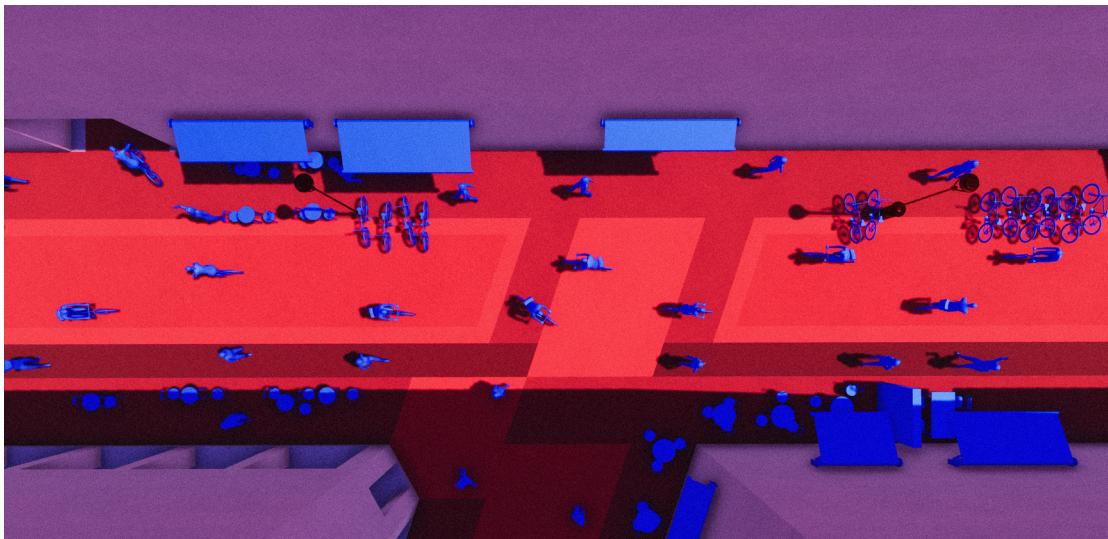


Abb. 150: Möblierungssituation Variante II 3D Darstellung

Da durch die Möblierung im südlichen Teil der Straße der Gehweg verloren geht, haben wir überlegt, ob man diesen neu einführen könnte. Ein Streifen am Rand der mittigen Fahrradstraße könnte durch den Bodenbelag für Fußgänger\*innen ersetzt werden.

Dadurch würde sich die Breite der Fahrradstraße verringern, da diese aber sehr großzügig bemessen ist, sollte das für die Fahrradfahrer\*innen keinen Verlust oder Konflikt darstellen.

In der visualisierten Draufsicht kann man erkennen, dass die ideale Lauflinie nicht mehr auf dem Fahrradstreifen verläuft, sondern gerade entlang der Hausfassade entlang führen könnte. Die Bewegungslinien beider Verkehrsarten könnten durch diese Maßnahme im Regelfall geradlinig verlaufen, wodurch die Möglichkeiten für Konflikte minimiert werden könnten.

## BODENGESTALTUNG



Abb. 151: Bodengestaltung Straßenraum / 28.01.2022

Die Pflasterung vor den Häusern ermöglicht sowohl einen bequemen Fußgängerverkehr, wie aber auch das Aufstellen von Möbeln.

Der mittige geteerte Straßenstreifen ist zum einen ideal für Fahrradfahrer\*innen, aber auch nicht unangenehm für Fußgänger\*innen. Die unterschiedlichen Nutzungsräume der Straßen werden nur optisch voneinander getrennt, nicht durch Höhenversprünge oder Ähnliches.

Bei der Analyse und Beobachtung des Straßenraumes ist aufgefallen, dass die Bodenbeläge zwar unterschiedlich sind, aber keinen Einfluss auf die Bewegung der Verkehrsteilnehmer\*innen haben.

Daher haben wir uns die Frage gestellt, wie man mit einer bewussteren Gestaltung der Bodenbeläge die Bewegungslinien besser steuern könnte. Als eine Maßnahme schlagen wir vor, zusätzlich zu den unterschiedlichen Belägen einen Höhenversprung vorzusehen. Dieser soll den mittigen Fahrradstreifen bewusst vom Fußgängerweg abheben.

## BODENGESTALTUNG - FAZIT

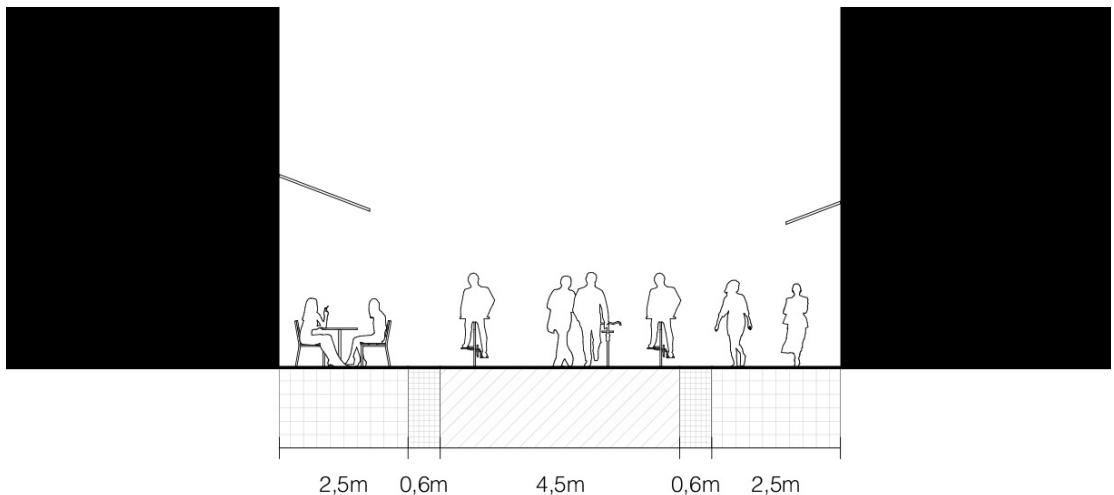


Abb. 152: Aufteilung Straßenraum

Die Maßnahme, den Fußgängerweg und die Fahrradschnellstraße höhenmäßig voneinander abzutrennen, könnte sich positiv auf das Verhalten der Fußgängerinnen auswirken. Dadurch, dass sie beim Laufen darauf achten müssten, nicht zu stolpern, würden sie sich bewusster mit ihrem Umfeld auseinandersetzen.

Bei der Gestaltung des Höhenunterschiedes ist unbedingt darauf zu achten, dass dieser für mobilitätseingeschränkte Personen kein Hindernis darstellt.

Eine Abgrenzung kann unter anderem auch durch Flachbordsteine oder taktile Leitstreifen geschehen.

Ziel der Maßnahme wäre also, dass Fußgängerinnen beim Überqueren der Straße mehr darauf achten könnten, wie der Verkehr in der Straßenmitte verläuft.

Ein weiterer positiver Effekt dieser Maßnahme wäre, eine klare Abgrenzung von zugewiesenen Wegen und eine Erschwerung des Abstellens von

„wildparkenden Fahrrädern“ sowie der unerwünschten Ausbreitung von Gastro-nomie im Außenbereich.

Dem Radschnellweg würde deutlich mehr Raum eingeräumt. Dies könnte natürlich auch zu einem Anstieg der Geschwindigkeit führen, mit der sich Fahrradfahrer\*innen fortbewegen.

Diese Maßnahmen müssen sinnvoll auch in Hinblick auf die erwarteten Umbaukosten abgewogen werden.



06

## RESÜMEE

Im NRVP-Projekt CapeReviso wurden verschiedene digitale Tools, Sensorik und Modellierung bzw. Simulationen erprobt, um Mängel beim Zufußgehen und Radfahren zu erforschen und sichtbar zu machen.

Die vier methodischen Bausteine in Cape Reviso – Open Bike Sensor, Emotionsmessungen, Kamerasytem sowie Simulation im Digitalen Zwilling - haben sich unterschiedlich im Einsatz innerhalb des Forschungsprojektes bewährt.

Der Einsatz des **OpenBikeSensors** erfordert eine gewisse Vorplanung für eine Messkampagne. Der Sensor ist, unter gewissem Zeitaufwand, einfach zu montieren und zu installieren. Der Open-Source-Ansatz lässt einen Eigenbau auch durch interessierte Laien zu. Die Community entwickelt sowohl Gehäuse als auch Firmware sowie weitere Auswertungsmöglichkeiten im OBS-Portal kontinuierlich weiter, so dass dieses Werkzeug zur Abstandsmessung auch zukünftig eingesetzt werden kann. Wichtig ist die konkrete Messeinweisung der Radfahrenden und die Kalibrierung des Sensors, so dass der Überholab-

stand vom Rand des Fahrradlenkers gemessen wird und nicht ab der Montagestelle des Sensors. Eine angedachte Messung „der Weite des Raumes“, also der zur Verfügung stehenden Breite der Fahrbahn links und rechts vom Radfahrenden, funktioniert nur teilweise, wie auch die Fußgänger\*innen-Experimente (Stand Herbst 2022) bestätigten.

Trotzdem stellt der OBS ein sinnvolles und mächtiges Werkzeug dar. Im Rahmen einer Bottom-Up-Kommunikation zwischen Radfahrenden und Verwaltungen liefert er wichtige Informationen zu potentiellen Gefährdungsstellen durch zu geringe Überholabstände zwischen Radfahrenden und motorisiertem Verkehr. Durch diese Daten zur Gefährdungslage – jenseits von Unfallstatistiken – können Verwaltungen planerisch tätig werden, um eine subjektiv und objektiv sichere Infrastruktur zu schaffen, die Radfahren attraktiv macht.

Die Anwendung der Emotionsmessungen konnte in Cape Reviso weitere Fortschritte erzielen: Die Bedienungsfreundlichkeit wurde gesteigert und die eDiary-App eingebunden. Die Vor-

studien in Karlsruhe und Stuttgart wurden noch als geführte Experimente mit einem Routenvorschlag durchgeführt. In Herrenberg führte erstmals eine größere Proband\*innengruppe ( $n=14$ ) zeitgleich und eingebunden in tägliche Wegeroutinen auf dem Fahrrad über einen Zeitraum von 14 Tagen erfolgreich in Eigenregie die Messungen durch. Die Anzahl der zurückgelegten Gesamtstrecken in einem Experiment konnte so von 20-30 Einzelfahrten bzw. Einzellaufen signifikant auf 283 Datensätze erhöht werden. Die Tests in Herrenberg lieferten zusätzlich wichtige Anhaltspunkte, wie Kopplungsvorgänge zwischen Sensorband und Smartphone, aber auch wie der OBS sinnvoll in eine Messroutine eingebunden werden kann. Die erstmalige Verknüpfung von Messdaten mit Nutzenden-Attributen, die aus den zugehörigen Fragebögen ermittelt und datenschutzrechtlich konform zugeordnet wurden, liefert ein differenzierteres Bild bezüglich des Teilnehmenden-Feldes. Neben demografischen Daten ist es möglich, auch Aussagen über Unfallerfahrungen, Radfahrttypen, aber auch psychologische Merkmale, wie die sogenannten

„Big Five“ Persönlichkeitsmerkmale, Kontrollüberzeugung, sowie Risikoaffinität zu treffen. Dies erwies sich als richtungsweisend für spätere Studiendesigns (z.B. im BMDV mFUND-Projekt ESSEM<sup>1</sup>). Statistische Signifikanzen oder spezielle Korrelationen konnten aufgrund des kleinen Teilnehmerfeldes und der radfahrerspezifisch homogenen Gruppe nicht herausgearbeitet werden. Verkehrsräume, in denen es gehäuft zu erhöhter negativer Aufmerksamkeit kommt, auch als „Stress-Hotspots“ bezeichnet, stellten sich als sinnvolle Punkte für eine weitere Überprüfung heraus. Diese kann planerisch und/oder durch das im Projekt entwickelte Kamerasytem erfolgen.

Die Entwicklung und der Aufbau des **Kamerasytems** liefen hardware-komponentenseitig problemlos. Auch die Konfiguration aus NVIDIA Jetson in Kombination mit handelsüblichen Webcams bzw. Industriekameras funktioniert reibungslos, sofern die Stromversorgung gesichert und die Geräte wassergeschützt installiert werden können. Die YOLO-Objektdatenbank, in der nur rudimentär Radfahrende und

Zufußgehende erkannt wurden, konnte mithilfe des neu entwickelten Web-Portals um neue Objekte wie Lastenräder, Scooter, Liegeräder, Tandems, etc. angereichert werden. Das dahinterliegende neuronale Netz wurde durch Zeitspenden von ADFC-Mitgliedern und Studierenden des KIT trainiert. Die Objektdetektion sowie die attribuierte Aufzeichnung der Trajektorien der Verkehrsteilnehmer\*innen lief zuverlässig. Durch die alleinige Aufzeichnung von Punkten und Attributen sowie durch den Verzicht auf Bildaufnahmen sind die Belange des Datenschutzes eingehalten.

Mithilfe dieser Daten können nun Zählungen nach Verkehrsteilnehmenden und erste Wegedichten ausgewertet werden. Die Detektion von Beinaheunfällen, bzw. des „Zu Nahekommens“ von Verkehrsteilnehmer\*innen konnte nicht abschließend entwickelt werden. Die Adaption der angedachten Open-Source-Algorithmen aus dem Bereich des Autonomen Fahrens auf die Fragestellung erwies sich als diffiziler als im Vorfeld des Projektes angenommen.

Alle gewonnenen Daten konnten in den vorhandenen **Digitalen Zwilling** von Herrenberg eingepflegt werden. Weiterhin ist zur Designprüfung von Planungsvarianten der Zwilling ein sehr sinnvolles Werkzeug. Dies wurde anhand der Varianten für den Neubau der Stuttgarter Rosensteinbrücke veranschaulicht. Stressmessungen im Zwilling sind leider weniger aussagekräftig. Teilweise kann mit der im Projekt eingesetzten Methode keine negative Aufmerksamkeit gemessen werden. Ursächlich hierfür kann nach Einschätzung von Expert\*innen das Bewusstsein des sicheren Experimentes sein. Ein weiterer Hinderungsgrund bei der „Stressmessung“ im Simulator – zu Fuß als auch auf dem Fahrradsimulator – ist das Auftreten der „Motion Sickness“. Viele Teilnehmende klagen über Übelkeit beim Bewegen in der virtuellen Realität.

Im Gesamten sind die Methoden aus Cape Reviso sehr sinnvolle Werkzeuge, die im Rahmen der Planung von Fuß- und Radverkehr für einen neuen Erkenntnisgewinn eingesetzt werden können. Teilweise eignen sich die Werkzeuge auch im Einzeleinsatz: Messungen mit dem OBS, die Stressmessungen als auch der Einsatz der Kamerasysteme sind auch alleinig zielführend. Ihre Stärken spielen die neuen Methoden jedoch in der gemeinsamen Anwendung aus. Die Ergebnisse sind ermutigend, erfordern jedoch noch weitere Forschung, gerade im Kontext der Korrelation von detektierten Ereignissen sowie mit größeren Nutzengruppen.

#### WEITERFÜHRENDE LINKS:

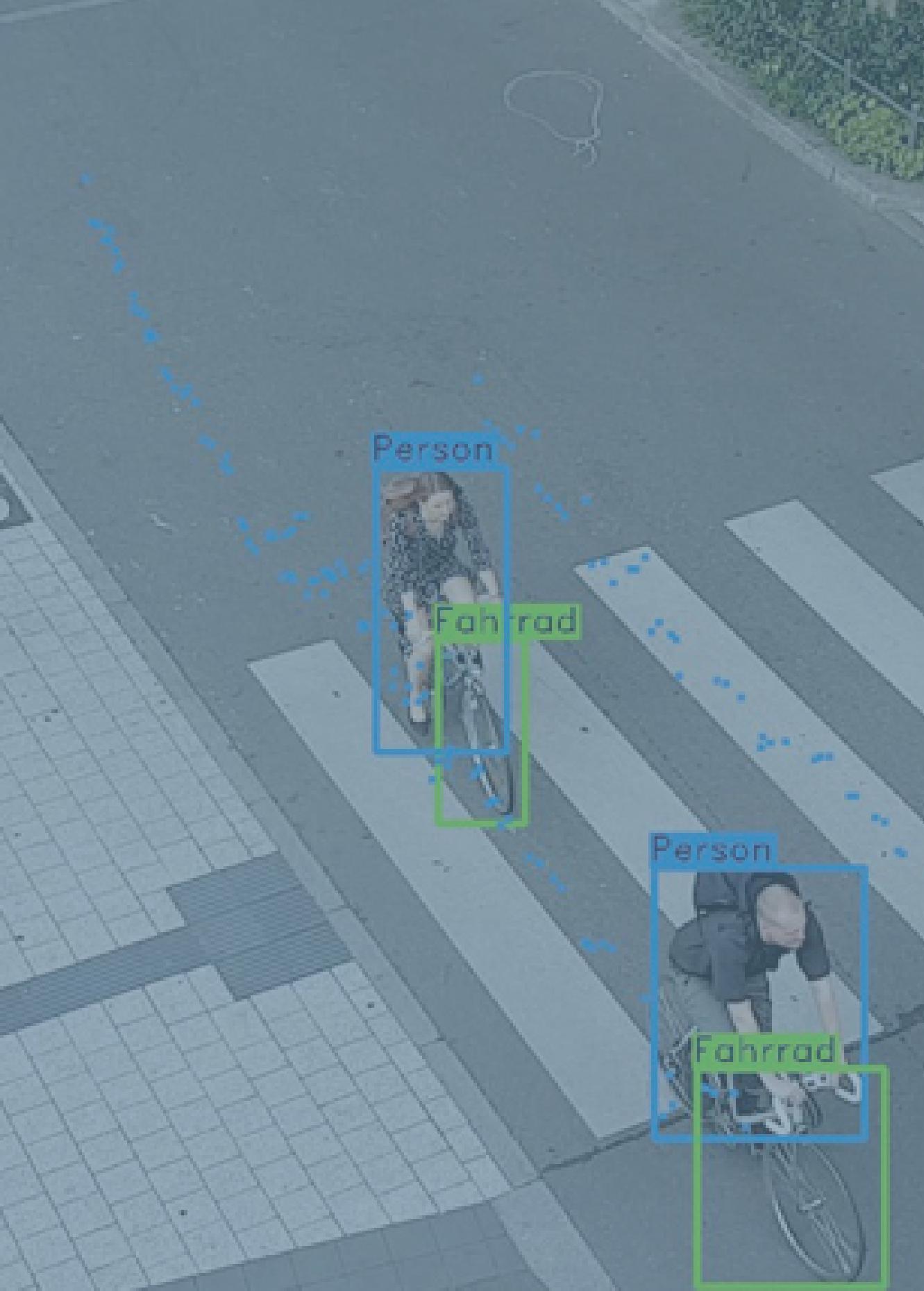
- Alle zu Verfügung stehenden Resourcen sind bei github archiviert
- Die Dokumentation zum Abschluss-symposium ist als PDF abrufbar



<https://linktr.ee/capereviso>

---

<sup>1</sup> Das Projekt ESSEM: Emotionswahrnehmung für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort will durch Emotion-Sensing-Daten einen Beitrag zur Steigerung von Sicherheit und Komfort für Radfahrende leisten. Weitere Informationen finden sich über den QR-Code.



Person

Fahrrad

Person

Fahrrad

Person



Person

Fahrrad



Person

Fahrrad





# IMPRESSUM

High Performance Computing Center  
HLRS  
Vizualization Department  
Universität Stuttgart

Nobelstraße 19  
70569 Stuttgart

Karlsruhe, den 17.07.2025

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

Englerstraße 11  
Gebäude 11.40  
76131 Karlsruhe

Forschungsprojekt  
Cape Reviso  
01.07.2020 - 30.06.2024

Herausgeber\*innen  
Dr. - Ing. Peter Zeile  
M.A. Céline Schmidt-Hamburger  
Dipl.-Ing. Thomas Obst  
Mag. Johanna Drescher  
Dr.-Ing. Uwe Wössner

Layout  
M.Sc. Sonja Bauer  
M.Sc. Özlem Cinar  
M.Sc. Amelie Meier  
M.Sc. Johannes Mußmacher  
B.Sc. Finn Wiesemes



Karlsruher Institut für Technologie



Allgemeiner Deutscher  
Fahrrad-Club



High-Performance Computing Center | Stuttgart



Modellvorhaben  
**NICHT-INVESTIV**  
Raumverkehrsförderung des Bundes

Gefördert durch:  
  
Bundesministerium  
für Verkehr  
  
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Beteiligte Studierende

Sonja Bauer | Leonhardt Beck | Pia Zipf | Louisa Pape | Maja Jovanovic |  
Luisa Weber | Gabriela Cetrez | Lena Zinkand | Tillmann Gerdin | Maja Jankov |  
Zhu Xiang-Ru | Sascha Seidt | Anna Kneip | Nicolas Salbach | Lara Klein | Mathis  
Goschenhofer | David Leon Heyer | Yuxue Pi | Hendrik Schütze | Alexander Born |  
Annika Brendle | Hanna Bederke | Anne Maas | Qendrese Bardiqi | Aaron Liebl |  
Seline Oelmann | Lena Tränkel | Lukas Kirchgäßner | Annika Kornakoswky | Ceren  
Serifoglu | Robin Bentrup | David Tarrago