

EmoCycling – Individuelles Sicherheitsempfinden von Radfahrenden in Karlsruhe

Institut für Verkehrswesen
Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften
Karlsruher Institut für Technologie

Bachelorarbeit

von

Ida Rockenbach

Matrikelnummer 1843367

Betreuer:

Prof. Dr.-Ing. Peter Vortisch

Betreuende wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. Clotilde Minster

Dr.-Ing. Peter Zeile

Tag der Abgabe: 13.04.2018

Karlsruhe

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die Arbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen angefertigt habe und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat und von dieser als Teil einer Prüfungsleistung angenommen wurde. Alle Ausführungen, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Die Satzung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis in der aktuell gültigen Fassung wurde von mir bei der Bearbeitung berücksichtigt.

Karlsruhe, den 13.04.2018

Ida Rockenbach

Anmerkung:

Zu fremder Hilfe zählen insbesondere entgeltliche Leistungen Dritter z. B. Internet-Agenturen, welche die schriftliche Fassung auf Rechtschreibung und / oder Zeichensetzung, Grammatik, Formulierung, Logik, Plausibilität, Satzbau, Sinn, Stil prüfen.

Aufgabenstellung für die Bachelorarbeit

VON

Ida Rockenbach

Matrikelnummer 1843367

mit dem Titel

EmoCycling – individuelles Sicherheitsempfinden von Radfahrenden in Karlsruhe

Das Radfahren gewinnt an Bedeutung, nicht zuletzt weil es als eine der effizientesten Möglichkeiten angesehen wird, Mobilität ressourcenschonend sicherzustellen: Ein häufiges Ziel in der urbanen Verkehrspolitik ist es daher, die Radnutzung zu steigern. Eine der Grundlagen zur Steigerung der Radnutzung ist die Schaffung bzw. dem Ausbau der Fahrradinfrastruktur (vgl. u.a. BMVBS 2012). Hierfür stehen in Deutschland Richtlinien zur Verfügung mit dem Ziel, die Sicherheit des Radverkehrs generell und gerade in Bezug auf Konflikte mit anderen Verkehrsarten zu gewährleisten (vgl. u.a. FGSV 2010). Dabei haben Radfahrer selbst individuell unterschiedliche Anforderungen an die Sicherheit. Aus diesen individuellen Sicherheitsempfinden und den daraus resultierenden Bedürfnisse der Radfahrer lassen sich wesentliche Informationen und Erkenntnisse ableiten, welche in der Planungsphase für die Radverkehrsinfrastruktur genutzt werden können (vgl. u.a. Zeile et al. 2016). Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, dieses individuelle Sicherheitsempfinden zu untersuchen.

In dieser Bachelorarbeit sollen die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt werden:

- Literaturrecherche zum Thema der Radverkehrssicherheit, und deren Messung
- Entwicklung eines Ansatzes für die Messung des individuellen Sicherheitsempfindens
- Durchführung einer Erhebung (Messung und Fragebogen) in Karlsruhe
- Auswertung und Diskussion der Ergebnisse

Die Arbeit ist gebunden (DIN A4) in dreifacher Ausführung einzureichen und nach Möglichkeit ist die Formatvorlage des Instituts für Verkehrswesen zu verwenden.

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vortisch

Betreuende wissenschaftliche Mitarbeiter: Dr. Clotilde Minster (IfV), Dr. Peter Zeile (IESL)

Karlsruhe, den [Klicken Sie hier, um ein Datum einzugeben.](#)

Prof. Dr.-Ing. Peter Vortisch

ausgegeben: [Klicken Sie hier, um ein Datum einzugeben.](#)

abzugeben: [Klicken Sie hier, um ein Datum einzugeben.](#)

Literaturverzeichnis

BMVBS (2012): Nationaler Radverkehrsplan 2020. Berlin, 82 S.

FGSV (Ed.) (2010): Empfehlungen für Radverkehrsanlagen. ERA; R2. Ausg. 2010. Köln: FGSV-Verl.

Zeile, Peter; Resch, Bernd; Loidl, Martin; Petutschnig, Andreas; Dörrzapf, Linda (2016): Urban Emotions and Cycling Experience – enriching traffic planning for cyclists with human sensor data. In *giform* 1, pp. 204–216.

Kurzfassung

In vielen deutschen Städten und Kommunen kommt die Entwicklung des Radverkehrsanteils nur langsam voran. Verschiedene Studien zeigen, dass das fehlende Sicherheitsempfinden für viele Menschen in diesem Kontext ein zentrales Hemmnis darstellt. In der vorliegenden Arbeit wird ein Ansatz zur Untersuchung des individuellen Sicherheitsempfindens von Radfahrenden entwickelt und anhand einer kleinen Studie in Karlsruhe getestet. Grundlage hierfür ist das Konzept von *EmoCycling*, das physiologische Stressreaktionen von Radfahrenden über Sensoren erfasst und damit neuralgische Punkte im Verkehrsnetz sichtbar macht. Der Untersuchungsaufbau von *EmoCycling* wird im Rahmen der Studie um die Methode eines, am Lenker befestigten Push Buttons ergänzt. Mithilfe des Push Buttons können die Probanden während der Fahrt Stresssituationen markieren. Die markierten Stresspunkte werden im Anschluss an die Fahrt auf einer Karte visualisiert und von den Probanden in einem Fragebogen kommentiert.

Ziel der Studie ist es, zu evaluieren inwiefern die Stressmessung und die Methode des Push Buttons verkehrsplanerisch relevante Ergebnisse zur Gestaltung einzelner Verkehrsanlagen liefern. Ein Vergleich der beiden Erhebungsmethoden zeigt, dass sich die Ergebnisse der Methoden gegenseitig bestätigen und zugleich um relevante Informationen ergänzen. Während die Angaben der Probanden zu den markierten Stresspunkten wichtige Informationen zur tatsächlichen Wahrnehmung der Radfahrenden liefern, dokumentiert die Stressmessung Situationen, die in den Angaben der Probanden aus verschiedenen Gründen keine Beachtung finden. Die Ergebnisse der Studie unterstreichen das Potential von Untersuchungsansätzen, die subjektive Angaben und objektivierte Faktoren vereinen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	iv
Abkürzungen	v
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung.....	2
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Vorgehensweise	4
2 Theorie: Aus der Perspektive der Radfahrenden	5
2.1 Mobile Partizipation und Forschung.....	6
2.2 Mobile Mitgestaltung.....	8
2.3 Mobile Datenerfassung.....	10
2.4 Befragungen und Umfragen.....	14
2.4.1 Vor-Ort-Befragungen	14
2.4.2 Bildbasierte Umfragen	15
2.4.3 Wegetagebücher	17
2.5 Zwischenfazit.....	19
3 Methode	21
3.1 Auswahl der Route	21
3.1.1 Potenziell hohe Stressdichte.....	21
3.1.2 Stark genutzte Fahrradstrecken.....	21
3.1.3 Die Route	23
3.2 Akquise der Probanden	24
3.3 Technischer Aufbau und Messverfahren.....	24
3.4 Ablauf der Untersuchung	26
4 Auswertung	29
4.1 Auswertung des allgemeinen Fragebogens	29
4.2 Stressmessung und Videoanalyse	30
4.2.1 Stressmessung: Datenverarbeitung und Datenbereinigung	30

4.2.2	Verifizierung und Kategorisierung der Stressmessungspunkte	31
4.3	Auswertung der markierten Stresspunkte	34
4.3.1	Auswertung der Verteilung der markierten Stresspunkte	34
4.3.2	Verifizierung der Antworten zu den markierten Punkten	35
5	Vergleichende Analyse	39
5.1	Abgleich von Stressmessungspunkten und markierten Stresspunkten	39
5.2	Vergleich der Trigger	40
5.3	Qualitative Analyse	43
(1)	Fahrradstraße Zirkel	45
(2)	Linksabbiegevorgang Hans-Thoma-Straße	46
(3)	Linksabbiegevorgang Moltkestraße	47
(4)	Kreuzung Reinhold-Frank-Straße	48
(5)	Gemeinsamer Geh- und Radweg Reinhold-Frank-Straße	49
(6)	Linksabbiegevorgang Reinhold-Frank-Straße.....	50
(7)	Rechtsabbiegevorgang Waldstraße.....	50
(8)	Linksabbiegevorgang Markgrafenstraße.....	51
5.4	Ergebnisse der Analyse	52
5.4.1	Stressmessungspunkte	53
5.4.2	Markierte Stresspunkte.....	53
5.4.3	Kombination der beiden Methoden	54
6	Diskussion der beiden Erhebungsmethoden.....	55
6.1	Stressmessung und Stressmessungspunkte	55
6.2	Push Button und markierte Stresspunkte.....	55
6.3	Methodik der Studie.....	56
7	Fazit und Ausblick	59
A.	Anhang	61
B.	Anhang	62
C.	Anhang	64
	Literaturverzeichnis.....	71

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mobile Partizipation und Forschung (eigene Darstellung).....	8
Abbildung 2: Heatmap Bike Citizens (Bike Citizens 2018)	22
Abbildung 3: Strava Heatmap (Strava 2018).....	23
Abbildung 4: Route (eigene Darstellung).....	24
Abbildung 5: technische Ausstattung (eigene Darstellung)	25
Abbildung 6: mittlerer Wochengang (LUBW 2016, S. 28).....	27
Abbildung 7: als gefährlich empfundene Faktoren (eigene Darstellung).....	30
Abbildung 8: Alle Stressmomente, unbereinigt (eigene Darstellung).....	33
Abbildung 9: bereinigte, verkehrsplanerisch relevante Stressmessungspunkte (eigene Darstellung)	33
Abbildung 10: markierte Stresspunkte (eigene Darstellung).....	35
Abbildung 11: Trigger der Stressmessungspunkte (eigene Darstellung)	41
Abbildung 12: Trigger der markierten Punkte anhand der Fragebögen (eigene Darstellung)	42
Abbildung 13: Stressmessungspunkte (Heatmap) und markierte Stresspunkte (rot) (eigene Darstellung)	43
Abbildung 14: Betrachtete in Streckenabschnitte (eigene Darstellung)	44
Abbildung 15: Zirkel, Trigger "Gegenverkehr" und "schlechter Straßenbelag" (eigene Darstellung)	46
Abbildung 16: Abbiegevorgang mit Kfz-Verkehr (oben) und Fußverkehr (unten) (eigene Darstellung)	48
Abbildung 17: Linksabbiegen mit indirekter Radverkehrsführung im Kreuzungsbereich (FGVS 2010, S. 47).....	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Subjektive Sicherheit, Stress und konkrete Mängel in der Infrastruktur – Erfassungsmethoden (eigene Darstellung).....	7
Tabelle 2: Ablaufplan (eigene Darstellung)	27
Tabelle 3: Trigger (eigene Darstellung).....	32
Tabelle 4: Abgleich von Antworten und Videoanalyse (eigene Darstellung).....	36

Abkürzungen

ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V.
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
d. h.	das heißt
et al.	et alteri (und andere)
GIS	Geografisches Informationssystem
Hg.	Herausgeber
Kfz	Kraftfahrzeug
LSA	Lichtsignalanlage
StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
VR	Virtual Reality
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

Das Fahrrad genießt in Deutschland seit einigen Jahren große Popularität. Ob aus einem wachsenden Umweltbewusstsein heraus oder aufgrund eines Imagewandels, das Fahrrad spielt in der Alltagsmobilität vieler Menschen eine zunehmende Rolle (Eisenmann et al. 2018, S. 96). Im Nationalen Radverkehrsplan 2020 wird eine Steigerung des aufkommensbezogenen Radverkehrsanteil auf 15% angestrebt (BMVBS 2012, S. 77). Die Bundesregierung hat es sich unterdessen zum Ziel gesetzt, sowohl die Stickstoffdioxid- als auch die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors drastisch zu reduzieren (BMUB 2016; Bundesregierung 2017). Als umweltfreundliches Verkehrsmittel gewinnt das Fahrrad somit auch in der Verkehrs- und Mobilitätspolitik an Bedeutung. Während der Radverkehrsanteil in Deutschland in den vergangenen Jahren leicht gestiegen ist (Eisenmann et al. 2018, S. 95), kommt die Entwicklung in einigen Städten und Kommunen trotzdem nur langsam voran.

„Im Zusammenhang mit der Förderung des Radverkehrs ist ein weiterer Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur nötig.“ (BMVBS 2012, S. 25). Dies bezieht sich einerseits auf die Schaffung von objektiv sicherer Radverkehrsinfrastruktur für die steigende Zahl an Radfahrenden. Zugleich soll der Radverkehr attraktiver gestaltet werden um mehr Menschen zum Umstieg auf das Fahrrad zu bewegen. Vor diesem Hintergrund spielt die subjektive Sicherheit von Radverkehrsanlagen¹ eine zentrale Rolle. Studien zeigen, dass das fehlende Sicherheitsempfinden, vor allem auch in Städten mit einem geringen Radverkehrsanteil, für viele Menschen ein zentrales Hemmnis darstellt (Thornton et al. 2011; Horton 2007; Hull und O'Holleran 2014; Wang et al. 2014). Bei der Planung von Radverkehrsanlagen sollte deswegen auch das individuelle Sicherheitsempfinden der Nutzer Beachtung finden. Neben dem Sicherheitsempfinden wird mitunter auch die Reduzierung von Stress im Radverkehr als wichtige Zielgröße zur Steigerung des Radverkehrsanteils angeführt (Graf 2016).

In Bezug auf die subjektive Sicherheit von Radverkehrsanlagen wird in der Literatur eine Reihe von verschiedenen Untersuchungsmethoden diskutiert. Diese Ansätze können jedoch nur bedingt als Grundlage für eine effektive Radverkehrsförderung dienen. In der Realität gibt es in Deutschland bei gleichem Anlagentyp oft große Unterschiede in der konkreten Ausgestaltung. Die fraglichen Anlagen unterscheiden sich beispielsweise in der Breite des Fahrstreifens und in ihrer Einsehbarkeit. Diese baulichen Unterschiede wirken sich stark auf das subjektive Sicherheitsempfinden und auf das Unfallgeschehen an den fraglichen Stellen aus (Alrutz et al. 2009, S. 117f.) und sind deswegen nicht zu vernachlässigen.

¹ Subjektive Sicherheit als Entwurfsanforderung: „Vermeidung von Situationen, in denen sich die Nutzer gefährdet oder überfordert fühlen“ (FGSV (2010), S.15).

Unter dem Stichwort „mobile Partizipation“² entstehen zugleich neue Möglichkeiten der Mitgestaltung in der Verkehrsplanung von Städten und Kommunen. Anwendungen wie *SeeClickFix*, die es den Bürgerinnen und Bürgern ermöglichen, konkrete Mängel in der kommunalen Infrastruktur unbürokratisch an die Verwaltung zu melden, genießen bereits heute große Popularität (SeeClickFix 2018). Über die Verwaltung von konkreten Anliegen im Straßenraum hinaus, ergeben sich aus den Methoden mobiler Partizipation neue Möglichkeiten, Erkenntnisse über die Wahrnehmung der Radfahrenden zu gewinnen.

1.1 Problemstellung

Während die Beschäftigung mit der subjektiven Wahrnehmung in der Verkehrsplanung traditionell eine eher untergeordnete Rolle spielt, ist sie in der Architektur und Stadtplanung seit jeher von zentralem Interesse. Das Konzept von *EmoCycling* (Groß und Zeile 2016) geht auf die Idee der „emotionale[n] Stadtkartierung“ (Zeile 2010, S. 216) zurück. Das Konzept arbeitet mit Ansätzen der Humansensorik³ und versucht Stresssituationen von Radfahrenden im Verkehrsnetz abzubilden. Mithilfe von Stressmessungen über ein Smartband, ähnlich einem Fitnessarmband, werden Stresssituationen erkannt und auf einer Karte dargestellt. So ist es möglich, neuralgische Punkte im Verkehrsnetz zu identifizieren und anhand von Videoaufnahmen zu analysieren (Groß 2015). Ziel ist es dabei, ein Instrument zu entwickeln, mit dem die Radfahrenden Einfluss auf die Verkehrsplanung in ihren Kommunen und Städten nehmen können. *EmoCycling* ist somit als Ansatz der „mobilen Partizipation“ zu verstehen.

Ein Problem von innovativen Studien, die zum Teil auf der Auswertung von Videoaufnahmen beruhen, ist, dass ihre Auswertung zurzeit meist noch sehr aufwändig ist (Groß 2015; Götschi et al. 2017; Schleinitz et al. 2015). Im Falle von *EmoCycling* müssen viele Stunden Videomaterial gesichtet werden, um die Stressmessungspunkte zu verifizieren und zu kategorisieren. Dieser Zeitaufwand stellt eine Barriere für eine großflächige Anwendung der Methode dar. Eine zentrale Herausforderung bei der Weiterentwicklung des Konzepts von *EmoCycling* ist es deswegen, zusätzlich zu den Stressdaten relevante Informationen zu Kontext und Rahmenbedingungen der jeweiligen Stresssituation zu gewinnen.

Im Rahmen der vorliegenden Studie soll eine Methode konzipiert und getestet werden, mit der die Radfahrenden gefährliche oder störende Situationen während der Fahrt markieren und im Anschluss kommentieren können. Um eine problematische Verkehrssitu-

² Siehe Kapitel 2

³ Zentrale Idee der Humansensorik ist, „dass der Mensch, [...] als umfassender und aktiver Sensor für sich und seine Umwelt auftritt.“ (Exner, Bergner et al. (2012), S.690).

ation zu markieren drücken die Probanden während der Fahrt auf einen am Lenker befestigten „Push Button“⁴. Die markierten Stresspunkte werden im Anschluss an die Fahrt in einer Karte visualisiert, sodass die Probanden Informationen zu den einzelnen Punkten angeben können. Ähnliche Methoden finden bereits in anderen Radverkehrsstudien Anwendung (Dozza et al. 2012; Bike Citizens 2017). Der Push Button ermöglicht es, die während der Fahrt erfahrenen Stresssituationen präzise zu lokalisieren und kann als Erinnerungstütze dienen. Die Angaben zu den markierten Punkten geben Aufschluss darüber, was die Probanden tatsächlich als gefährlich oder störend empfinden und sind dementsprechend essentieller Bestandteil der Analyse.

Eine Kombination des Ansatzes von *EmoCycling* mit der Methode des Push Buttons bietet die Möglichkeit, sowohl objektivierte als auch subjektive Daten zum Stress- und Sicherheitsempfinden der Radfahrenden zu erfassen. Ein Vergleich der beiden Untersuchungsansätze gibt Aufschluss über Potenziale und Einschränkungen der beiden Methoden.

1.2 Zielsetzung

Ziel der Studie ist es, die beschriebene kombinierte Methode anhand einer kleinen Studie in Karlsruhe zu testen. Zu diesem Zweck wird geprüft, ob sich aus der Kombination von Stressmessung und Push Button verkehrsplanerisch relevante Ergebnisse zum Stress- und Sicherheitsempfinden der Radfahrenden in Karlsruhe ableiten lassen.

Im ersten Teil der Auswertung wird die Eignung der Methode des Push Buttons zur Erfassung und Dokumentation von Stresspunkten im Radverkehr evaluiert. Es wird geprüft, ob die Probanden in der Lage sind, die von ihnen markierten Problemstellen korrekt zuzuordnen und zu beschreiben. Hierfür werden die Angaben zu den markierten Stresspunkten ausgewertet und mittels einer Videoanalyse verifiziert. Zudem wird untersucht, ob die Angaben der Radfahrenden die relevanten Informationen zu den jeweiligen Punkten liefern können.

Im zweiten Teil der Studie werden die Daten aus der Stressmessung und den markierten Stresspunkten verglichen. In diesem Sinne wird geprüft, wie hoch die Übereinstimmung zwischen den beiden Ergebnismengen ist. Anhand der Daten zu den einzelnen Streckenabschnitten wird geprüft, welche konkreten verkehrsplanerischen Ergebnisse sich ableiten lassen. Dabei geht es nicht darum konkrete Handlungsempfehlungen zu formulieren. Ziel der Analyse ist es vielmehr die Erhebungsmethoden anhand der Ergebnisse zu evaluieren und Potentiale und Einschränkungen der beiden Methoden herauszustellen.

⁴ Simpler Druckknopf, der durch kurzen Tastendruck eine entsprechende GPS-Marke setzt.

1.3 Vorgehensweise

Zu Beginn der Studie steht eine Literaturrecherche mit einem Überblick zur Methodik verschiedener wissenschaftlicher und zivilgesellschaftlicher Ansätze. Die Betrachtung reicht von Anwendungen mobiler Partizipation bis hin zu wissenschaftlichen Untersuchungen. Ziel dabei ist es, Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden herauszustellen und das Konzept von *EmoCycling* methodisch einzuordnen.

Im nächsten Schritt werden die Methode, das Vorgehen und der Ablauf der Studie erläutert (Kapitel 3). In Kapitel 4 folgt eine erste Auswertung der Ergebnisse der Stressmessung und der mittels Push Button markierten Stresspunkte. Die Punkte aus der Stressmessung werden mithilfe einer Videoanalyse verifiziert und kategorisiert, die Angaben zu den markierten Stresspunkten werden anhand der Videoaufnahmen überprüft.

Die vergleichende Analyse in Kapitel 5 stellt den Kern der Studie dar. In diesem Kapitel werden die Daten aus beiden Erhebungsmethoden ortsbezogen ausgewertet und analysiert. Aus den Ergebnissen der Analyse werden Rückschlüsse über die Methoden der Stressmessung und des Push Buttons gezogen. Anschließend werden Ergebnisse und Einschränkungen in Bezug auf die beiden Erhebungsmethoden und die Methodik der Studie diskutiert (Kapitel 6). Das Fazit fasst die Ergebnisse der Studie zusammen und gibt einen kurzen Ausblick.

2 Theorie: Aus der Perspektive der Radfahrenden

Vor dem Hintergrund einer verstärkten Radverkehrsförderung gewinnt das Thema der subjektiven Sicherheit von Radverkehrsanlagen in der Forschung zunehmend an Bedeutung. Besonderes Interesse gilt in diesem Zusammenhang der Identifikation von baulichen Merkmalen, die das Sicherheitsempfinden der Radfahrenden beeinträchtigen. Zur Bewertung der subjektiven Sicherheit von Radverkehrsanlagen liefert die Literatur eine Reihe von unterschiedlichen Untersuchungsansätzen. Während ein Teil der Studien Vor-Ort-Befragungen zu konkreten Verkehrsanlagen durchführt, beruht die Großzahl der Untersuchungen auf fragebogenbasierten Umfragen. Andere Studien versuchen anhand von Wegetagebüchern Erkenntnisse über Situationen zu gewinnen, in denen das Sicherheitsgefühl der Radfahrenden beeinträchtigt ist. Aufgrund von methodischen Einschränkungen geben diese Untersuchungsansätze allerdings nur bedingt Aufschluss über die alltäglichen Erfahrungen der Radfahrenden.

Hier versprechen Methoden mobiler Partizipation neue Erkenntnisse. Sie erfassen die Empfindungen und Anliegen von Radfahrenden zu konkreten Problemstellen im Radverkehrsnetz. Der Begriff „mobile Partizipation“ steht dabei in direktem Zusammenhang zum Konzept der e-Partizipation und kann als weiterer „Entwicklungsschritt von analogen Partizipationsverfahren über Desktop-basierte (ePartizipation) hin zu einer Beteiligung ‚on-the-go‘“ (Höffken 2014, S. 115) verstanden werden. Neben dem Konzept der mobilen Partizipation wird in der Literatur im Zusammenhang mit dem Leitbild der „smart city“ eine Vielzahl verwandter Konzepte diskutiert. Darunter unter anderem die Konzepte von „e-government“ (Krishnan et al. 2017) und „Participatory Sensing“ (Campbell 2006). Die betreffenden Anwendungen und Apps werden sowohl von zivilgesellschaftlichen Initiativen als auch von der Wissenschaft und den Kommunen selbst initiiert und entwickelt und weisen dementsprechend sehr heterogene Herangehensweisen auf.

Der Anspruch des Konzepts von *EmoCycling* ist zwischen den Konzepten von wissenschaftlichen Studien und Methoden mobiler Partizipation angesiedelt. Dieses Kapitel soll deshalb einen systematischen Überblick über die methodische Vielfalt von Ansätzen geben, die sich mit der Radverkehrsinfrastruktur aus der Perspektive der Radfahrenden beschäftigen. Versucht wird ein methodischer Überblick der sowohl wissenschaftlichen Studien zu subjektiver Sicherheit als auch Konzepte mobiler Partizipation umfasst. Beleuchtet werden dabei ausschließlich Studien und Ansätze mit einem direkten Bezug zur Radverkehrsinfrastruktur. Untersuchungen die sich mit nicht-infrastrukturellen Einflüssen auseinandersetzen, werden nicht berücksichtigt.

Aufbauend auf einer Unterteilung in 3 Konzepte (siehe 2.1.) wird die Vorgehensweise der unterschiedlichen Untersuchungs- und Partizipationsformate diskutiert. Ein Zwischenfazit fasst die Potentiale und Einschränkungen der unterschiedlichen Konzepte zusammen. Ziel der Analyse in diesem Kapitel ist es, einen Einblick in die Potentiale der

mobilen Partizipation zu geben, Methoden zur Messung von Stress und subjektiver Sicherheit zu diskutieren und Erkenntnisse für die Konzeption des hier vorgestellten Untersuchungsaufbaus zu gewinnen.

2.1 Mobile Partizipation und Forschung

Die für die theoretische Betrachtung in diesem Kapitel herangezogenen Untersuchungen und Ansätze unterscheiden sich sowohl in ihrer Methodik als auch in ihrer inhaltlichen Ausrichtung. Anhand von Herangehensweise und Zielsetzung lassen sich zwei unterschiedliche Typen unterscheiden:

Die betrachteten wissenschaftlichen Studien gehen, wie alle wissenschaftlichen Untersuchungen, von einer spezifischen Fragestellung aus. In Bezug auf die Verkehrsplanung steht in diesem Zusammenhang meist die subjektive Sicherheit der Radfahrenden im Vordergrund. Die Erhebungsmethoden werden entsprechend der Fragestellung gewählt. Dabei wird darauf geachtet, dass die Ergebnisse der Studien Erkenntnisse über allgemeine Zusammenhänge liefern. Die Ergebnisse finden dann zum Teil Eingang in die nationalen Empfehlungen und Vorschriften für die Gestaltung von Radverkehrsanlagen wie die Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA).

Bei Ansätzen mobiler Partizipation steht die Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger an den Planungsprozessen der Verwaltung im Zentrum. Mit den betrachteten Anwendungen sollen neue Möglichkeiten geschaffen werden, mit denen die Radfahrenden Einfluss auf die Gestaltung der Radverkehrsinfrastruktur nehmen können. Dabei ist die inhaltliche Ausrichtung meist weniger spezifisch. Oftmals konzentriert sich die Partizipation vor allem auf die Mitteilung von ortsspezifischen Anliegen und Mängelberichten. Abhängig von der jeweiligen Ausrichtung, Verbreitung und der Integration der Anwendung in die Strukturen der Verwaltung, finden die Informationen unterschiedlich viel Beachtung in der Verkehrsplanung.

Anhand dieser Überlegungen lassen sich Spannungsfelder identifizieren die im Folgenden als Kriterien zur Abgrenzung von 3 Kategorien dienen (siehe Tabelle 1):

- Inhaltlich: ortsbezogene Anliegen vs. theoriebezogene Fragestellung,
- Teilnehmerkreis: potenziell groß vs. auf Probanden beschränkt,
- Zeitlich: fortlaufend vs. punktuell.

Neben der Unterscheidung zwischen mobiler Partizipation und wissenschaftlichen Untersuchungen ist in diesem Zusammenhang eine weitere Unterteilung von Anwendungen mobiler Partizipation von Bedeutung. Mit Bezug auf die Typologisierung von Einsatzfeldern der mobilen Partizipation nach Höffken (2014) soll hier zwischen Anwendungen der mobilen Mitgestaltung und solchen der mobilen Datenerfassung unterschieden werden.

	Mobile Mitgestaltung	Mobile Datenerfassung	Befragungen und Umfragen
Inhaltliche Ausrichtung	(allgemeine) ortsbezogene Anliegen	Orts- und theoriebezogene Fragestellung	spezifische theoriebezogene Fragestellung
Teilnehmerkreis	Potenziell groß	Begrenzt	Probanden
Erhebungszeitraum	Meist unbegrenzter Zeitraum (fortlaufendes Anliegenmanagement)	Meist begrenzter Zeitraum	Meist punktuelle Umfragen/ Vor-Ort-Befragungen
Partizipationslevel	Hoch	Mittel - Hoch	Gering
Feedback	Ja	Indirekt	Nein
Beispiele	SeeClickFix., Stadtradeln-RADar, KA feedback	EmoCycling, PING, people as sensors	Fragebogen, Vor-Ort-Befragungen

Tabelle 1: Subjektive Sicherheit, Stress und konkrete Mängel in der Infrastruktur – Erfassungsmethoden (eigene Darstellung)

Abbildung 1 veranschaulicht die Wirkungsweise der beschriebenen Ansätze. Mit den beiden beschriebenen Methoden mobiler Partizipation haben die Bürgerinnen und Bürger die Möglichkeit, direkt auf die Verkehrsplanung vor Ort Einfluss zu nehmen. Im Gegensatz dazu haben auf Befragungen und Umfragen basierende Studien nur indirekt Einfluss auf die Entscheidungen in der Verkehrsplanung. Sie dienen allein der Forschung und fließen so allenfalls über Empfehlungen und Regulierungen wie die Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA) in verkehrsplanerische Entscheidungen mit ein.

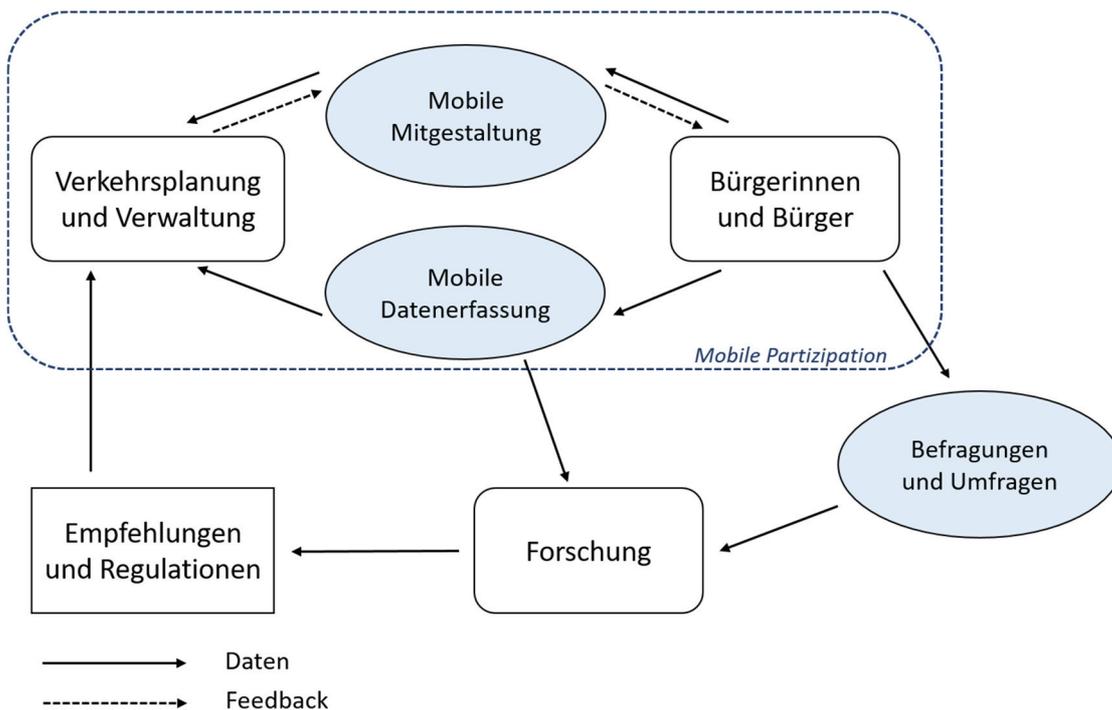


Abbildung 1: Mobile Partizipation und Forschung (eigene Darstellung)

2.2 Mobile Mitgestaltung

Die rasante Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologie hat das Leitbild einer vernetzen, auf Ihre Bürgerinnen und Bürger ausgerichteten („citizen-centric“) smart city hervorgebracht (Albino et al. 2015; Kitchin 2014; Townsend 2013). In diesem Kontext stellt das Konzept der mobilen Partizipation ein großes Potential zur Einbeziehung der Bürgerinnen und Bürger in den Verwaltungsprozess dar (Afzalan et al. 2017, S. 21).

Das Einsatzfeld der mobilen Mitgestaltung ist eine effektive und zielgerichtete Form der mobilen Partizipation. In seiner Typologisierung definiert Höffken mobile Mitgestaltung als „Kollaborative Formen [der] Datenerfassung und [des] Informationsaustauschs, die mittelbaren Nutzen für die Nutzer haben.“ (Höffken 2014, S. 119) Sie erlaubt es den Städten und Kommunen, mithilfe der Bürgerinnen und Bürger Informationen über konkrete Missstände in der kommunalen Infrastruktur zu gewinnen. Mit dieser Art der Partizipation übernehmen die Bürgerinnen und Bürger eine Art Monitoring Funktion, was unter anderem dazu beitragen kann, dass die Kommunen ihre Ressourcen effizienter einsetzen können (Masdeval und Veloso 2015, S. 147).

Die App *SeeClickFix* beispielsweise, verspricht die Kommunikation zwischen den Bewohnern und der lokalen Verwaltung zu fördern (Slotnik 2010). Die Anwendung ermöglicht es den Bürgerinnen und Bürgern, lokale Probleme wie Schlaglöcher und Verschmutzung an die Verwaltung zu melden. Dazu markieren registrierte Nutzer in teilnehmenden Städten und Kommunen per App oder Desktop-Anwendung den betreffenden

Ort auf der Karte. Die Nutzer sind dann aufgefordert, weitere Informationen zu dem angetroffenen Problem in die App einzugeben und können zusätzlich ein Foto hochladen. Die App wurde 2008 in den USA als Unternehmen eingetragen (Slotnik 2010). Das Unternehmen arbeitet mit über 300 Kommunen und Partnerorganisationen zusammen und hat mittlerweile über 1.000.000 Nutzer (SeeClickFix 2018).

Andere Anwendungen wurden auf Initiative von Städten und Kommunen erarbeitet. So zum Beispiel die *KA-Feedback-App*, die im Auftrag der Stadt Karlsruhe und der Stadtwerke Karlsruhe vom Forschungszentrum Informatik (FZI) entwickelt wurde (Stadt Karlsruhe 2017). Mithilfe der App können Nutzer Mängel in der Karlsruher Infrastruktur, wie z.B. bei der Beschilderung und Verkehrsführung melden. Hierfür können sie unter verschiedenen Mängelkategorien wählen, darunter auch Kategorien wie „Radwegführung unklar“ oder „Radweg oder Gehweg oftmals zugeparkt“. Zusätzlich sind die Nutzer gebeten, den Sachverhalt zu beschreiben und die Problemstelle auf einer, auf *Google Maps* basierenden Karte zu verorten. Über Email erhalten die Nutzer Nachricht über den Bearbeitungsstand der Meldung. Zusätzlich sind die Meldungen mit Bearbeitungsstand auch in einer öffentlichen Liste einsehbar. Monatlich gingen auf diese Weise, in der zweiten Hälfte von 2017 im Durchschnitt ca. 500 Meldungen bei der Stadtverwaltung ein (*KA-Feedback - Trends 2018*).

Anwendungen wie *KA-Feedback* und *SeeClickFix* können auch dem Konzept des Anliegenmanagements zugeordnet werden. „Im Unterschied zu klassischen Meldungen an Ämter (per Telefon, Brief, etc.) sind die Daten [bei Anwendungen des Anliegenmanagements] öffentlich einsehbar, d. h. Meldung, Thema und Bearbeitungsstand sind durch das Trackingverfahren nachvollziehbar.“ (Höffken 2014, S. 54). Die Anliegen werden einzeln bearbeitet und die Nutzer erhalten Feedback zum Bearbeitungsstand. In dieser Funktionsweise liegt ein wesentlicher Unterschied zum Konzept der mobilen Datenerfassung bei der die Daten ausschließlich in aggregierter Form ausgewertet werden und die Teilnehmer kein direktes Feedback erhalten.

Speziell für Anliegen, die die kommunale Radverkehrsinfrastruktur betreffen, steht den Kommunen und Städten in Deutschland die Meldeplattform *RADar!* zur Verfügung. *RADar!* wurde im Rahmen der Kampagne *STADTRADELN* des Netzwerks Klima-Bündnis entwickelt. Kommunen und Städte sind eingeladen das Angebot für den Zeitraum der jährlichen Mitmachaktion *STADTRADELN*, für einen bestimmten Zeitraum oder ganzjährig freizuschalten (Klima-Bündnis 2017, S.11). Auf diese Weise wird den Städten und Kommunen die Möglichkeit geboten, die App erst einmal für einen bestimmten Zeitraum zu testen. Darüber hinaus funktioniert *RADar!* ähnlich wie Anwendungen wie *SeeClickFix*. Registrierte Nutzer können Problemstellen markieren und relevante Informationen hinzufügen. Die Sektion zur Angabe des Meldungsgrunds umfasst Kategorien wie: „Oberfläche“, „Verkehrsbeschilderung/ Markierung/ Beleuchtung“, „Radwegweisung“, „Behinderung“ und „Lichtsignalanlage (Ampel)“ mit entsprechenden Unterkategorien. Eine Analyse der Meldungskategorien zeigt, dass die Anwendungen vornehmlich offensichtliche Mängel erfasst. Auf den Verkehr bezogene Probleme, wie zum Beispiel das

eingeschränkte Sicherheitsgefühl auf stark befahrenen Straßen mit schmalen Schutzstreifen, finden hingegen weniger Berücksichtigung.

Die Meldungen werden an die im Vorhinein festgelegte städtische Stelle übermittelt und die Nutzer erhalten Rückmeldung über den Bearbeitungsstand. Zusätzlich können die Kommunen darüber entscheiden welche Meldungen öffentlich einsehbar sind. Wie alle hier betrachteten Formen der mobilen Mitgestaltung fordert eine Integration der Meldeplattform *RADar!* in den Verwaltungsprozess einen hohen Grad an Engagement seitens der Kommune. Die *RADar!*-Webseite formuliert einen entsprechenden Appell an die Entscheidungsträger in den Kommunen: „Wenn sich Ihre Kommune entschieden hat *RADar!* anzubieten, so sollten Sie die Meldungen Ihrer RadlerInnen ernst nehmen und möglichst zeitnah darauf reagieren bzw. die Meldungen abarbeiten. Planen Sie demnach entsprechende Ressourcen ein!“ (Klima-Bündnis 2017, S. 10).

Dienste, die der mobilen Mitgestaltung zur Schaffung und Erhaltung einer attraktiven Radverkehrsinfrastruktur dienen, versprechen einen hohen Grad an Partizipation. Die Nutzer fühlen sich mit ihren Anliegen ernstgenommen und haben das Gefühl, konkret etwas zur Verbesserung der Radverkehrssituation beitragen zu können. Voraussetzung hierfür ist, dass die Kommunen genügend Ressourcen bereitstellen um die Anliegen zeitnah zu bearbeiten. Im Gegensatz zu Anwendungen der mobilen Datenerfassung beschränkt sich die Teilnahme nicht auf einen bestimmten Kreis an Nutzern. Alle interessierten Bürgerinnen und Bürger können sich registrieren und ihre Anliegen per App oder Desktopanwendung mit der Verwaltung teilen.

Ein Nachteil des Prinzips der mobilen Mitgestaltung wie es hier diskutiert wird ist, dass das Potential der durch die Nutzer generierten Daten nur zu einem kleinen Teil genutzt wird. Die Daten werden in der Regel ausschließlich zur Behebung von konkreten Mängeln verwendet und nicht wie im Falle der mobilen Datenerfassung, auf allgemeine Zusammenhänge in der Wirkung und Bewertung bestimmter Radverkehrsanlagen hin ausgewertet. Jede Meldung muss separat geprüft, ausgewertet und bearbeitet werden. So verursacht das Verfahren für die Kommunen, je nach Annahme durch die Bevölkerung, einen erheblichen und zum Teil schwierig abzuschätzenden Arbeitsaufwand.

2.3 Mobile Datenerfassung

Anwendungen der mobilen Datenerfassung gehen über ein reines Anliegenmanagement wie das der unter 2.1.1. beschriebenen Dienste, hinaus. Neben der Erfassung von lokalen Problemstellen verfolgen Anwendungen der mobilen Datenerfassung das Ziel, die gewonnenen Daten in einem größeren Zusammenhang darzustellen und auszuwerten. Das Prinzip der Datenerfassung ist dabei sehr ähnlich. Georeferenzierte Daten werden mithilfe von Nutzern erfasst und kommentiert. Nach Höffken ist mobile Datenerfassung die „Kollaborative Erfassung und Sammlung von Daten durch Beteiligung der Nutzer als Sensoren.“ (Höffken 2014, S. 119). Die gewonnenen Informationen werden, im Gegen-

satz zur Mobilen Mitgestaltung, nicht einzeln verarbeitet, sondern aggregiert ausgewertet. Der Zeitraum der Datenerhebung ist dementsprechend meist beschränkt, was die Aufteilung in eine Erhebungs- und eine Auswertungsphase ermöglicht. Im Vergleich zu Anwendungen der mobilen Mitgestaltung steht bei der mobilen Datenerfassung weniger die Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger als vielmehr die Gewinnung von realistischen Daten im Vordergrund.

Die Anwendung *PING if you care!* kann als eine Art Weiterentwicklung von Anwendungen des Anliegenmanagements betrachtet werden. Das Projekt *PING if you care!* wurde von *Bike Citizens* entwickelt und 2017 erstmals in Brüssel über den Zeitraum von einigen Monaten getestet (Bike Citizens 2017). Für die Studie wurden insgesamt 1000 Radfahrende ausgewählt und mit einem *PING* Button ausgestattet (Schaap 2017). Der *PING* Button ermöglicht es den Nutzern Störstellen während der Fahrt zu markieren und im Anschluss daran in der *Bike Citizens* App zu kommentieren. Dafür drücken die Radfahrenden während der Fahrt auf den am Lenker befestigten Knopf sobald sie eine störende Situation erleben. Der *PING* Button schickt über Bluetooth ein Signal an das mit dem Button verbundene Smartphone, das die GPS-Koordinaten des jeweiligen Standorts aufzeichnet. Im Anschluss an die Fahrt werden die markierten Punkte in der App auf einer Karte angezeigt. Die Nutzer können dann zwischen verschiedenen Störkategorien wählen und weitere Informationen zu dem Vorfall angeben. Im Unterschied zu Anwendungen der mobilen Mitgestaltung werden die so ermittelten Daten nicht einzeln an die zuständigen Behörden übermittelt, sondern in einer Datenbank gespeichert und in ihrer Gesamtheit ausgewertet. Die Auswertung der Daten übernehmen die Mitarbeiter von *Bike Citizens* als Analyseinstanz zwischen Nutzer und Verwaltung. Am Ende des Analyseprozesses werden die Ergebnisse dann der Stadtverwaltung vorgestellt.

Einen komplementären Ansatz verfolgen Studien, die für die Erfassung von emotionalen Reaktionen im städtischen Kontext auf Methoden der Humansensorik zurückgreifen. Die technologischen Voraussetzungen für die Analyse von psychophysiologischen Daten über Sensoren auf der Haut haben sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt. Unter dem Titel *EmoCycling* untersuchen Groß und Zeile (Groß und Zeile 2016) im Rahmen des Forschungsprojekts *Urban Emotions* (Zeile et al. 2015a) die negativ-emotionalen Reaktionen von 75 Radfahrenden in Worms. Ein Smartband, ähnlich einem Fitnessarmband, misst Hauttemperatur und -leitfähigkeit und erkennt darüber psychophysiologische Reaktionen wie Stress (Groß und Zeile 2016). Stress wird in diesem Zusammenhang, in Übereinstimmung mit Emotionsforschern, als Konstrukt aus Angst und Ärger definiert (Kreibig 2010).

Die Probanden fahren, ausgestattet mit dem Smartband, einem GPS-Tracker und einer GoPro Videokamera eine vorgegebene Route ab. Mit dem GPS-Tracker wird der zurückgelegte Weg aufgezeichnet, sodass die mit dem Smartband registrierten Stresssituationen später im Straßennetz verortet werden können. Die Videoaufnahme ermöglicht es, die Stresssituationen im Nachhinein auszuwerten und zu prüfen ob es sich um planerisch relevante Vorfälle handelt. Vor und nach der Messfahrt füllen die Probanden

jeweils einen Fragebogen aus in dem sie erwartete und während der Messfahrt tatsächlich erlebte Stresssituationen auf einer Karte lokalisieren. Im Anschluss an die Studie werden die in der Stressmessung identifizierten Stresssituationen mithilfe der Videoanalyse verifiziert und die Fragebögen separat ausgewertet. Ein Vergleich der Ergebnisse aus Fragebögen und Stressmessung zeigt, dass die im Fragebogen erfassten subjektiven Erfahrungen der Probanden durch die psychophysiologische Messung zuverlässig verifiziert werden können (Groß und Zeile 2016). Auf der anderen Seite sind etwa 70% der durch die Stressmessung lokalisierten Ereignisse auch in den Fragebögen dokumentiert. Unklar ist, ob die Probanden die betreffenden Situationen nicht bewusst wahrnehmen oder ob sie sie vergessen.

Aus den Ergebnissen der Studie leiten Groß und Zeile (Groß und Zeile 2016) sowohl konkrete Handlungsempfehlungen für die Radverkehrsinfrastruktur in Worms als auch allgemeine Erkenntnisse über das Zusammenwirken verschiedener Stressauslöser (Trigger) ab. Das Konzept arbeitet folglich sowohl auf der ortsbezogenen Ebene, wie die in 2.2 diskutierten Methoden der Mobilen Mitgestaltung, als auch auf der abstrahierenden Ebene von wissenschaftlichen Untersuchungen (2.4). Das innovative Potential der Methode von *EmoCycling* liegt dabei in der objektivierten Messung von Stress. Die angewandte Messmethode über das Smartband fügt sich zudem optimal in den Trend des „quantified self movements“ ein, das sich dadurch auszeichnet, dass Individuen mithilfe von Sensoren wie Fitnessarmbändern ihre Vitaldaten aufzeichnen (Zeile et al. 2015b, S. 212f.). Mithilfe dieser Fitnessarmbänder könnte es zukünftig möglich werden, die Methode von *EmoCycling* als Partizipationsmethode in einem größeren Maßstab anzuwenden. „Die Vision ist ein flächendeckendes Wegenetz zu entwickeln, das Aussagen über den gesamtstädtischen Verkehrsraum zulässt.“ (Groß und Zeile 2016, S. 278).

Einer der Faktoren, der einer großflächigen Anwendung des *EmoCycling* zurzeit noch im Wege steht, ist die zeitaufwendige Videoanalyse die benötigt wird um die relevanten Kontextinformationen zu erheben. Eine zentrale Herausforderung von Methoden der Humansensorik ist es entsprechend, neben den Messdaten auch Informationen zum jeweiligen Kontext der erfassten Reaktion und den relevanten Rahmenbedingungen zu erfassen (Resch et al. 2015). In Bezug auf das Konzept von *EmoCycling* liegt die Herausforderung darin, den Kontext und die Rahmenbedingungen des durch die Messung erfassten Stressmessungspunkts zu erkennen. Dies ist erforderlich um 1. die durch die Stressmessung identifizierten Punkte zu verifizieren und alle nicht planerisch relevanten Punkte auszusortieren und 2. die planerisch relevanten Informationen zu Kontext und Ursache der Stresssituation zu identifizieren.

Einen Versuch in diese Richtung macht die *People as Sensors app* (Resch et al. 2015). Wie in der Untersuchung in Worms werden hier mit einem Sensor beim Radfahren gewisse emotionale Reaktionen der Probanden gemessen und georeferenziert (Zeile et al. 2016). In verschiedenen vordefinierten Situationen werden die Probanden dann über eine Push-Benachrichtigung gebeten, Informationen über ihre momentanen Empfindungen in die App einzugeben. Sobald der Sensor also beispielsweise eine emotionale Erregung erkennt, wird der Nutzer dazu aufgefordert, Informationen zu dieser registrierten

Reaktion anzugeben. Auf diese Art und Weise ist es möglich, die für die Auswertung der Messergebnisse relevanten Informationen ohne zeitliche Verzögerung von den Nutzern dokumentieren zu lassen.

Ein zentrales Problem dieser Methode ist, dass die eigentliche Erfahrung des Radfahrens durch die wiederholte Aufforderung zur Informationseingabe stark beeinträchtigt wird. Um etwa die geforderten Informationen in die App einzugeben sind die Probanden gezwungen anzuhalten oder aber während der Fahrt einen Teil ihrer Aufmerksamkeit auf das Smartphone zu richten. Dieses Vorgehen beeinflusst das Fahrerlebnis und kann unter Umständen selbst erheblichen Stress auslösen, was wiederum die Ergebnisse der Studie beeinflussen kann. Die App ist möglichst einfach und allgemein gehalten und fragt nur ein Minimum an Informationen ab um die Probanden bei der Fahrt nicht zu sehr zu stören. Verkehrsplanerisch relevante Informationen, die für die Ableitung von konkreten Handlungsempfehlungen benötigt werden, werden nicht abgefragt. Es ist demnach fraglich, ob sich die Anwendung dieses Verfahrens zur Erarbeitung konkreter verkehrsplanerischer Handlungsmaßnahmen und Erkenntnisse eignet. „Although our results can be qualitatively interpreted and used in urban planning, more research is necessary to quantitatively and automatically generate recommendations for urban planners from the measurements.“ (Zeile et al. 2016).⁵

Die hier vorgestellten Anwendungen mobiler Datenerfassung können als ein Kompromiss zwischen den Methoden mobiler Partizipation und dem wissenschaftlichen Anspruch von forschungsorientierten Studien verstanden werden. In dieser Eigenschaft bedienen sie sowohl ortsbezogene Anliegen als auch forschungsorientierte Ansprüche. Die drei diskutierten Untersuchungsansätze stützen sich auf technologische Vorrichtungen, die über die einfache Nutzung eines Smartphones hinausgehen und den Teilnehmerkreis natürlicherweise einschränken. Im Fall von *PING* ist es der technisch wenig anspruchsvolle *PING Button*. Die Ansätze von *EmoCycling* und der *People as Sensors app* unterdessen basieren auf technologisch hochentwickelter Sensortechnologie. Im Gegensatz zum Anwenderkreis von Diensten mobiler Mitgestaltung, bleibt der Teilnehmerkreis der beschriebenen Ansätze mobiler Datenerfassung dadurch beschränkt.

Der Grad der Partizipation von Anwendungen mobiler Partizipation kann gemäß Höffken als „Mittel – hoch“ (Höffken 2014, S.150) bezeichnet werden. Je nach Konzeption der Methode bekommen die Teilnehmenden keine direkte Rückmeldung zu den Ergebnissen ihrer Messfahrt und den abgeleiteten Handlungsempfehlungen. Es ist deswegen wichtig, die Ergebnisse einer solchen Erhebung regelmäßig auszuwerten, im Rahmen einer Öffentlichkeitsveranstaltung vorzustellen und mit interessierten Bürgerinnen und Bürgern zu diskutieren. In Bezug auf die Weiterentwicklung der Konzepte wären auch

⁵ „Obwohl unsere Ergebnisse qualitativ interpretiert und in der Stadtplanung verwendet werden können, wird weitere Forschung benötigt um automatische, quantitative Handlungsempfehlungen für die Stadtplaner zu generieren.“ (Übersetzung der Autorin)

integrierte Anreizsysteme denkbar. So wäre es beispielsweise möglich, den Teilnehmenden direkt Feedback zu ihren Daten zu geben und so den Anreiz zur Mitwirkung zu erhöhen.

2.4 Befragungen und Umfragen

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten zwei Formen von mobiler Partizipation dargestellt wurden, soll dieser Abschnitt einen Überblick über die Methodik von wissenschaftlichen Studien zum Thema subjektive Sicherheit bieten. Betrachtet werden hierfür verschiedene methodische Herangehensweisen von Studien, die sich mit dem Aspekt der subjektiven Sicherheit von Radverkehrsanlagen und ihren Gestaltungsmerkmalen auseinandersetzen. Vorausgegangen ist dieser Betrachtung eine ausführliche Literaturrecherche zu genanntem Thema.

Aus der Recherche ergeben sich 3 grundlegend verschiedene Untersuchungsansätze: Vor-Ort-Befragungen, auf bildbasierte Umfragen und spezielle Wegetagebücher. Im Folgenden werden diese Untersuchungsansätze anhand einer Auswahl von Studien diskutiert.

2.4.1 Vor-Ort-Befragungen

In-situ-Befragungen versprechen einen hohen Erkenntnisgewinn für die Bewertung von spezifischer Infrastruktur. Bei diesem Untersuchungsformat werden Radfahrende an ausgewählten Streckenabschnitten angehalten und direkt vor Ort zu ihrem Sicherheitsempfinden an der jeweiligen Stelle befragt. Gefragt wird dabei entweder nach der allgemeinen Beurteilung der vorgefundenen Infrastruktur, nach dem Sicherheitsgefühl in verschiedenen Verkehrssituationen oder nach eventuellen Gefahrensituationen, die die Radfahrenden an dieser Stelle bereits erlebt haben.

Dieses Vorgehen eignet sich zum Beispiel für die Evaluierung von spezifischen Infrastrukturmaßnahmen durch einen Vorher-Nachher-Vergleich. Götschi et al. (2017) entwickeln eine Methode um den subjektiven Sicherheitsgewinn der Implementierung eines Linksabbiegerstreifens für Radfahrende an einer bestimmten Kreuzung in Zürich zu messen. Die Studie unterscheidet dabei zwischen erwarteter Sicherheit („expected safety“) und wahrgenommener Sicherheit („perceived safety“). Die erwartete Sicherheit wird, entsprechend den in 2.4.2 beschriebenen Methoden, mithilfe einer bildbasierten Befragung durchgeführt. Für eine Bewertung der tatsächlich wahrgenommenen Sicherheit werden die Radfahrenden gebeten, ihr Sicherheitsgefühl der betrachteten Kreuzung auf einer Skala von 1-10 zu bewerten. Diese Befragung wird vor und nach der Markierung eines Linksabbiegestreifens durchgeführt. Anhand der Ergebnisse der Vor-Ort-Befragungen zeigen die Autoren, dass die wahrgenommene Sicherheit nach Einrichtung des Linksabbiegestreifens signifikant höher ist als davor (Götschi et al. 2017, S. 6f.).

Da es sich bei In-Situ-Befragungen nur um punktuelle Abbildungen der subjektiven Sicherheit in Bezug auf eine spezifische Infrastrukturanlage handelt, sind die Ergebnisse aus solchen Befragungen allgemein nur schlecht auf bestimmte Anlagenmerkmale übertragbar. Eine Methode um von Vor-Ort-Befragungen auf allgemeine Aussagen zu schließen ist es, bei der Auswahl der Untersuchungsobjekte darauf zu achten, dass sie in gewissen Rahmenbedingungen möglichst vergleichbar sind. Møller et al. (2008) beispielsweise, treffen die Auswahl der untersuchten Anlagen basierend auf der Übereinstimmung in den Kategorien „(1) design feature, (2) traffic volume and (3) location.“⁶ (Møller und Hels 2008, S. 1056). Die Studie untersucht die subjektive Sicherheit von Kreisverkehrsanlagen mit und ohne Radverkehrseinrichtungen. Die Autoren stützten ihre Untersuchung dabei auf Befragung an 5 verschiedenen Kreisverkehrsanlagen, davon 2 mit Radverkehrseinrichtung und 3 ohne Radverkehrseinrichtung.

Einen ähnlichen Untersuchungsansatz verfolgten auch Alrutz et al. (2009) in einer Studie zu Unfallrisiko und Sicherheitsempfinden auf unterschiedlichen Typen von Radverkehrsanlagen. Neben einer Unfalldatenauswertung führen die Autoren Verfolgungsfahrten und eine Vor-Ort-Befragung zu subjektiven Einflüsse auf das Sicherheitsempfinden durch. Mit Bezug auf die jeweilige Straße werden die Radfahrenden dazu nach der Häufigkeit des Erlebens von gefährlichen Situationen und den Gefahrenursachen gefragt. Auf Basis der Ergebnisse der Unfalldatenauswertung und der Untersuchung zu subjektiver Sicherheit leiten die Autoren Empfehlungen her. Diese Empfehlungen finden zum Teil Eingang in die ERA 2010 (Alrutz et al. 2009, S. 117).

Ein Vorteil von Vor-Ort-Befragung ist, dass die Befragten unmittelbar nach der Erfahrung zu ihrem Eindruck befragt werden können. Anders als bei einem Ansatz der beispielsweise mit einem Wegetagebuch arbeitet, wird dadurch bei einer Vor-Ort-Befragung die Gefahr einer zeitlichen Verzerrung der Antworten minimiert. Die Qualität der Daten, die über eine Vor-Ort-Befragung ermittelt werden, ist deswegen sehr hoch. Andererseits ist die Methode sehr aufwendig und kann deswegen nur punktuell angewandt werden. Eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Radverkehrsanlagen gestaltet sich deswegen als schwierig. Ein weiteres Problem von Vor-Ort-Erhebungen zu subjektiver Sicherheit ist, dass ausschließlich Radfahrende befragt werden, die die untersuchte Anlage benutzen. Es ist deswegen davon auszugehen, dass Menschen, die die Anlage als zu gefährlich wahrnehmen und sie deswegen nicht, oder nur selten benutzen in den Befragungen unterrepräsentiert sind (Møller und Hels 2008, S. 1060).

2.4.2 Bildbasierte Umfragen

Ein großer Teil der Studien zum Sicherheitsempfinden von Radfahrenden arbeitet mit Fragebögen und Abbildungen von bestimmten Infrastruktureinrichtungen. Basierend auf den Abbildungen werden die Befragten nach ihrem Sicherheitsgefühl zu der jeweiligen

⁶ „(1) Gestaltungsmerkmale, (2) Verkehrsaufkommen und (3) Lokalisierung“ (Übersetzung der Autorin)

Anlage und beschriebenen Verkehrssituation befragt. Bei den Abbildungen handelt es sich um Skizzen oder seltener um Fotos von den untersuchten Verkehrsanlagen.

Eine entsprechende Studie vergleicht beispielsweise die Attraktivität von Radfahrstreifen, baulich angelegten Radwegen und für den Radverkehr freigegebenen Gehwegen in Deutschland (Hagemeister und Schlag 2014). Auf Grundlage von Skizzen bewerten die Befragten die 3 Anlagentypen anhand von 12 Kriterien, wie „no obstacles“, „no danger“ und „direction visible“⁷ (Hagemeister und Schlag 2014, S. 4). Eine andere Studie konzentriert sich auf das Sicherheitsgefühl von Radfahrenden an unsignalisierten Knotenpunkten in Queensland (Ng et al. 2017). Die in diesem Zusammenhang verwendeten Abbildungen zeigen für jede der untersuchten Radverkehrseinrichtungen zusätzlich eine Reihe von unterschiedlichen Verkehrssituationen. Chataway et al. (2014) vergleichen mit einer Online Umfrage das Verhalten und Sicherheitsempfinden von Radfahrenden in Brisbane und Kopenhagen. Anhand von generischen Abbildungen bewerten die Befragten bestimmte Infrastruktur Layouts. Die repräsentierten Anlagen unterscheiden sich dabei in der Anzahl an Fahrstreifen, der Verfügbarkeit von Radwegen und der Ausgestaltung des ruhenden Verkehrs (Chataway et al. 2014).

Ein Vorteil von Umfragen gegenüber Vor-Ort-Befragungen ist es, dass sich die Befragten bei der Bewertung bestimmter Anlagentypen auf die gefragten Gestaltungsmerkmale konzentrieren können und dabei in ihrer Beurteilung nicht von anderen Rahmenbedingungen beeinflusst sind. Faktoren wie Verkehrsstärke und kleinere Abweichungen in der Ausgestaltung der Anlagen können die Ergebnisse von Vor-Ort-Befragungen stark beeinflussen. Bildbasierte Umfragen hingegen, finden in einer kontrollierten Versuchsumgebung statt. Irrelevante Umgebungsfaktoren haben demnach keinen Einfluss auf die Ergebnisse und die betrachteten Gestaltungselemente können quasi „isoliert“ bewertet werden.

Auf der anderen Seite, können die verwendeten Abbildungen nur eine stark abstrahierte Darstellung der Wirklichkeit liefern. Es ist deswegen fraglich, wie aussagekräftig die Antworten aus dieser Art von Umfrage sind. Götschi et al. (2017) vergleichen die, im Rahmen einer Vor-Ort-Befragung ermittelte wahrgenommene Sicherheit mit der erwarteten Sicherheit, basierend auf einer Fotomontage. Die Auswertung zeigt, dass die erwartete Sicherheit eines Linksabbiegestreifens als deutlich höher bewertet wird als die tatsächlich wahrgenommene Sicherheit nach Einrichten des Linksabbiegestreifens. Diese Ergebnisse sind konsistent mit einer Untersuchung von McNeil et al. (2015) zum erwarteten und tatsächlich wahrgenommenen Sicherheitsempfinden auf Radwegen.

Neue Methoden der Virtual Reality (VR) versuchen diesen methodischen Einschränkungen zu begegnen. Anstelle von Fotos und Abbildungen werden die Probanden in diesem Untersuchungsformat mit einer VR-Brille mit computergenerierten Darstellungen von unterschiedlichen Radverkehrseinrichtungen ausgestattet. Um die Erfahrung noch realer zu gestalten, werden die Probanden in einer, 2016 in Singapur durchgeführten Studie

⁷ „keine Hindernisse“, „keine Gefahr“ und „gute Sichtbedingungen“ (Übersetzung der Autorin)

gebeten auf einem Fahrrad-Heimtrainer sitzend, durch die VR-Umgebung zu fahren (Maheshwari et al. 2016). Obgleich die Methode im beschriebenen Zusammenhang große Potentiale aufweist, sind für eine zukünftige Anwendung noch weitere Untersuchungen nötig (Maheshwari et al. 2016, S. 21).

2.4.3 Wegetagebücher

Wegetagebücher werden in der Verkehrsplanung traditionell eingesetzt um das alltägliche Mobilitätsverhalten von Personen über einen bestimmten Zeitraum zu erfassen. Je nach Untersuchungsgegenstand kann in Wegetagebüchern neben Informationen zu Anlass und Dauer der Fahrt eine unterschiedliche Spannweite von Ereignissen erfasst werden. Studien zur objektiven Sicherheit konzentrieren sich zumeist auf tatsächliche Unfälle, andere erfassen auch Beinahe-Unfälle. Studien zum subjektiven Sicherheitsgefühl erfassen darüber hinaus zum Teil auch Situationen in denen sich die Radfahrenden unsicher oder gefährdet fühlen. Die Probanden notieren alle relevanten Vorfälle und Rahmenbedingungen und lokalisieren sie gegebenenfalls auf einer Karte.

Eine methodische Überlegung bei der Konzeption von Untersuchungen mit Wegetagebüchern ist die Zeitspanne über welche die Teilnehmer erlebte Ereignisse dokumentieren (Aldred und Goodman 2018, S. 162). Generell ist es sinnvoll einen Zeitrahmen zu wählen, der an die zu erwartende Häufigkeit der Vorfälle angepasst ist. Sollen auch kleinere Vorfälle, wie z.B. Beinahe-Unfälle und ein beeinträchtigtes Sicherheitsgefühl erfasst werden, sollte ein kürzerer Zeitraum gewählt werden um die Qualität der Daten zu sichern. Großen Einfluss auf die Ergebnisse der Wegetagebücher hat außerdem die Definition der Ereignisse die in den Tagebüchern erfasst werden sollen. Bei Ereignissen wie Beinahe-Unfällen oder Gefahrensituationen bei denen die persönliche Einschätzung eine große Rolle spielt, stellt die adäquate Definition der Ereignisse eine nicht zu vernachlässigende Herausforderung dar (ebd.).

Im Rahmen des UK Near Miss Project Beinahe-Unfälle in Verbindung mit Verkehrsverhalten und infrastrukturellen Bedingungen analysiert (Aldred und Goodman 2018; Aldred 2016). Die Autoren wählen dabei eine recht offene Definition der zu dokumentierenden Vorfälle. "The definition of 'incident' was left open, with participants directed to record all events they found 'frightening' and/or 'annoying'."⁸ (Aldred und Goodman 2018, S. 163). Die Probanden sind dazu aufgefordert im Voraus einen Tag festzulegen an dem sie alle Wege dokumentieren und Vorfälle gegebenenfalls auf einer Karte lokalisieren. Alle Vorfälle und Orte werden in einem freien Textfeld beschrieben. Zudem wird gefragt, ob und wie die Vorfälle hätten verhindert werden können und ob oder wie der Vorfall ihr zukünftiges Radfahrverhalten beeinflusst. In einer ersten Studie 2014 werden Beschreibungen der Vorfälle in der nachfolgenden Betrachtung in einer qualitativen Analyse in 7 Kategorien unterteilt. Diesen Kategorien können 97.3% der dokumentierten Vorfälle zugeordnet

⁸ „Die Definition eines ‚Vorfalls‘ beschränkte sich auf die Anweisung, alle Vorfälle zu dokumentieren die sie als ‚gefährlich‘ und/oder ‚störend‘ empfinden.“ (Übersetzung der Autorin)

werde (Aldred und Goodman 2018, S. 163). Bei der Wiederholung der Studie 2015 werden die Probanden nach der freien Beschreibung des Vorfalls zusätzlich gebeten den Vorfall einer dieser 7 Kategorien zuzuordnen.

Bei der Dokumentation von Vorfällen in den Wegetagebüchern kann es zu zeitlichen Verzögerungen kommen. Vor allem bei längeren Untersuchungszeiträumen und weniger einprägsamen Vorfällen besteht die Gefahr, dass nur ein Teil der Vorfälle dokumentiert wird (Aldred und Goodman 2018, S. 162). Die zeitliche Verzögerung zwischen Vorfall und Dokumentation kann außerdem dazu führen, dass die Probanden wichtige Informationen zu Ort und Kontext des Vorfalls vergessen. Wichtige Informationen gehen gegebenenfalls verloren und es kann zu Ungenauigkeiten in der Dokumentation von Ort und Kontext des Vorfalls kommen.

Diese methodischen Unzulänglichkeiten lassen sich über die Installation einer einfachen Schnittstelle in Form eines Push Buttons am Lenker reduzieren. Eine solcher Knopf ermöglicht es den Radfahrenden, die genaue Lokalisierung der Vorfälle direkt festzuhalten und kann später als Erinnerungstütze dienen. So werden keine Vorfälle vergessen und auch die Rekonstruktion des Vorfalls wird durch die genaue Verortung erleichtert.

Unter Verwendung eines solchen Push Buttons entwickeln Dozza et al. (2012) das Konzept des *naturalistic cycling* mit dem sie sowohl objektive als auch subjektive Daten zu sicherheitsrelevanten Vorfällen von Radfahrenden erfassen wollen. Über einen Zeitraum von 2 Wochen werden die alltäglichen Wege von 16 Probanden mithilfe eines GPS Trackers aufgezeichnet (Werneke et al. 2015). Die Probanden sind aufgefordert über einen Push Button am Lenker alle sicherheitskritischen Vorfälle per Knopfdruck zu markieren. Die Definition eines sicherheitskritischen Vorfalls ist auch hier sehr offen formuliert: „A safety-critical event was defined as a situation in which they felt uncomfortable and/or which affected their cycling safety (subjective risk perception).“⁹ (Werneke et al. 2015, S. 201). Der Knopfdruck setzt eine Zeitmarke die später über die Aufzeichnungen des GPS Trackers ausgewertet wird. Die Probanden dokumentieren die Vorfälle nachträglich in einem Wegetagebuch und werden nach Ablauf der 2-wöchigen Untersuchungsphase zu den Vorfällen interviewt.

Es kann argumentiert werden, dass das Konzept der Wegetagebücher methodisch zwischen den in 2.3.1. und 2.3.2. beschriebenen Methoden und den in 2.2. erläuterten Ansätzen von mobiler Datenerfassung liegen. Vor-Ort-Befragungen und Umfragen fragen nach der Bewertung des Sicherheitsempfindens in Bezug auf bestimmte Anlagentypen. In Wegetagebüchern hingegen, werden - ähnlich zu der Funktionsweise von *PING if you care!* und der *People as Sensors app* - gezielt Situationen erfasst, in denen das Sicherheitsempfinden durch gewisse Umstände beeinträchtigt ist. Im Gegensatz zu Anwendungen von mobiler Datenerfassung werden die Daten allerdings nicht für die konkrete

⁹ „Ein sicherheitskritisches Ereignis wurde als Situation definiert, die ihnen unangenehm war und/oder ihr Sicherheitsempfinden beeinträchtigt hat (subjektives Sicherheitsempfinden).“ (Übersetzung der Autorin)

Behebung der erkannten Problemstellen genutzt, sondern dienen ausschließlich wissenschaftlichen Zwecken.

Ein grundlegendes Problem von Methoden die auf dem Ansatz von Selbstberichten („self-reports“) beruhen ist, dass bestimmte sicherheitsrelevante Situationen nicht oder nur selten erfasst werden (Bacchieri et al. 2010). Dieses Problem wird durch den Begriff der sozialen Erwünschtheit („social desirability bias“) beschrieben. Demnach neigen Probanden dazu, relevante Situationen nicht zu berichten, wenn sie selbst zumindest eine Mitverantwortung an der Situation tragen (Werneke et al. 2015; Schleinitz et al. 2015).

2.5 Zwischenfazit

Das Kapitel liefert einen Einblick in die Methodik von unterschiedlichen wissenschaftlichen und zivilgesellschaftlichen Ansätze. Alle betrachteten Ansätze haben das Ziel, die Perspektive der Radfahrenden in Verwaltungsprozesse und Verkehrsplanung einfließen zu lassen um den Radverkehr attraktiver zu gestalten. In diesem Abschnitt werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden diskutiert.

Wie die Analyse in Abschnitt 2.2 zeigt, bergen Dienste der mobilen Mitgestaltung, als Anwendungen mobiler Partizipation, großes Potential für die effektive Bearbeitung von spezifischen Anliegen der Radfahrenden im kommunalen Kontext. Sie versprechen einen hohen Grad an Partizipation und erreichen über Apps und Desktop-Anwendungen einen potenziell großen Kreis von Nutzern¹⁰. Die durch die Nutzer bereitgestellten Informationen werden in der Regel für jede Problemstelle separat ausgewertet und verarbeitet. Auf diese Art und Weise, ist es möglich, den Nutzern eine direkte Rückmeldung über den Bearbeitungsstand ihrer Meldung zu geben. Abgesehen davon werden die eingehenden Daten ausschließlich dazu verwendet, konkrete Problemstellen auszubessern. Damit geht ein Teil des Potentials der gesammelten Daten verloren.

Anders gehen in dieser Frage die betrachteten Anwendungen mobiler Datenerfassung vor. Auch sie können der Kategorie der mobilen Partizipation zugerechnet werden und arbeiten mit nutzergenerierte Daten. Im Gegensatz zur mobilen Mitgestaltung werden die Daten allerdings nicht einzeln, sondern in Ihrer Gesamtheit verarbeitet. Die Auswertung der Daten kann damit zielgerichteter erfolgen und liefert neben den Informationen zu konkreten Problemstellen auch Erkenntnisse zu bestimmten Fragestellungen. Für die Datenerhebung bedienen sich die vorgestellten Methoden mobiler Datenerfassung unterschiedlicher technischer Erweiterungen, wie z.B. bestimmter Sensoren. Diese technischen Erweiterungen erlauben es, zusätzliche und mitunter exaktere und vollständigere Ergebnisse zu erzielen. Andererseits schränkt sich durch das erforderliche technische

¹⁰ aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird das generische Maskulinum verwendet; dieses schließt Frauen mit ein.

Equipment der potentielle Kreis der Teilnehmenden ein. Je nach Konzeption der Methode erhalten die Nutzer außerdem kein direktes Feedback zu den Ergebnissen ihrer Beiträge und den abgeleiteten Handlungsempfehlungen.

In inhaltlich und methodischer Abgrenzung zu Methoden mobiler Partizipation, konzentriert sich der zweite Teil der Betrachtung auf verschiedene wissenschaftliche Untersuchungsansätze zur Bewertung der subjektiven Sicherheit von Radverkehrsanlagen. Diskutiert werden Studien zu Vor-Ort-Befragungen, bildbasierte Umfragen und Wegetagebücher. Diese verschiedenen Untersuchungsansätze weisen unterschiedliche Vorzüge und methodische Einschränkungen auf. Während Vor-Ort-Befragungen nur punktuell durchgeführt werden können, liegt die wesentliche Einschränkung von bildbasierten Umfragen in der eingeschränkten Aussagekraft der Antworten.

Die methodische Einschränkung von Wegetagebüchern deckt sich mit den allgemeinen Einschränkungen von Selbstberichten („self reports“), wie sie auch für einige Methoden der mobilen Partizipation zu nennen sind. Wie bei allen Formen von Selbstberichten, ist in Bezug auf die berichteten Situationen mit einer gewissen Verzerrung zu rechnen. So berichten die Teilnehmenden, in der Regel beispielsweise keine Situationen in denen sie sich wissentlich entgegen der Verkehrsregeln verhalten haben (Bacchieri et al. 2010). Das wiederum führt dazu, dass ein interessanter Teil der Situationen in denen sich die Teilnehmenden unsicher oder gefährdet fühlen keine Berücksichtigung findet. Werneke et al. (2015) betonen in diesem Zusammenhang die Bedeutung von sogenannten „Mixed-Method-Ansätzen“, die neben den subjektiven Berichten auch objektive Faktoren erfassen. Mithilfe der objektiven Faktoren wäre es dann möglich, in den Selbstberichten unterrepräsentierte Ereignisse zu identifizieren und zu analysieren. In diesem Zusammenhang könnten auch Methoden der Humansensorik, wie zum Beispiel die Methode von *EmoCycling* zur objektivierten Messung von Stressmomenten eine Rolle spielen.

3 Methode

Das folgende Kapitel erläutert Vorgehen und Aufbau der Studie und erklärt die verwendeten Messmethoden. Zuerst wird die Auswahl der Route erklärt, darauf folgen eine Darlegung zur Akquise der Probanden, eine Erklärung der eingesetzten Technologie und eine ausführliche Darstellung des Untersuchungsablaufs.

3.1 Auswahl der Route

Die Wahl der Route erfolgt nach den folgenden beiden Kriterien:

1. Potenziell hohe Stressdichte: Die Route sollte Streckenabschnitte und Kreuzungen umfassen, die für den Radverkehr potentiell Probleme darstellen und bei den Probanden mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit zu Stress führen.
2. Starke Nutzung durch Radfahrende: Es sollten vornehmlich Straßen gewählt werden, die von Radfahrende in Karlsruhe stark genutzt werden. Dies hatte zum Ziel, eine möglichst realitätsnahe Routenführung zu erreichen um sich an die alltäglichen Erfahrungen der Radfahrenden in Karlsruhe anzunähern.

Eine weitere Bedingung war die Länge der Strecke. Aufgrund der Repräsentativität empfiehlt es sich eine Route zu wählen deren Distanz nicht zu sehr von der durchschnittlich gefahrenen Strecke der Probanden abweicht (Groß 2015, S. 29). Bei der Routenwahl wurde außerdem darauf geachtet, dass die Route verschiedene Typen von Radverkehrsführungen miteinschließt.

3.1.1 Potenziell hohe Stressdichte

Die Ermittlung von potenziellen Problemstellen stützt sich auf eigene Erfahrungswerte und die Befragung von ortskundigen Akteuren. Im Rahmen der Vorbereitung der Studie wird sowohl mit einem Mitarbeiter des Stadtplanungsamtes, Bereich Verkehr, als auch mit Mitgliedern des Vorstands des ADFC Karlsruhe Kontakt aufgenommen. Beide Akteure wurden jeweils nach Streckenabschnitten und Verkehrsknoten befragt, die Radfahrende potentiell als gefährlich oder stressig empfinden könnten. Die Befragung des Mitarbeiters des Stadtplanungsamtes erfolgt telefonisch. Weitere Punkte und Abschnitte werden in einer Sitzung der Arbeitsgruppe Radpolitik des ADFC Karlsruhe am 03.01.2018 gesammelt. Die Ergebnisse werden auf einer Karte festgehalten.

3.1.2 Stark genutzte Fahrradstrecken

Die Ermittlung der von Radfahrenden stark genutzten Straßen in Karlsruhe beschränkt sich auf eine visuelle Analyse von Tracking-Daten, die durch die beiden App-Betreiber *Bike Citizens* und *STRAVA* bereitgestellt werden. Mit den genannten Apps können Radfahrende ihre zurückgelegten Wege über GPS aufzeichnen und in einer Wegeübersicht

individuell anzeigen lassen. Zudem werden die Wegedaten zentral gesammelt und über Analysetools für Planer zur Verfügung gestellt. Für die Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit steht keine Zugangsberechtigung zu diesen Diensten bereit, die Analyse begrenzt sich deswegen auf eine visuelle Analyse der öffentlich bereitgestellten Tracking-Karten. Da der Wahl der Route für die Studie darüber hinaus keine größere Bedeutung zukommt wird von einer eingehenden Netzanalyse abgesehen.

Jestico et al. (2016) zeigen am Beispiel von Victoria, BC, dass die Aktivitäten von Pendlern in einer mittelgroßen Nordamerikanischen Stadt mit den Daten aus *STRAVA* gut approximiert werden können. Während *STRAVA* vor allem von Sportlern genutzt wird, erreicht *Bike Citizens* ein breiteres Publikum. Obgleich beide Darstellungen keine repräsentativen Daten über die Nutzung der Radwege liefern, können sie demnach, im Abgleich untereinander, eine gute Grundlage für die Analyse der Radverkehrsnutzung in Karlsruhe bieten.

Abbildung 2 zeigt die Karte von *Bike Citizens* für Karlsruhe mit zum Zeitpunkt des Aufrufs 6288 aufgezeichneten Wegen und 332 Nutzern. Die visuelle Analyse deutet auf eine vermehrte Nutzung der „Durlacher Allee“, der „Reinhold-Frank-Straße“ und des „Zirkels“ am Übergang zum „Adenauerring“ hin. Ein ähnliches Bild liefert die öffentlich zugängliche *STRAVA* Heatmap (siehe Abbildung 3). Im Innenstadtbereich fällt hier auch die „Rüppurrer Straße“ und die „City Route Süd“ ins Auge.



Abbildung 2: Heatmap Bike Citizens (Bike Citizens 2018)

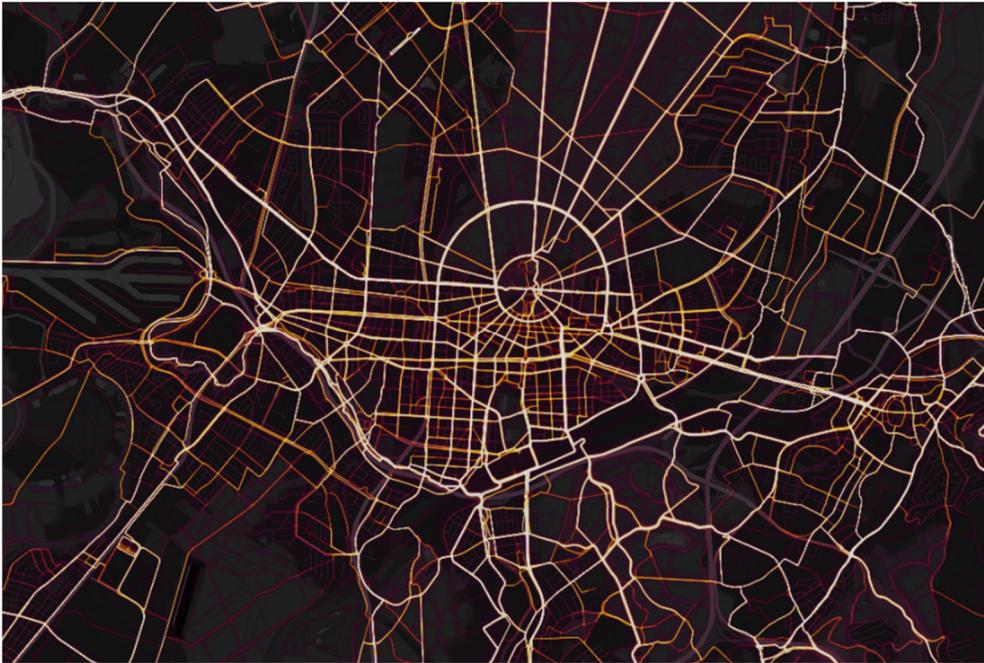


Abbildung 3: Strava Heatmap (Strava 2018)

3.1.3 Die Route

Als Start- und Endpunkt der Route wurden aus praktischen Überlegungen die Räume des Fachgebiets Stadtquartiersplanung, Englerstraße 11 gewählt. Anhand der vorangegangenen Überlegungen wird eine Route mit einer Gesamtlänge von 5,6 km entworfen (siehe Abbildung 4). Die Route verläuft über den „Zirkel“, „Moltkestraße“ und „Rheinhold-Frank-Straße“, über „Sophienstraße“, „City Route Süd“ und „Rüppurrer Straße“ zurück zum Startpunkt. Da der Übergang zwischen „Berliner Platz“ und „Englerstraße“ zum Zeitpunkt der Untersuchung für Radfahrer gesperrt ist, wird eine Rückführung über einen kurzen Abschnitt des „Zirkels“ und die „Englerstraße“ gewählt. Bei der Wahl der Route wurde neben den in 3.1.1. und 3.1.2. erläuterten Aspekten auch darauf geachtet, dass die Route verschiedene Radverkehrsführungen beinhaltet. Um möglichst viele der potenziellen Stresspunkte an den Knotenpunkten miteinzubeziehen, wird die Route links-herum geführt. Für eine erste Stellungnahme zur Wahl der Route wird der Entwurf der Route an den Vorstand des ADFC geschickt.



Abbildung 4: Route (eigene Darstellung)

3.2 Akquise der Probanden

Da für die Durchführung der Studie nur eine Anzahl von 8-10 Probanden vorgesehen ist, beschränkt sich die Akquise von Probanden auf Mitglieder des ADFC und den eigenen Bekanntenkreis. Das Forschungsprojekt wird bei einem Treffen der Arbeitsgruppe Radpolitik des ADFC am 30.01.2018 vorgestellt. Im Rahmen dieses Treffens wird auch das weitere Vorgehen zur Akquise von Probanden besprochen. Über den Vorstand des ADFC Karlsruhe wird eine E-Mail mit einer Einladung zur Studie (siehe A Anhang) an aktive Mitglieder und Tourenleiter des ADFC Karlsruhe gesendet.

Da für die Teilnahme an der Studie keine Rekompensation vorgesehen ist, setzt die Teilnahme ein gewisses Interesse und Engagement für den Gegenstand der Untersuchung voraus. Um in Bezug auf Alter, Erfahrung im Radverkehr und Geschlecht dennoch eine möglichst heterogene Gruppe von Probanden zu akquirieren werden zum Teil auch gezielt Menschen aus dem persönlichen Umfeld angesprochen.

So können über den ADFC 5 Probanden gewonnen werden, darunter 4 aktive Mitglieder des ADFC. 4 weitere Probanden werden aus dem Bekanntenkreis geworben.

3.3 Technischer Aufbau und Messverfahren

Sowohl die Stressmessung als auch die Einrichtung des Push Buttons erfordern einige technische Komponenten, die im Folgenden kurz beschrieben werden (siehe Abbildung 5).

Die Stressmessung erfolgt mithilfe eines Smartbands der Firma „Bodymonitor Sensing (BMS)“. Das Smartband wird mit zwei selbstklebenden Elektroden am linken Unterarm befestigt. Dabei wird darauf geachtet, dass ein Kontakt zwischen Smartband und Jackenärmel vermieden wird. Über die Sensoren erfasst das Smartband die Hauttemperatur und die elektrodermale Aktivität (Hautleitfähigkeit) und erkennt darüber negativ emotionale Reaktionen. „In Übereinstimmung mit Emotionsforschern liegt eine negative Erfahrung dann vor, wenn die elektrodermale Aktivität zunimmt und kurz danach die Hauttemperatur abnimmt“ (Bergner et al. 2011, S. 435). Diese negative Erfahrung wird als Stress interpretiert.

Um die Stresssituationen später im Straßenraum verorten zu können, wird ein GPS-Tracker „i Blue 747“ von „Transsystems“ in der Jackentasche mitgeführt. Zusätzlich wird eine GoPro Hero Videokamera mithilfe eines Brustgurts am Oberkörper angebracht und nach vorne hin ausgerichtet.

Der zweite Teil des technischen Aufbaus betrifft die Einrichtung des Push Buttons. Es handelt sich dabei um den GPS Button „Patronus“ der Firma Fractal-Media. Der rote Druckknopf wird mithilfe von Kabelbindern am Lenker befestigt, sodass er während der Fahrt möglichst einfach betätigt werden kann. Wird der Push Button gedrückt, so sendet er ein Bluetooth Signal an ein, mit dem Button verbundenes Smartphone. Die entsprechenden GPS-Koordinaten werden dann in der, zum Produkt gehörigen App „GPS-BodyGuard“ gespeichert und können nach der Fahrt direkt ausgelesen werden. Das Smartphone wird von den Probanden zusammen mit dem GPS-Tracker in der Jackentasche verstaut.



Abbildung 5: technische Ausstattung (eigene Darstellung)

3.4 Ablauf der Untersuchung

Die Probanden werden in einem Raum des Fachgebiets Stadtquartiersplanung in der Englerstraße 11 empfangen. Nach der Begrüßung erhalten die Probanden ein Informationsblatt mit dem Titel „Information für Probanden“ (siehe B Anhang), das Ziel und Ablauf der Studie erklärt und Hinweise zum Verhalten während der Messfahrt gibt. In dem Dokument wird unter Anderem erklärt in welchen Situationen die Probanden aufgefordert sind, den Push Button zu drücken: „Während der Fahrt markieren Sie **alle Situationen, die sie als stressig oder gefährlich empfinden** mit dem roten Push-Button am Lenker ihres Fahrrades“. Diesen Informationen kommt für die Durchführung der Studie große Relevanz zu und die Probanden werden deshalb gebeten das Dokument aufmerksam durchzulesen. Anschließend unterschreiben die Probanden eine Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie sowie eine Datenschutzerklärung. Die Probanden erhalten außerdem eine ausgedruckte Karte der Route die ihnen bei der Fahrt als Orientierungshilfe dient. Um das Sicherheitsgefühl der Probanden nicht zusätzlich zu beeinträchtigen sind die Probanden gebeten ihr eignes Fahrrad zur Studie mitzubringen. 8 der 9 Probanden benutzen bei der Fahrt entsprechend ihr eigenes Fahrrad.

Im Anschluss werden nacheinander die verschiedenen Instrumente angelegt bzw. befestigt und eingeschaltet. Um die anschließende Synchronisierung der Geräte zu ermöglichen wird zuerst die GoPro Videokamera eingeschaltet. Das Smartband wird am linken Unterarm befestigt. Im nächsten Schritt wird der rote Push Button mittels Kabelbindern am Lenker des Fahrrads befestigt. Um den Probanden ein Gefühl für das haptische Feedback des Push Buttons zu geben werden sie gebeten probeweise einmal auf den Knopf zu drücken. Das mit dem Push Button per Bluetooth verbundene Smartphone und der GPS Tracker werden in einer Jackentasche verwahrt und die Probanden fahren auf der vorgegebenen Route los.

Bei ihrer Rückkehr werden die Probanden vor dem Gebäude empfangen. Die Instrumente werden nacheinander abgenommen und die Probanden werden für den letzten Teil der Studie zurück ins Gebäude begleitet. Dort werden die Probanden gebeten einen Moment zu warten während die auf dem mitgeführten Smartphone gespeicherten GPS-Koordinaten kopiert und in einer Karte dargestellt werden. Jeder der dargestellten Punkte entspricht dabei einer der während der Fahrt mittels Push Button markierten Situationen. Die Karte wird in den zweiten Teil des Fragebogens eingefügt, sodass die Probanden die jeweiligen Punkte nummeriert auf einer Karte angezeigt bekommen (siehe C Anhang). Zu jedem der Punkte findet sich im Fragebogen eine eigene Seite mit entsprechenden Fragen zum jeweiligen Punkt. Probanden die während der Fahrt keine Punkte markiert haben werden gebeten lediglich den ersten Teil des Fragebogens auszufüllen.

Bei der Auswahl der Untersuchungstage sind einige Rahmenbedingungen zu beachten. Aufgrund der sensiblen Messtechnik des Smartbands darf es zum Zeitpunkt der Messfahrt weder regnen noch darf die Außentemperatur weniger als -5 Grad betragen. Die

Untersuchung wird an 3 Tagen durchgeführt: Mittwoch, 14.02., Dienstag, 20.02. und Dienstag, 06.03.2018.

Abbildung 1 zeigt den mittleren Wochengang der Verkehrsstärken an der Reinhold-Frank-Straße für das Jahr 2014 mit den typischen Verkehrsspitzen des Berufsverkehrs. Aufgrund von zeitlichen Einschränkung bei der Durchführung der Studie beschränken sich die Messfahrten auf den Zeitraum von 10 Uhr – 16 Uhr. Die Fahrten liegen dementsprechend außerhalb der täglichen Verkehrsspitzen. Das Zeitintervall zwischen den Messfahrten von 2 Probanden beträgt dabei entweder 10 Minuten oder 1 Stunde (Abfahrt z.B. 10:00 und 10:10 oder 10:00 und 11:00).

Ablauf	Zeit
Begrüßung & Belehrung	5 min
Anlegen der Instrumente	5 min
Messfahrt	30 min
Befragung	20 min
Gesamt	60 min

Tabelle 2: Ablaufplan (eigene Darstellung)

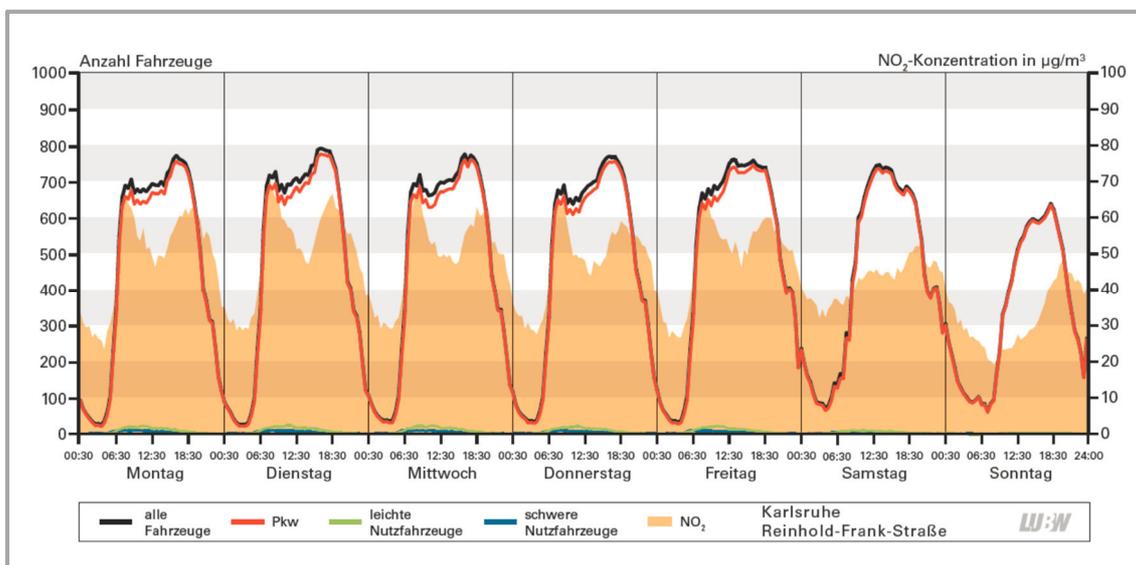


Abbildung 6: mittlerer Wochengang (LUBW 2016, S. 28)

4 Auswertung

Im Folgenden werden die Daten aus den Fragebögen und der Stressmessung separat ausgewertet und anhand der Videoaufnahmen verifiziert. Untersucht werden die allgemeinen Fragebögen, die Daten aus der Stressmessung und die Angaben zu den während der Fahrt markierten Stresspunkten. Sowohl die 9 Messfahrten als auch die zugehörigen Fragebögen liefern valide Daten und können somit in die Auswertung einfließen. Die Auswertung und Darstellung der Daten erfolgt anhand des geographischen Informationssystems (GIS) QGIS.

4.1 Auswertung des allgemeinen Fragebogens

Die Auswertung des allgemeinen Fragebogens mit demographischen Daten und allgemeinen Fragen zu Fahrtyp und Fahrverhalten, liefert einen Überblick zur Zusammensetzung der Gruppe von Probanden.

Die Verteilung zwischen den Geschlechtern ist in der Gruppe der Probanden weitgehend ausgeglichen (5 weiblich, 4 männlich). Wohingegen die Verteilung der Altersgruppen deutlich verzerrt ist. Die jüngste Alterskohorte (18-30) ist mit 4 Probanden relativ stark vertreten, die 2. Kohorte (31-45) ist nicht vertreten und die beiden ältesten Kohorten zählen wiederum 3 (Kohorte 46-60) und 2 (Kohorte 61-75) Probanden.

Die Gruppe der Alltagsradfahrer ist unter den Teilnehmenden deutlich überpräsentiert. Unter den 9 Personen geben 7 Probanden an, dass sie täglich Fahrrad fahren, 2 Probanden geben an, mehrmals wöchentlich oder mehrmals monatlich Fahrrad zu fahren. Bis auf eine Person sind außerdem alle Probanden ortskundig. Entsprechend geben 6 der 9 Probanden an, bei der Suche der Route keine Probleme gehabt zu haben, 3 Probanden geben an ein wenig Probleme gehabt zu haben.

Von besonderem Interesse sind außerdem die Angaben der Probanden zum individuellen Sicherheitsgefühl beim Radfahren. Während die Probanden das allgemeine Sicherheitsgefühl beim Radfahren im Durchschnitt mit einer Note von 2,3 bewerten, wird das Sicherheitsgefühl beim Radfahren in Karlsruhe mit einer Durchschnittsnote von 2,1 merklich positiver bewertet. Dieses überdurchschnittlich hohe Sicherheitsempfinden im Radverkehr in Karlsruhe wird durch die Ergebnisse des Fahrradklimatests 2016 bestätigt (Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V. 2017).

Abbildung 7 zeigt, welche Faktoren die Probanden im Radverkehr als besonders gefährlich empfinden. Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Vergleich mit den Ergebnissen der EmoCycling-Studie in Worms (Groß 2015), die nach den wichtigsten Stressauslösern fragt und dabei ähnliche Trigger-Kategorien verwendet. Auch hier wird die Gefahr der sich öffnenden Fahrzeughür („Dooring“) am häufigsten als Stressursache genannt.

Eine weitergehende Analyse der Faktoren bietet sich im Zusammenhang mit der Analyse der während der Messfahrt erlebten Stressereignisse an (siehe 5.3).

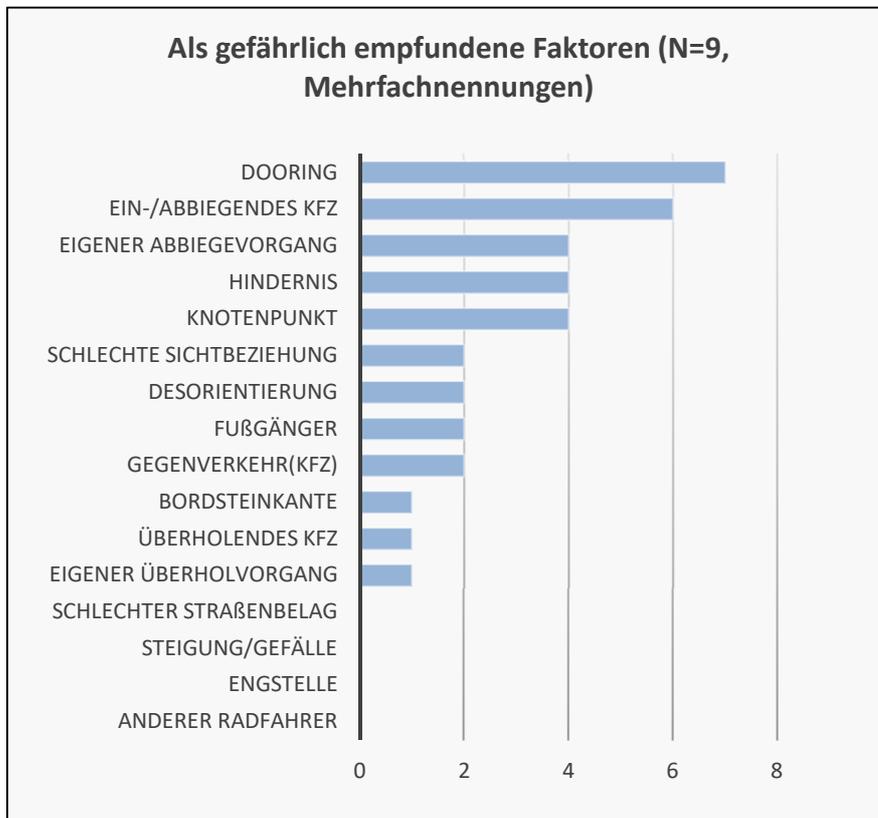


Abbildung 7: als gefährlich empfundene Faktoren (eigene Darstellung)

4.2 Stressmessung und Videoanalyse

Der nachfolgende Teil der Auswertung beschäftigt sich mit der Bereinigung und der Auswertung der Daten aus der Stressmessung. Die aus der Stressmessung resultierenden, verifizierten Stressereignisse sollen im Folgenden als „Stressmessungspunkte“ bezeichnet werden.

4.2.1 Stressmessung: Datenverarbeitung und Datenbereinigung

Da das Smartband über keinen GPS-Empfänger verfügt, müssen für die Auswertung der Ergebnisse, aus der Stressmessung zuerst die Daten von Smartband und GPS-Tracker synchronisiert werden. Für eine detaillierte Ausführung zum Messverfahren des Smartbands und der Datenverarbeitung siehe Groß (2015).

Bei 3 der 9 Datensätze kommt es auf einem Teil der aufgezeichneten Strecke zu Unregelmäßigkeiten in den GPS-Daten. Vor der Auswertung der Daten aus der Stressmes-

sung müssen die entsprechenden Stresspunkte deswegen mithilfe der Videoaufnahmen, manuell neu ausgerichtet werden. Anhand des Videos werden dann die genauen Start- und Endzeitpunkte der Messfahrt ermittelt. Alle Stresspunkte die vor und nach der eigentlichen Fahrt aufgezeichnet werden, können so eliminiert werden.

4.2.2 Verifizierung und Kategorisierung der Stressmessungspunkte

Im nächsten Schritt müssen die, durch die Stressmessung erfassten Stressereignisse auf ihre verkehrsplanerische Relevanz hin überprüft werden. Diese Verifizierung erfolgt mithilfe der Videoaufnahmen. Dafür wurden zuerst alle Videoaufnahmen gesichtet, um ein gewisse Sensibilität für die Bewertung der aufgenommenen Situationen zu erreichen.

Für die Verifizierung der Stressmomente werden die Angaben zum Zeitpunkt des Stressmoments und die Zeitangabe in der Videoaufnahme herangezogen. Die Zeitangaben der erfassten Stressereignisse werden in eine Excel-Tabelle übertragen und in die korrespondierenden Videozeitangaben umgerechnet. Auf diese Weise ist es möglich, die entsprechenden Videoausschnitte systematisch und zielgenau zu sichten und auszuwerten.

Ein Stressereignis wird dann als Stressmessungspunkt qualifiziert, wenn die Stressauslöser (im Folgenden als Trigger bezeichnet), auf Basis der Videoanalyse eindeutig als verkehrsplanerisch relevante Faktoren identifizierbar sind. Darunter fallen neben offensichtlichen baulichen Mängeln auch das Verkehrsverhalten der anderen Verkehrsteilnehmer und andere Faktoren wie zum Beispiel problematische Verkehrsführungen an Kreuzungen. Von insgesamt 393, durch das Smartband erfassten Stressereignissen, können so 88 Stressmessungspunkte festgehalten werden. Dies entspricht einer Quote von etwa 22% und einer durchschnittlichen Anzahl von 9,8 Stressmessungspunkten pro Proband.

Die Kategorisierung der im Video identifizierten Trigger erfolgt anhand von 16 Trigger-Kategorien. Die Wahl der Trigger-Kategorien lehnt sich an die 13 Trigger-Effekte aus der Studie von Groß (2015) an. Für die Anwendung im Rahmen der vorliegenden Studie werden 11 dieser 13 Trigger ausgewählt und um 6 weitere Trigger ergänzt (siehe Tabelle 3). Die Kategorien Steigung und Gefälle wurden aufgrund der örtlichen Gegebenheiten in einer Kategorie („Steigung/Gefälle“) zusammengefasst. Die Auswahl der zusätzlichen Trigger stützt sich auf eine Auswertung der Ergebnisse von zwei Studien, die mit Wegetagebüchern arbeiten (Werneke et al. 2015; Aldred und Goodman 2018).

Knotenpunkt	Engstelle
Gegenverkehr (Kfz)	Überholendes Kfz
Hindernis (z.B. parkendes Kfz)	Sich öffnende Fahrzeugtür
Eigener Überholvorgang	Steigung/Gefälle
Eigener Abbiegevorgang	Schlechter Straßenbelag
Fußgänger	Desorientierung
Anderer Radfahrer	Schlechte Sichtbeziehung
Ein-/abbiegender Kfz	Bordsteinkante

Tabelle 3: Trigger (eigene Darstellung)

Für die Klassifizierung der Stressmessungspunkte wird unter anderem eine Kategorie unter dem Stichwort „Desorientierung“ eingeführt. Diese Kategorie umfasst alle Stressmessungspunkte, die durch Probleme beim Finden der Route, unter Umständen auch durch unzureichende Beschilderung, bedingt sind. Diese Art von Problemen bei der Routenfindung kann zu erheblichem Stress führen und ist insofern eine nicht zu vernachlässigende Größe in Bezug auf die Konnektivität von Radverkehrsnetzen. Zugleich ist sie stark von der Wahl der Route abhängig und kann im Rahmen der vorliegenden Studie deswegen nicht gesondert betrachtet werden.

Abbildung 8 zeigt eine Heatmap mit allen Stressereignissen die durch das Smartband erfasst wurden. Die Punkte, die von der Route abweichen sind auf einzelne Probanden zurückzuführen, die sich bei der Suche der Route streckenweise verfahren haben. Sie werden im Rahmen der Untersuchung nicht weiter berücksichtigt. Ein Vergleich mit einer Darstellung der bereinigten, verkehrsplanerisch relevanten Stressmessungspunkte (Abbildung 9), verdeutlicht eine relativ große Übereinstimmung der Daten, offenbart allerdings auch einige Abweichungen.

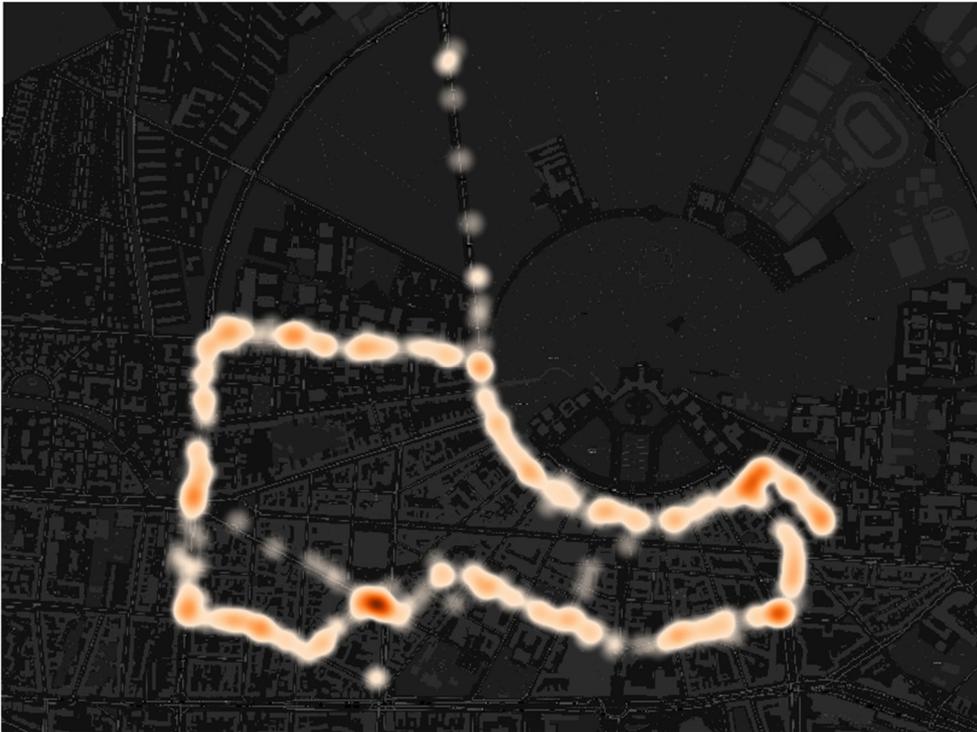


Abbildung 8: Alle Stressmomente, unbereinigt (eigene Darstellung)



Abbildung 9: bereinigte, verkehrsplanerisch relevante Stressmessungspunkte (eigene Darstellung)

4.3 Auswertung der markierten Stresspunkte

Die Probanden waren gebeten alle Situationen, die sie während der Messfahrt als „stressig oder gefährlich“ empfinden, mit einem Druck auf den Push Button zu markieren. Die auf diese Weise dokumentierten Stresssituationen werden im Folgenden als „markierte Stresspunkte“ bezeichnet. Nach der Messfahrt werden die GPS-Koordinaten der markierten Stresspunkte auf einer Karte visualisiert. Diese Karte wird anschließend in den Fragebogen des jeweiligen Probanden eingefügt. Für jeden der markierten Punkte füllen die Probanden einen einseitigen Fragebogen aus. Die folgende Auswertung beschäftigt sich mit den markierten Stresspunkten und den zugehörigen Angaben in den Fragebögen.

4.3.1 Auswertung der Verteilung der markierten Stresspunkte

Die Auswertung der durch die Probanden markierten Stellen stützt sich auf insgesamt 23 markierte Stresspunkte. Dies entspricht einer durchschnittlichen Anzahl von 2,6 markierten Stressereignissen pro Proband, wobei die Anzahl pro Proband zwischen 0 und 8 variiert. In Bezug auf die Anzahl der markierten Stresspunkte kann demnach von großen Abweichungen zwischen den einzelnen Probanden gesprochen werden. Während 3 der 9 Probanden kein einziges Mal auf den Knopf drücken, liegt die Anzahl der markierten Stellen bei den restlichen 6 Probanden zwischen 2 und 8. Die Schwelle zum Drücken des Push Buttons scheint dementsprechend unter den Probanden stark zu variieren. Dieses Ergebnis steht in Übereinkunft mit den Ergebnissen einer Studie von Werneke et al., die sich einer ähnlichen Methodik bedient (2015).

Eine diesbezügliche Auswertung der Fragebögen zeigt, dass die Probanden, die während der Messfahrt keinen Punkt markieren, durchschnittlich ein höheres Sicherheitsempfinden im Radverkehr zu haben scheinen. Sie bewerten ihr Sicherheitsempfinden beim Radfahren im Durchschnitt mit einer Note von 2,0. Die Probanden hingegen, die während der Fahrt vom Push Button Gebrauch machen, bewerten ihr Sicherheitsempfinden mit einer Durchschnittsnote von 2,5. Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Variable des Sicherheitsempfinden im Radverkehr in Karlsruhe. Während die Probanden, die keine Stresspunkte markieren eine Durchschnittsnote von 1,67 angeben liegt die Durchschnittsnote der restlichen Probanden hier bei 2,33.

Für die Analyse der markierten Stresspunkte in diesem Abschnitt können entsprechend nur die Ergebnisse der 6 Probanden ausgewertet werden, die während der Fahrt vom Push Button Gebrauch gemacht werden. Abbildung 10 zeigt eine Karte mit der Gesamtheit der während der Fahrt mittels Push Button markierten Stresspunkte.



Abbildung 10: markierte Stresspunkte (eigene Darstellung)

4.3.2 Verifizierung der Antworten zu den markierten Punkten

Eines der Ziele der vorliegenden Studie ist es, zu untersuchen, ob die Angaben zu den markierten Stresspunkten korrekt sind. Zu prüfen ist, ob sich die Probanden an die markierten Stresspunkte erinnern und ob sie darüber hinaus in der Lage sind, verkehrsplannerisch relevante Informationen zu den betreffenden Punkten zu nennen. Hierfür werden die punktspezifischen Angaben aus den Fragebögen mit den Ergebnissen einer Videoanalyse der entsprechenden Situationen abgeglichen.

Die auf die markierten Punkte bezogenen Fragebögen geben Aufschluss über 21 der 23 markierten Stressereignisse. Für einen der beiden ausgelassenen Punkte findet sich im Fragebogen die Notiz „keine Erinnerung“, der 2. Punkte bleibt gänzlich unkommentiert. Beide Punkte können dem Probanden mit der höchsten Anzahl an markierten Stresspunkten zugeordnet werden. Es ist davon auszugehen, dass es bei einer größeren Anzahl an markierten Stresspunkten zunehmend schwieriger ist, sich an jeden einzelnen der Punkte zu erinnern. Zudem steigt die Bearbeitungszeit des Fragebogens mit der Anzahl der markierten Stresspunkte deutlich an. Es ist dementsprechend nicht auszuschließen, dass die Bearbeitung der einzelnen Fragen bei einem größeren Bearbeitungsaufwand weniger gewissenhaft erfolgt.

Für 20 von 23 Stresspunkten enthalten die Fragebögen neben einer Beschreibung der Situation und der benutzten Verkehrsfläche auch Informationen über Faktoren, die in der jeweiligen Stresssituation eine Rolle gespielt haben. Dabei wählen die Probanden unter

den 16, in 4.2.2 erläuterten Trigger-Kategorien. Im Durchschnitt werden pro kommentiertem Stresspunkt 1,7 Faktoren angekreuzt, die Anzahl der genannten Faktoren variiert dabei zwischen 1 und 4.

Für den Abgleich von Fragebögen und Videoanalyse werden die Beschreibung der Situation, die Angabe über die benutzte Verkehrsfläche und die beeinflussenden Faktoren herangezogen. Tabelle 4 fasst die Ergebnisse des Abgleichs zusammen und gibt Aufschluss über die Anzahl der richtigen und teilweise richtigen Antworten.

markierten Stresspunkte mit Ausreißer (N=23)					
Kategorie	richtig	richtig (in %)	teilweise richtig	falsch	unbeantwortet
Beschreibung der Situation	20	87,0%	0	1	2
Benutzte Verkehrsfläche	18	78,3%	0	3	2
Beeinflussende Faktoren	14	60,9%	4	2	3

markierte Stresspunkte ohne Ausreißer (N=15)					
Kategorie	richtig	richtig (in %)	teilweise richtig	falsch	unbeantwortet
Beschreibung der Situation	15	100,0%	0	0	0
Benutzte Verkehrsfläche	14	93,3%	0	1	0
Beeinflussende Faktoren	12	80,0%	3	0	0

Tabelle 4: Abgleich von Antworten und Videoanalyse (eigene Darstellung)

Um zu prüfen, inwieweit sich die Probanden an den Verlauf der markierten Situationen erinnern, werden zuerst die Situationsbeschreibungen zu den 23 markierten Stresspunkten ausgewertet. Es zeigt sich, dass 87,0% der Beschreibungen anhand der Videoanalyse bestätigt werden können. Es kann folglich davon ausgegangen werden, dass sich die Probanden in der überwiegenden Zahl der Fälle an die gefragte Situation erinnern und in der Lage sind, sie korrekt wiederzugeben.

Auch im Hinblick auf die Angaben zur benutzen Verkehrsfläche, erreichen die Antworten insgesamt eine relativ hohe Übereinstimmung. Für 78,3% der kommentierten Stresspunkte sind die Probanden in der Lage, entsprechend korrekte Angaben zu machen. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse muss allerdings die Zusammensetzung der Gruppe der Probanden beachtet werden. Die korrekte Identifizierung der unterschiedlichen Typen von Radverkehrseinrichtungen setzt eine bestimmte Vertrautheit mit der Materie voraus. Wie aus den Auswertung und hervorgeht, handelt es sich bei den Probanden vornehmlich um Personen mit einer gewissen Fahrradaffinität. Fünf der 9 Probanden werden aus dem Umfeld des ADFC Karlsruhe geworben und ein Großteil der Probanden gibt an, täglich Fahrrad zu fahren. Es ist deswegen fraglich, inwieweit eine weniger einschlägige Gruppe von Probanden in der Lage wäre, die benutzten Verkehrsflächen korrekt einzuordnen.

Werden die markierten Stresspunkte des Probanden mit der deutlich abweichenden Anzahl von 8 markierten Stresspunkten (im Folgenden als Ausreißer bezeichnet) ausgelassen, so ergibt sich sogar ein noch positiveres Bild (siehe Tabelle 4). In diesem Fall werden alle Situationen richtig beschrieben und 93,3% der Verkehrsflächen richtig zugeordnet. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass der betreffende Proband für 2 der 8 markierten Stresspunkt im Fragebogen keine Ausführungen macht. Es wird vermutet, dass dieser Umstand, wie erläutert, mit der größeren Anzahl von markierten Stresspunkten in Verbindung steht.

Beim Vergleich der Trigger aus den Fragebögen wird zwischen relevanten und weniger relevanten Faktoren unterschieden. Im Zuge der Videoauswertung werden all diejenigen Trigger notiert, die für die verkehrsplanerische Bewertung der Situation notwendig sind. Finden sich alle wichtigen Faktoren im entsprechenden Fragebogen wieder, so gilt die Antwort als „richtig“. Wird nur ein Teil der, als relevant markierten Faktoren genannt, so wird die Antwort als „teilweise richtig“ bewertet. Mit dem beschriebenen Vorgehen erhält man für die 23 markierten Stresspunkte insgesamt 14 richtige und 4 teilweise richtige Antworten. Zusammenbetrachtet ergibt sich aus diesem Ergebnis ein ähnliches Bild wie das der Situationsbeschreibungen. Das bedeutet, dass sich die Probanden, in 78,3% der Fälle an die Situation erinnern und zumindest einen Teil der relevanten Faktoren nennen können. Bezogen auf die Ausreißer-bereinigten 15 markierten Stresspunkte fällt die Bewertung deutlich positiver aus. Im nächsten Schritt ist zu prüfen ob die betreffenden Antworten zu den Triggern hinreichende Informationen für eine verkehrsplanerische Bewertung der Situation liefern.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Angaben zu den markierten Stresspunkten in den Fragebögen zum überwiegenden Teil richtig sind. Dies trifft vor allem dann zu, wenn die markierten Stresspunkte mit fehlenden Angaben in den Fragebögen aus der Betrachtung ausgenommen werden. Für die Analyse in Abschnitt 5 können folglich die Angaben aus den Fragebögen verwendet werden. Da es sich insgesamt um eine geringe Anzahl von zu betrachtenden markierten Stresspunkten handelt, wird davon abgesehen, Ausreißer aus der Analyse auszuschließen. Die markierten Stresspunkte werden entsprechend nur dann isoliert, das heißt ohne Angaben aus den Fragebögen betrachtet, wenn der Punkt entweder unkommentiert ist oder die Angaben in der Auswertung falsifiziert wurden.

5 Vergleichende Analyse

Im Rahmen einer Analyse werden die anhand der beiden beschriebenen Methoden erhobenen Daten in Bezug auf ihre Verortung ausgewertet und vergleichend analysiert.

Im ersten Schritt werden die markierten Stresspunkte mit den Stressmessungspunkten abgeglichen. Es folgt ein Vergleich zwischen den Häufigkeiten der verschiedenen Trigger. Anschließend werden bestimmte Streckenabschnitte ausgewählt und in einer qualitativen Analyse untersucht. Ziel der Analyse ist es dabei primär, Erkenntnisse über die Erhebungsmethoden zu gewinnen. Die ortsbezogenen Ergebnisse sind dementsprechend eher als „Nebeneffekt“ zu verstehen. Aufgrund der geringen Anzahl an Probanden sind sie zudem nicht repräsentativ.

5.1 Abgleich von Stressmessungspunkten und markierten Stresspunkten

Zuerst soll überprüft werden inwieweit sich die, durch die Probanden markierten Punkte, auch unter den verifizierten Stressmessungspunkten wiederfinden. Anhand der Zeitangaben wird für jeden der markierten Stresspunkte überprüft, ob der markierte Stresspunkt einem der Stressmessungspunkte aus der entsprechenden Messfahrt zugeordnet werden kann. Für alle markierten Stresspunkte, die unter den Stressmessungspunkten keine Entsprechung haben wird untersucht, wie sich dieser Umstand begründet.

	betrachtete Stresspunkte	Übereinstimmung		keine Übereinstimmung	
		Anzahl	in %	keine Stressmessung	Stresssituation nicht aus Videoaufnahme erkennbar
mit Ausreißer	N=23	12	52,2%	5	6
ohne Ausreißer	N=15	11	73,3%	2	2

Tabelle 5: Abgleich von markierten Stresspunkten und den Ergebnissen der Stressmessung (eigene Darstellung)

Zuerst ist anzumerken, dass die Anzahl der Stressmessungspunkte mit 88 Punkten, die Anzahl der markierten Stresspunkte deutlich übersteigt. Tabelle 5 gibt Aufschluss über die Anzahl der Übereinstimmungen und die Ursachen für fehlende Übereinstimmungen zwischen markierten Stresspunkten und Stressmessungspunkten. Werden alle markierten Stresspunkte betrachtet, so erhält man mit 52,2% eine relativ geringe Anzahl an Übereinstimmungen. Von besonderem Interesse ist deswegen eine Analyse der markierten Stresspunkte, für die unter den Stressmessungspunkten keine Entsprechung existiert. Eine weitere Videoanalyse kommt zu dem Ergebnis, dass ein Teil dieser Punkte auf das Fehlen einer Stressmessung an der entsprechenden Stelle zurückzuführen ist.

Das bedeutet, dass das Smartband für diese Stelle keinen erhöhten Stresswert registriert hat, obgleich die Stelle durch den Probanden als stressig markiert wurde.

Der andere Teil der fehlenden Stressmessungspunkte erklärt sich durch das Fehlen einer eindeutigen Stressursache in der Videoaufnahme. In diesem Fall enthält der Datensatz der Stressmomente aus der Stressmessung zwar einen Punkt an der entsprechenden Stelle. Da aus der Videoaufnahme allerdings keine verkehrsplanerisch relevanten Trigger erkennbar sind wird dieser Punkte nicht in die Menge der verifizierten Stressmessungspunkte aufgenommen. In einem Fall wurde der Push Button beispielsweise gedrückt, weil die „grüne Ampel“ nicht mehr erreicht wurde, wie aus der Analyse des Fragebogens hervorgeht. Diese Art von markierten Punkten verdeutlicht, dass die Wahrnehmung und Vorstellung von gefährlichen und störenden Situationen zwischen den Probanden stark variiert.

Wird der Datensatz des Ausreißers vernachlässigt, so ergibt sich auch hier ein signifikanter Unterschied in der Zusammensetzung der Ergebnisse. Der Anteil der Übereinstimmungen steigt auf 73,3% an, die Anzahl der markierten Stresspunkte ohne korrespondierenden Stressmessungspunkt sinkt entsprechend auf insgesamt 4. Ein großer Anteil der markierten Stresspunkte ohne Übereinstimmung lässt sich dementsprechend auf genannten Ausreißer zurückführen.

5.2 Vergleich der Trigger

Weitere Erkenntnisse zur Wahl der markierten Stresspunkte liefert ein Vergleich der Trigger aus Stressmessungspunkten und markierten Stresspunkten. Verglichen werden die anhand der Videoanalyse identifizierten Trigger der Stressmessungspunkte (siehe Abbildung 11) mit den, durch die Probanden dokumentierten Triggern der markierten Stresspunkte (siehe Abbildung 12).

Es zeigt sich, dass die relativen Häufigkeiten in den ersten beiden Kategorien „eigener Abbiegevorgang“ und „Knotenpunkt“ übereinstimmen. Da es sich bei beiden Triggern um recht allgemeine Kategorien handelt und die Route mehrere Linksabbiegevorgänge beinhaltet, entspricht dieses Ergebnis den Erwartungen.

Auf die beiden ersten Trigger folgt in der Auswertung der Stressmessungspunkte die Kategorie „überholendes Kfz“. Mit nur 2 Nennungen ist dieser Faktor unter den markierten Stresspunkten nur wenig repräsentiert. Dies deutet darauf hin, dass überholende Fahrzeuge von den Probanden nicht bewusst als besonders störend oder gefährlich empfunden werden. Diese Annahme wird gestützt durch die Gewichtung der subjektiven Gefährlichkeit des Faktors. Auch in diesem Zusammenhang spielen überholende Fahrzeuge in der Bewertung der Probanden nur eine untergeordnete Rolle (siehe Abbildung 7). Ein weiterer Faktor, der bei den markierten Stresspunkten nur in einem Fall Erwähnung findet, ist der Trigger „Desorientierung“. Der Begriff ist sehr weit gefasst und kann dementsprechend mit verschiedenen Situationen in Verbindung gebracht werden. Hier liegt die Vermutung nahe, dass die Kategorie von den Probanden nicht direkt mit einer

typischen Stress- oder Gefahrensituation im Radverkehr in Zusammenhang gebracht wird.

Auf der anderen Seite findet der Trigger „Gegenverkehr“ unter den markierten Stresspunkten, relativ gesehen, häufiger Erwähnung als unter den Stressmessungspunkten. Dasselbe gilt für den Trigger „Ein-/ Abbiegendes Kfz“. Für den Trigger „Dooring“ stimmen die Angaben aus beiden Punkte Kategorien überein. Der Trigger findet sowohl bei den Stressmessungspunkten als auch bei den markierten Stresspunkten ein einziges Mal Erwähnung und bezieht sich dabei auf die identische Stresssituation. Die Kategorie ist ein Beispiel für eine eindeutig identifizierbare Stressursache, die von den Probanden zudem als besonders gefährlich empfunden wird (siehe Abbildung 7).

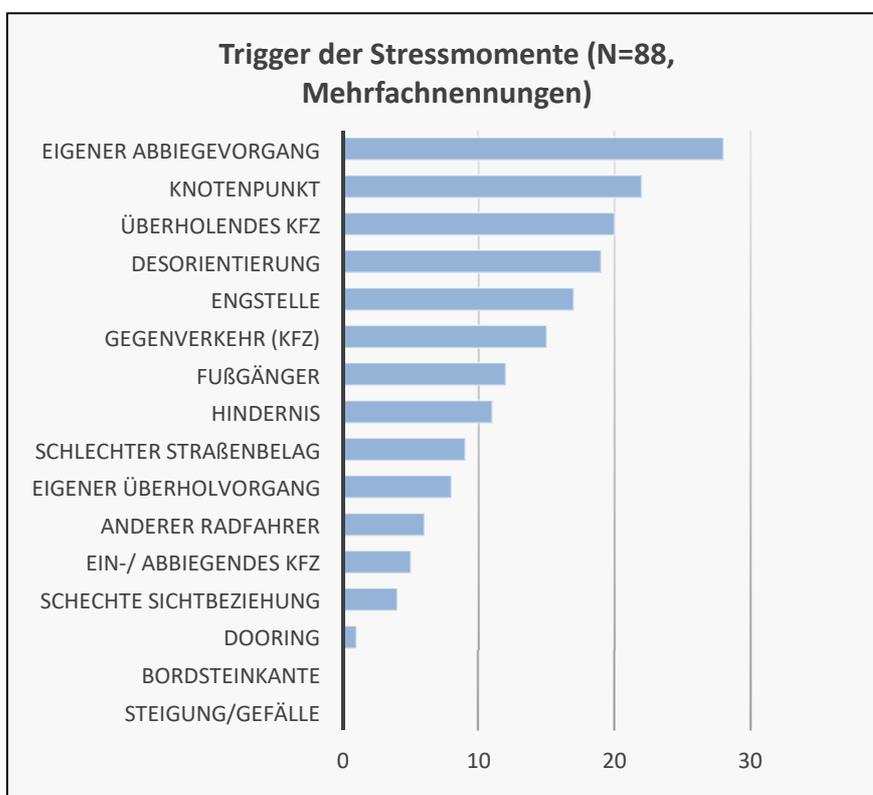


Abbildung 11: Trigger der Stressmessungspunkte (eigene Darstellung)

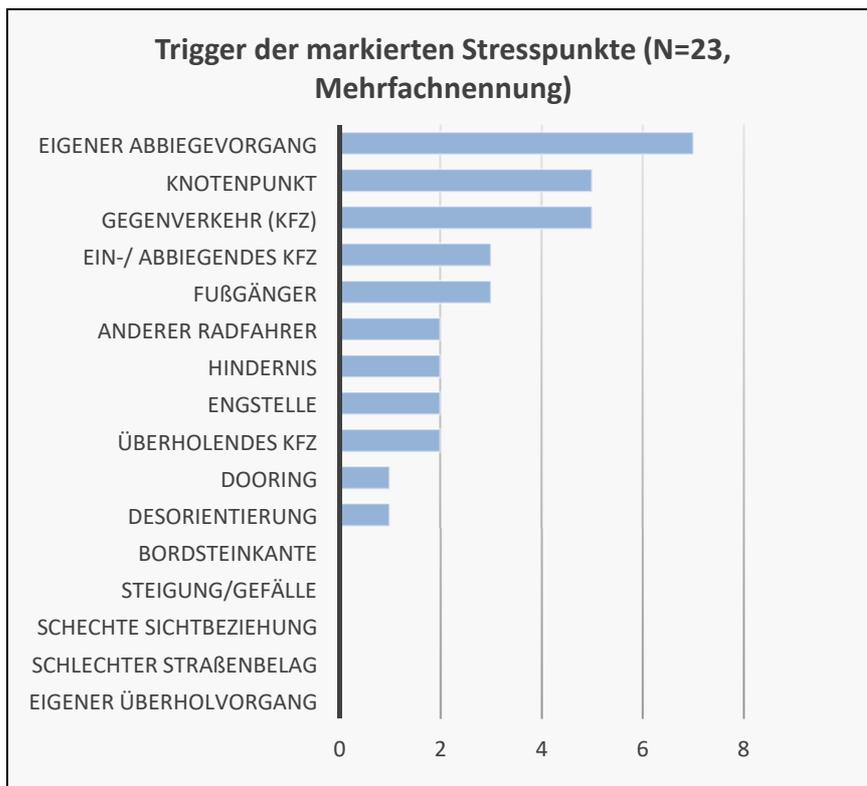


Abbildung 12: Trigger der markierten Punkte anhand der Fragebögen (eigene Darstellung)

5.3 Qualitative Analyse

In Abbildung 13 wird die Heatmap der Stressmessungspunkte mit einer Darstellung der markierten Stresspunkte überlagert. In der Darstellung lässt sich eine weitgehende Übereinstimmung zwischen der Lokalisierung von Stressmessungspunkten und markierten Stresspunkten erkennen. Des Weiteren fällt auf, dass sich im zweiten Abschnitt der „Cityroute Süd“ über „Erbprinzenstraße“ und „Markgrafenstraße“ weder Stressmessungspunkte noch markierte Stresspunkte finden.

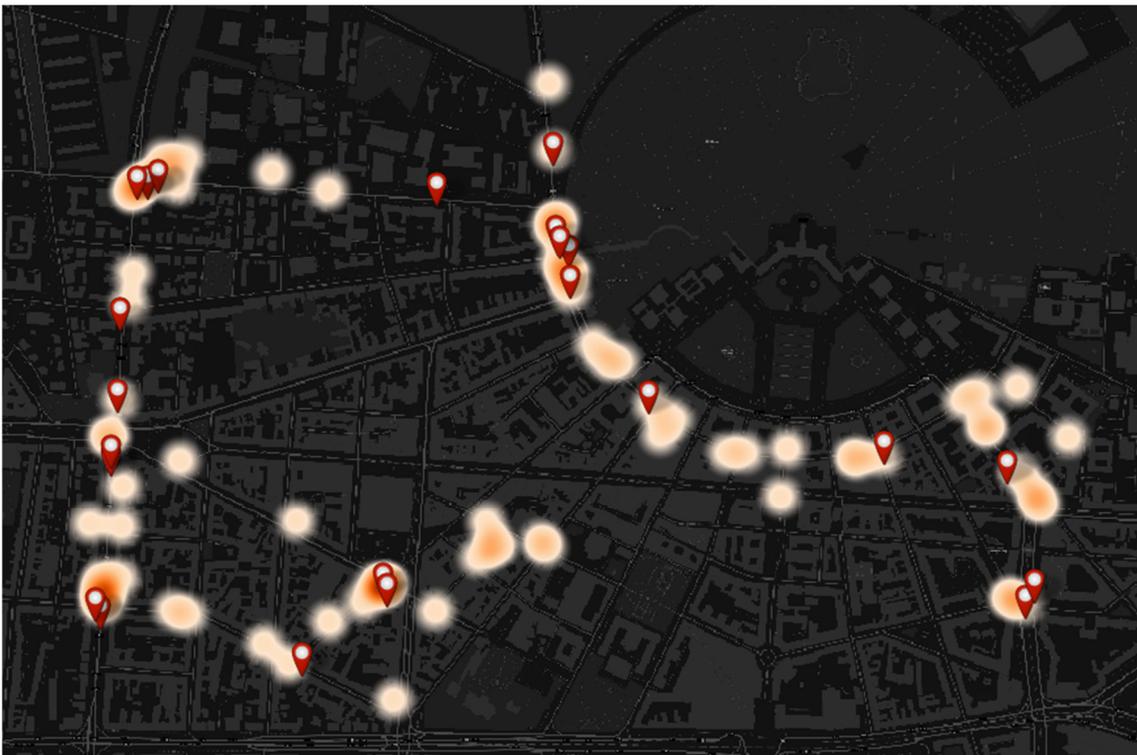


Abbildung 13: Stressmessungspunkte (Heatmap) und markierte Stresspunkte (rot) (eigene Darstellung)

Im Folgenden werden die Daten der Stressmessungspunkte und der markierten Stresspunkte streckenabschnittsweise ausgewertet. Ziel der Analyse ist es einerseits, konkrete ortsbezogene Ergebnisse zum Stress- und Sicherheitsempfinden der Radfahrenden zu erarbeiten. Grundlage dafür sind neben den Daten aus der Studie auch Informationen zur Bemessung der einzelnen Straßenabschnitte, die vor Ort erhoben werden. Andererseits soll die Analyse, anhand des Auswertungsprozesses, Erkenntnisse über die Auswertungsmethode an sich liefern. In diesem Sinne wird erörtert, welcher der beiden Ansätze welche Art von Information zum jeweiligen Betrachtungsgegenstand beiträgt. Aufgrund der geringen Zahl von Probanden wird davon abgesehen konkrete Handlungsempfehlungen zu erarbeiten. In Bezug auf die ortsbezogenen Ergebnisse der Analyse ist zu ergänzen, dass die Ergebnisse der Analyse aufgrund der geringen Anzahl an Datensätzen nicht repräsentativ sind.

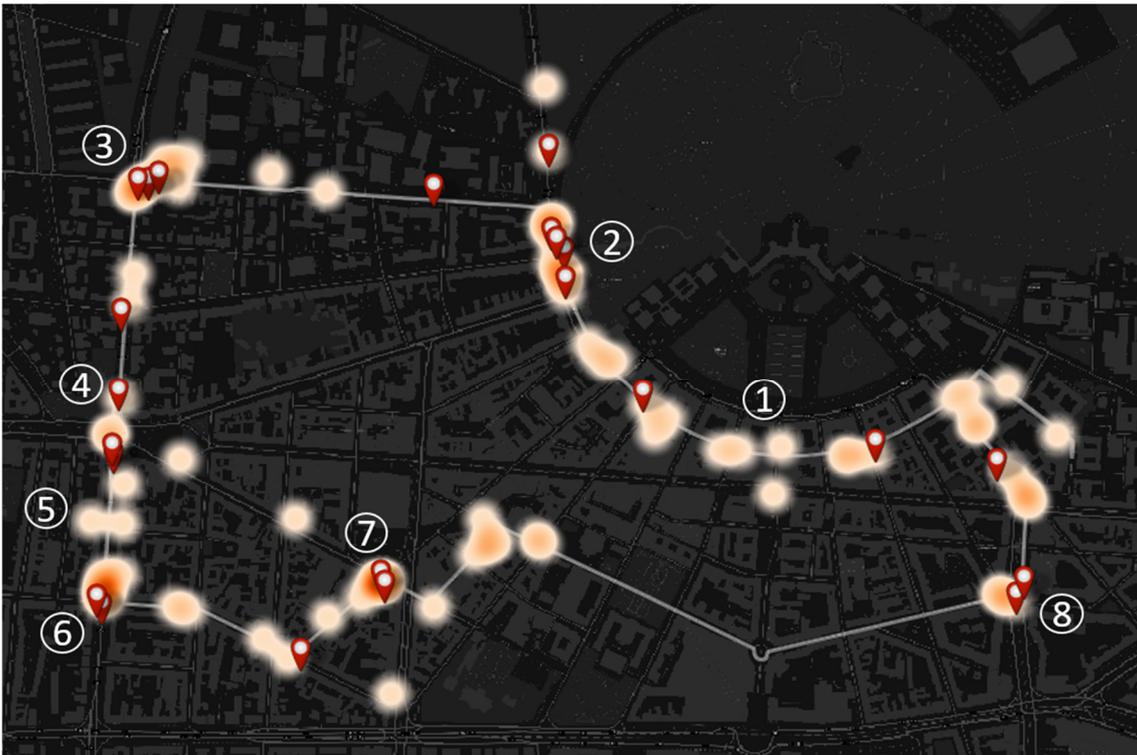


Abbildung 14: Betrachtete in Streckenabschnitte (eigene Darstellung)

Für die Analyse werden diejenigen Abschnitte ausgewählt, an denen sich die Stressmessungspunkte (Heatmap) und markierten Stresspunkte (rote Markierungen) konzentrieren. Für die Analyse werden zu jedem dieser Abschnitte relevante Daten zu den Radverkehrsanlagen erhoben.

Abbildung 1414 hebt die entsprechenden Streckenabschnitte hervor:

- (1) Fahrradstraße Zirkel**
- (2) Linksabbiegevorgang Hans-Thoma-Straße**
- (3) Linksabbiegevorgang Moltkestraße**
- (4) Kreuzung Reinhold-Frank-Straße**
- (5) Gemeinsamer Rad- und Gehweg Reinhold-Frank-Straße**
- (6) Linksabbiegevorgang Reinhold-Frank-Straße**
- (7) Rechtsabbiegevorgang Waldstraße**
- (8) Linksabbiegevorgang Markgrafenstraße**

(1) Fahrradstraße Zirkel

Die Betrachtung des „Zirkels“ beschränkt sich auf den Abschnitt zwischen der Kreuzung „Adlerstraße“ und der Kreuzung „Ritterstraße“. In diesem Abschnitt ist die Straße mit Zeichen 244.1 StVO als Fahrradstraße ausgewiesen und verengt sich zugunsten eines ca. 1,5m breiten Kopfsteinpflasterstreifens, der die Straße auf beiden Seiten vom Gehweg trennt. Die Fahrbahnbreite reduziert sich auf eine Breite von ca. 4 m. Kfz-Verkehr ist, entsprechend der ERA, durch ein Zusatzschild mit einer Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h zugelassen.

Für den betrachteten Streckenabschnitt findet sich 1 markierter Stresspunkt. Dieser verweist auf den Trigger „Gegenverkehr“ und berichtet im Beschreibungstext von einer Begegnung mit einem Lastkraftwagen. Betrachtet man die räumlichen Rahmenbedingungen vor Ort, so lassen diese Angaben darauf schließen, dass der Radfahrer bei dieser Begegnung, aufgrund der relativ schmalen Straßenbreite, auf den Gehweg ausweichen musste.

Mehr Informationen zum betrachteten Streckenabschnitt liefert hier eine Betrachtung der Stressmessungspunkte. Auffällig ist zunächst, dass sich die Stressmessungspunkte relativ gleichmäßig über die gesamte Strecke verteilen. Ein Großteil der Stressmessungspunkte lässt sich der Trigger-Kombination „Gegenverkehr“ und „schlechter Straßenbelag“ zuordnen, zum Teil in Kombination mit dem Trigger „Engstelle“. Dieses Ergebnis bestätigt die Vermutungen der vorangegangenen Überlegungen. Der Trigger „schlechter Straßenbelag“ bezieht sich auf den Kopfsteinpflasterstreifen auf den die Radfahrenden bei Gegenverkehr mitunter ausweichen müssen. Da es sich bei dem Trigger „schlechter Straßenbelag“ um einen wenig einprägsamen Faktor handelt, ist es unwahrscheinlich, dass er von den Radfahrenden als Trigger identifiziert wird. Bei genauerer Kenntnis des Straßenraums vor Ort ist es allerdings möglich, das Problem im Zusammenhang mit dem Trigger „Gegenverkehr“ auch ohne den zusätzlichen Anhaltspunkt zu erkennen.

Fraglich ist, ob die durch die Stressmessung und die Videoanalyse identifizierten Stressmessungspunkte von den Probanden bewusst wahrgenommen werden. Die Angaben des markierten Stresspunkts legen nahe, dass der Gegenverkehr zumindest dann als stressig oder störend empfunden wird, wenn es sich um Lastkraftwagen handelt oder die Straße zusätzlich durch parkende PKW verengt ist.



Abbildung 15: Zirkel, Trigger "Gegenverkehr" und "schlechter Straßenbelag" (eigene Darstellung)

(2) Linksabbiegevorgang Hans-Thoma-Straße

Die hohe Konzentration von Stressmessungspunkten und markierten Stresspunkten an der Kreuzung zwischen „Hans-Thoma-Straße“ und „Moltkestraße“ ist dem Linksabbiegestreifen und dem vorgelagerten Vorgang des Einordnens zuzuschreiben. Die Radverkehrsführung an dieser Stelle entspricht dem Entwurf „Direktes Linksabbiegen mit freiem Einordnen vor dem Kreuzungsbereich“ (FGSV 2010, S. 46) der ERA. Im Linksabbiegestreifen ist ein Radfahrstreifen für linksabbiegende Radfahrer markiert, der es den Radfahrenden erlaubt, sich leicht versetzt zum allgemeinen Fahrzeugverkehr vor der LSA aufzustellen. Mit einer Breite von 1,70 m unterschreiten beide Radfahrstreifen leicht die Empfehlungen der ERA (FGSV 2010), die für Radfahrstreifen eine Breite von 1,85 m vorsieht.

Mit dieser Radverkehrsführung können 3 markierte Stresspunkte in Zusammenhang gebracht werden. In Bezug auf die 6 Probanden, die während der Fahrt von dem Push Button Gebrauch gemacht haben, wird die Stelle dementsprechend von der Hälfte der Teilnehmenden markiert. Die markierten Stresspunkte werden von den Probanden mit den Triggern „eigener Abbiegevorgang“, „Knotenpunkt“ und „überholendes Kfz“ gekennzeichnet. Ein ähnliches Bild ergibt sich aus den entsprechenden Situationsbeschreibungen. Darin beschreiben die Probanden Schwierigkeiten beim Überqueren des zwischen dem Radfahrstreifen und dem Linksabbiegestreifen liegenden Fahrstreifens. In 2 der 3 Antworten beschreiben die Probanden Probleme dabei, die Geschwindigkeit der vorbeifahrenden Fahrzeuge einzuschätzen. Sie geben an, die Situation als „etwas gefährlich“ oder „gefährlich“ wahrgenommen zu haben.

Aus der Heatmap (Abbildung 14) ist an der betrachteten Stelle eine längliche Konzentration von Stressmessungspunkten erkennbar. Die Stressmessung registriert dort für 7

der 9 Probanden einen Stressmoment. Die Trigger der Stressmessungspunkte entsprechen dabei den, durch die Probanden ausgewählten Triggern der markierten Stresspunkte.

Die Videoanalyse spiegelt die beschriebenen Probleme beim Wechsel vom Radfahrstreifen auf der rechten Straßenseite auf die Linksabbiegespur für Radfahrende in der Mitte der Straße wieder und bestätigt damit die Informationen zu den markierten Stresspunkten und den Stressmessungspunkten.

(3) Linksabbiegevorgang Moltkestraße

Auch an der Kreuzung von „Moltkestraße“ und „Reinhold-Frank-Straße“ ist eine deutliche Konzentration von Stressmessungspunkten und markierten Stresspunkten erkennbar. Von einem baulichen Radweg auf der „Moltkestraße“ wird der Radverkehr hier vor der Kreuzung auf die Straße geführt. Im Kreuzungsbereich finden die Radfahrenden einen Aufstellbereich für den geradeausfahrenden Radverkehr, jedoch keinen für den Radverkehr ausgewiesenen Linksabbiegestreifen vor. Es handelt sich demnach auch um eine Radverkehrsführung nach dem Entwurf „Direktes Linksabbiegen mit freiem Einordnen vor dem Kreuzungsbereich“ (FGSV 2010, S. 46), in diesem Fall allerdings ohne einen für den Radverkehr reservierten Schutzstreifen. Die Radfahrenden haben dementsprechend die Wahl, sich auf dem regulären Linksabbiegestreifen einzuordnen oder die Kreuzung über die für die Fußgänger reservierte LSA zu überqueren. In Bezug auf die Schaltung der LSA ist anzumerken, dass die Grünphase des nach links abbiegenden Verkehrs der Grünphase des Gegenverkehrs entspricht.

Für die Analyse der markierten Stresspunkte kommen an dieser Stelle 3 Markierungen in Betracht. Entsprechend der Auswertung in Abschnitt 4.3.2, handelt es sich bei den Angaben zu einem der 3 markierten Punkte um eine Verwechslung. Dies ist auch anhand der Trigger Angabe „Engstelle“ ersichtlich. Der markierte Stresspunkt findet in der Analyse dementsprechend keine Berücksichtigung. Es ist anzumerken, dass eine falsche Angaben bei einer größeren Anzahl von Datensätzen voraussichtlich unproblematisch wäre. In diesem Fall wäre es möglich die Beschreibungstexte und Trigger zwischen den Punkten abzugleichen und so Abweichungen zu identifizieren. Die beiden verbleibenden Markierungen nennen beide den Trigger „Gegenverkehr“. Interessant ist, dass der Trigger „eigener Abbiegevorgang“ in diesem Zusammenhang keine Erwähnung findet. Die entsprechenden Beschreibungen thematisieren sowohl Probleme beim Einordnen auf die Linksabbiegespur als auch beim Abbiegevorgang an sich. Beide Probanden empfinden die Situation beim Abbiegen als „gefährlich“. In Verbindung mit den Informationen zur Verkehrssituation lässt sich vermuten, dass die Situation insbesondere dann als gefährlich empfunden wird, wenn es im Kreuzungsbereich zur Begegnung mit dem Gegenverkehr kommt.

Eine Analyse der Stressmessungspunkte liefert zusätzliche Informationen. Auch hier wird für 8 der 9 Probanden ein entsprechender Stressmessmoment registriert. Neben dem Trigger „eigener Abbiegevorgang“ finden außerdem die Trigger „Gegenverkehr“,

„Knotenpunkt“, „eigener Überholvorgang“ und „Fußgänger“ Erwähnung. In 3 von 8 Fällen benutzen die Probanden den Gehweg. Anhand einer weiterführenden Videoanalyse lassen sich die verschiedenen Wege nachvollziehen, die die Radfahrenden wählen um die Kreuzung zu passieren (Abbildung 16: Abbiegevorgang mit Kfz-Verkehr (oben) und Fußverkehr (unten) (eigene Darstellung). Während ein Teil der Probanden mit dem Kfz-Verkehr über den Linksabbiegestreifen abbiegt, wählt der andere Teil der Probanden den Weg über den Gehweg.



Abbildung 16: Abbiegevorgang mit Kfz-Verkehr (oben) und Fußverkehr (unten) (eigene Darstellung)

(4) Kreuzung Reinhold-Frank-Straße

Von einem getrennten Rad- und Gehweg im ersten Abschnitt der „Reinhold-Frank-Straße“ kommend, wird der Radverkehr im Bereich der Kreuzung auf einem Radfahrstreifen geführt. Auf der linken Seite des Radfahrstreifens befinden sich drei Fahrstreifen, auf der rechten Seite eröffnet sich im Bereich vor der LSA ein Rechtsabbiegestreifen. Diesem Bereich vor der Kreuzung kann ein markierter Stresspunkt mit dem Trigger „Ein-/ Abbiegendes Kfz“ zugeordnet werden.

Bei diesem Punkt handelt es sich um ein Beispiel für einen markierten Stresspunkt, der zwar in der Stressmessung dokumentiert ist, aber nicht verifiziert werden kann, da aus der Videoanalyse keine konkrete Ursache erkennbar ist (siehe Abschnitt 5.1). Erst aus der entsprechenden Situationsbeschreibung des Probanden wird der Grund für den erhöhten Stresswert und die Markierung des Punkts ersichtlich:

„Ich musste geradeaus und neben dem Fahrradweg begann eine Rechtsabbiegerspur. Wenn die Autos diese nutzen wollen müssen sie den Fahrradweg kreuzen. Da ich einmal

dabei von einem Auto übersehen wurde, habe ich seitdem Respekt vor Stellen, wo die Autospur Fahrradwege überqueren müssen [sic]“

Das heißt, nicht der tatsächliche Abbiegevorgang der Kfz, sondern die Möglichkeit und die frühere Erfahrung eines Solchen führen in dieser Situation zu einem erhöhten Stressempfinden.

Unter den Stressmessungspunkten lassen sich an dieser Stelle nur 2 relevante Punkte ausmachen. In beiden Fällen kann die erhöhte Stressmessung auf den Überholvorgang eines Kfz im Kreuzungsbereich zurückgeführt werden. Probleme bei der Näherung der Kreuzung auf dem Schutzstreifen, wie durch den markierten Stresspunkt signalisiert, werden nicht erfasst.

(5) Gemeinsamer Geh- und Radweg Reinhold-Frank-Straße

Im Anschluss an die Kreuzung mit der „Kaiserallee“ wird der Radverkehr auf einen, mit Zeichen 240 StVO ausgewiesenen, gemeinsamen Geh- und Radweg geleitet. Der gemeinsame Geh- und Radweg ist mit 2,80 m relativ schmal bemessen. Laut Darstellung der ERA ist eine gemeinsame Nutzung bei diesen Abmessungen nur dann möglich, wenn die Summe der Fußgänger und Radfahrer in der Spitzenstunde maximal 100 beträgt (FGSV 2010, S.27). Der angrenzende Parkstreifen setzt den Geh- und Radweg zusätzlich unter Druck, da die parkenden Fahrzeuge regelmäßig die Markierung missachten.

Von den 4 markierten Stresspunkten im Bereich der Reinhold-Frank-Straße entfällt ein Punkt auf den gemeinsamen Geh- und Radweg. Der markierte Punkt ist mit den Triggern „sich öffnende Fahrzeurtür“ und „Hindernis“ gekennzeichnet. Der entsprechende Beschreibungstext führt aus: „Ich war auf dem Radweg unterwegs als vor mir ein Mann in sein auf dem Gehweg parkendes Auto eingestiegen ist, sodass ich abbremsen und ausweichen musste.“ Betrachtet man die schmalen Abmessungen des gemeinsamen Geh- und Radwegs, so wird klar, dass der Spielraum zum Ausweichen bei den örtlichen Begebenheiten sehr begrenzt ist. Tritt ein Hindernis oder eine Behinderung durch andere Personen auf, so sind die Radfahrenden gezwungen abzubremsen und unter Umständen anzuhalten.

Diese Folgerung wird durch 5 entsprechende Stressmessungspunkte gestützt. Darunter auch ein Stressmoment, der das Ereignis der sich öffnenden Fahrzeurtür abbildet. Bei allen 5 Stressmessungspunkten spielt der Trigger „Engstelle“ eine Rolle. Er tritt unter anderem in Kombination mit den Triggern „Fußgänger“, „anderer Radfahrer“ oder „Hindernis“ auf. Das dahinterliegende verkehrsplanerische Problem ist die schmale Bemessung des Geh- und Radwegs.

(6) Linksabbiegevorgang Reinhold-Frank-Straße

Kurz vor der Kreuzung von „Reinhold-Frank-Straße“ und „Sophienstraße“ wird der Radverkehr auf einen getrennten Rad- und Gehweg geleitet. Gemeinsam mit dem allgemeinen Fahrzeugverkehr warten die Radfahrenden auf die Freigabezeit der LSA um sich nach der Überquerung der kreuzenden Straße für den Abbiegevorgang im Kreuzungsbereich aufzustellen (siehe Abbildung 17). Dort wird der Radverkehr gemeinsam mit dem Fußgängerverkehr signalisiert und überquert so zusammen mit den Fußgängern die „Reinhold-Frank-Straße“. Dieser Radverkehrsführung ist in den ERA 2010 unter dem Stichwort „Linksabbiegen mit indirekter Radverkehrsführung im Kreuzungsbereich“ (FGSV 2010, S. 47) zu finden.

An dieser Stelle finden sich 2 markierte Stresspunkte wobei einer der beiden Punkte nicht kommentiert ist und deswegen nicht weiter betrachtet wird. Der weitere Punkt ist mit den Triggern „eigener Abbiegevorgang“ und „Desorientierung“ bezeichnet. Im Beschreibungstext wird bemerkt, dass man sich als Radfahrer im Aufstellbereich „praktisch mitten auf der Straße“ befindet. Dieser Umstand wird zwar als „ungefährlich“ zugleich aber auch als „störend“ bewertet.

Bestätigt wird diese Problematik durch 5 an dieser Stelle dokumentierte Stressmessungspunkte. In zwei Fällen kommt es dabei zusätzlich zu Konflikten mit Fußgängern.

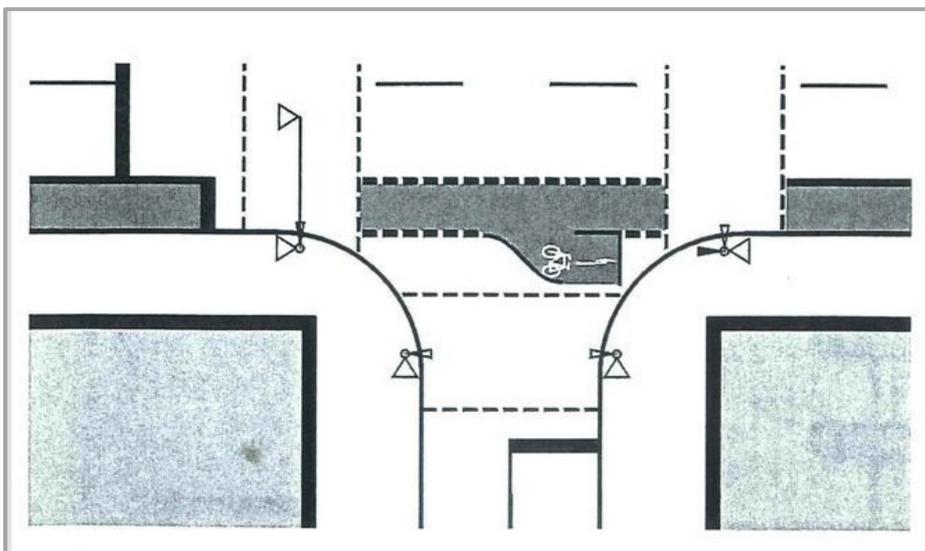


Abbildung 17: Linksabbiegen mit indirekter Radverkehrsführung im Kreuzungsbereich (FGVS 2010, S. 47)

(7) Rechtsabbiegevorgang Waldstraße

Die hohe Konzentration von Stressmessungspunkten an der Kreuzung von „Waldstraße“ und „Amalienstraße“ ist vornehmlich auf Probleme bei der Suche der Route zurückzuführen und hat somit für die verkehrsplanerische Betrachtung im Rahmen dieser Studie

nur untergeordnete Bedeutung. An dieser Stelle biegen die Probanden von der „Waldstraße“ nach rechts in die „Amalienstraße“ ein. An der Kreuzung treffen die Radfahrenden auf einen gemeinsamen Signalgeber für Fußgänger- und Radverkehr. Ein markierter Stresspunkt berichtet von Konflikten mit Fußgängern beim Überqueren der Straße und ist mit den Triggern „Fußgänger“ und „Knotenpunkt“ versehen. Der Beschreibungstext legt außerdem eine gewisse Unsicherheit bei der Interpretation der vorgegebenen Radverkehrsführung offen. Der zweite markierte Stresspunkt ist unkommentiert und kann dementsprechend nicht weiter untersucht werden.

Mit Ausnahme eines, mit dem beschriebenen, markierten Stresspunkt in Verbindung zu bringenden Stressmomentes, sind alle Stressmessungspunkte an dieser Stelle auf den Trigger „Desorientierung“ zurückzuführen. Viele der Probanden halten an dieser Stelle an um einen Blick auf die Karte zu werfen. Da das Problem der Desorientierung, im Sinne von Problemen bei der Routenfindung, im Rahmen dieser Studie nicht von Interesse ist, wird der Abschnitt nicht weiter untersucht.

(8) Linksabbiegevorgang Markgrafenstraße

An dieser Stelle biegen die Probanden, von der „Markgrafenstraße“ kommend, links in die „Fritz-Erler-Straße“ ein. Vor dem Kreuzungsbereich findet sich ein aufgeweiteter Radaufstellstreifen, den die Radfahrenden nutzen können um sich an der LSA vor dem Kfz-Verkehr aufzustellen. Der Aufstellbereich ist entsprechend der Vorgaben der ERA ausgestaltet und soll sowohl den geradeaus fahrenden als auch den linksabbiegenden Radverkehr sichern (FGSV 2010, S. 45). Beim Abbiegevorgang selbst überqueren die Radfahrenden neben 3 Fahrstreifen auch die in der Mitte der Kreuzung verlaufenden Straßenbahngleise. Die Freigabezeiten der entsprechenden LSA überschneiden sich mit den Freigabezeiten des Gegenverkehrs und der Fußgänger, die die „Fritz-Erler-Straße“ zur Straßenbahnhaltestelle hin überqueren.

Im Kreuzungsbereich sind zwei markierte Stresspunkte vermerkt. Beide sind mit dem Trigger „eigener Abbiegevorgang“ bezeichnet sind. Ein Punkt nennt außerdem den „Gegenverkehr“, der andere den Faktor „Fußgänger“ als Trigger. Aus beiden Beschreibungstexten geht hervor, dass es beim Abbiegevorgang zu Konflikten mit anderen Verkehrsteilnehmern kam. Während der erste Beschreibungstext Probleme bei der Orientierung im Kreuzungsbereich und das Fehlen einer entsprechenden Fahrbahnmarkierung hervorhebt, dokumentiert der zweite Text den Konflikt mit einem, die Straße überquerenden Fußgänger. Beide Situationen werden als „ungefährlich“ oder „wenig gefährlich“ bewertet. Unter Kenntnis der örtlichen Gegebenheiten ist leicht ersichtlich, dass das Einfahren auf die große Kreuzung vor allem für unsichere Fahrradfahrer zu Stress führen kann.

Verglichen mit anderen Kreuzungen auf der Route (siehe zum Beispiel (2), (3)), finden sich hier mit 3 Punkten relativ wenige Stressmessungspunkte. Auch sie beziehen sich auf den Trigger „eigener Abbiegevorgang“. Zusätzlich spielen die Trigger „Gegenver-

kehr“ und „Ein-/ Abbiegendes Kfz“ eine Rolle. Einer der Stressmessungspunkte dokumentiert dabei eine Situation, in welcher der Proband selbst die Verkehrsregeln grob verletzt. Aus der Videoanalyse ist erkenntlich, dass die Zufahrt zum Fahrradaufstellbereich vor der Kreuzung durch an der Seite parkende Pkw verstellt ist. Der Proband befährt die falsche Straßenseite um dort auf den Gehweg zu wechseln und somit die Kreuzung zu umgehen. Damit begibt er sich in eine gefährliche Situation.

Derartige Regelverstöße sind sowohl für die Bewertung der subjektiven als auch der objektiven Sicherheit des betrachteten Abschnitts bedeutsam. Mit Verweis auf eine Studie der Bundesanstalt für Straßenwesen (kurz BAST) (Alrutz et al. 2009) wird im Nationalen Radverkehrsplan 2020 erklärt:

„Regelübertretungen und Unfälle können ein Indiz für Defizite in der Infrastruktur sein. Darauf weisen auch Erkenntnisse aus einer Untersuchung der BAST hin, in der festgestellt wurde, dass dort, wo sich im Einzelfall Unfallauffälligkeiten zeigen, meist entwurfstechnische Gegebenheiten zu verzeichnen sind, die sich unfallbegünstigend ausgewirkt haben.“ (BMVBS 2012, S. 31).

Insofern ist dieses Beispiel für die verkehrsplanerische Bewertung der Kreuzung von großer Relevanz.

5.4 Ergebnisse der Analyse

Die vergleichende Analyse von markierten Stresspunkten und den Ergebnissen aus Stressmessung und Videoanalyse liefert sowohl ortsbezogene Ergebnisse als auch Erkenntnisse über die Erhebungsverfahren an sich. Da sich die Studie auf einen kleinen Kreis von Probanden stützt, sind die ortsbezogenen Ergebnisse mit Vorsicht zu betrachten. Sie stehen nicht im Zentrum der Betrachtung und sind für die weitere Analyse im Rahmen der vorliegenden Studie nicht weiter von Bedeutung.

Ein Abgleich zwischen den markierten Stresspunkten und den Stressmessungspunkten liefert zunächst eine geringe Übereinstimmung. Nur etwa die Hälfte der Stresssituationen der markierten Stresspunkte findet sich demnach auch unter den Stressmessungspunkten wieder. Wie bereits aus der Auswertung in Abschnitt 5.14.3.2 ersichtlich, kann ein großer Teil der Abweichungen der markierten Stresspunkte mit einem bestimmten Datensatz in Verbindung gebracht werden. Wird dieser Datensatz mit 8 markierten Stresspunkten aus der Analyse ausgeschlossen, so kann der Anteil der Übereinstimmungen auf 73% erhöht werden. Die restlichen Abweichungen lassen sich zu gleichen Teilen auf die Informationen aus Stressmessung und Videoanalyse zurückführen. Während bei einem Teil der markierten Stresspunkte keine entsprechend erhöhte Stressmessung festgestellt werden kann, kann bei den restlichen Punkten in der Videoanalyse keine Stressursache identifiziert werden.

Für eine detaillierte Analyse werden die Stressmessungspunkte und die markierten Stresspunkte im Rahmen einer ortsbezogenen Analyse vergleichend ausgewertet. Es wird analysiert, welche Beiträge die beiden Methoden zur Evaluierung des Stress- und

Sicherheitsempfinden der Radfahrenden an den entsprechenden Stellen liefern. Aus der Analyse in Abschnitt 5.3 wird deutlich, dass sich die Informationen der Stressmessungspunkte und markierten Stresspunkte gegenseitig bestätigen und in Teilen ergänzen. In manchen Fällen stimmen die Daten von Stressmessungspunkten und markierten Stresspunkten soweit überein, dass sie darüber hinaus keine zusätzlichen Informationen liefern. Dies gilt zum Beispiel für die Abschnitte (2) und (5).

5.4.1 Stressmessungspunkte

In einigen Abschnitten finden sich nur wenige markierte Stresspunkte mit unzureichenden Angaben zu den relevanten Triggern und Rahmenbedingungen. In diesem Fall können die Stressmessungspunkte zusätzlich Aufschluss über die betreffenden Abschnitte liefern. So zum Beispiel in Abschnitt (6), in dem die Stressmessungspunkte ergänzend auch Konflikte mit Fußgängern dokumentieren.

Einige Faktoren, die von den Stressmessungspunkten abgebildet werden, wie der geringe Abstand von überholenden Fahrzeugen, finden zudem unter den markierten Stresspunkten keine Berücksichtigung. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob diese Situationen von den Probanden bewusst wahrgenommen werden. Eine mögliche Erklärung wäre, dass die Probanden diese Situationen nicht dokumentieren, weil sie sie als „normal“ erachten. Geringe Überholabstände sind auf Schutz- und Radfahrstreifen oft vorprogrammiert. Es wäre möglich, dass sich die Probanden, als Alltagsradfahrer, bereits an die geringen Überholabstände gewöhnt haben. Damit wäre es unwahrscheinlich, dass sie die entsprechenden Verkehrssituationen dokumentieren. Dieser „Gewöhnungseffekt“ schließt allerdings nicht aus, dass sich die Probanden auf einem, vom allgemeinen Fahrzeugverkehr getrennten Radweg sicherer fühlen würden.

Zudem erfassen die Stressmessungspunkte auch Situationen, die von den Probanden aus anderen Gründen nicht markiert werden. In Abschnitt (8) fährt ein Proband auf der falschen Straßenseite und begibt sich damit in eine gefährliche Situation, die auch mit einer erhöhten Stressmessung einhergeht. Diese Situation ist für die Bewertung der örtlichen Begebenheiten von großer Bedeutung, wird allerdings nicht mithilfe des Push Buttons markiert. Andere Studien die auf Selbstberichten („self-reports“) von Radfahrenden beruhen legen nahe, dass Situationen in denen sich die Probanden selbst entgegen der Verkehrsregeln verhalten systematisch unterrepräsentiert sind (Werneke et al. 2015; Schleinitz et al. 2015). In der Forschung wird dieser Effekt auch mit dem Begriff der sozialen Erwünschtheit („social desirability bias“) beschrieben (Bacchieri et al. 2010).

5.4.2 Markierte Stresspunkte

Die markierten Stresspunkte liefern Informationen über das subjektive Empfinden der Radfahrenden und helfen dabei zu verstehen, warum sie bestimmte Situationen als besonders gefährlich empfinden. Zudem geben die Angaben zu den markierten Stresspunkten Aufschluss darüber, wie gefährlich oder störend sie eine bestimmte Situation

erlebt haben. Diese Informationen sind zentral für die Analyse des Stress- und Sicherheitsempfinden der Radfahrenden und können nur anhand eines Fragebogens oder einer Befragung erhoben werden.

Auch die Informationen zu Hintergrund und Rahmenbedingungen einer Stresssituation sind unter Umständen weder aus Stressmessung noch aus der Videoanalyse ersichtlich. In Abschnitt (4) beispielsweise, wird eine Verkehrssituation markiert, deren problematischer Gehalt in der Videoanalyse nicht erkenntlich ist. Obgleich sich die Situation also in der Stressmessung widerspiegelt, wird sie dementsprechend nicht als Stressmessungspunkt gewertet. Nur mithilfe der Angaben im Fragebogen wird deutlich, dass die Situation aufgrund einer negativen Erfahrung in der Vergangenheit, als besonders gefährlich empfunden wurde. Untersuchungen zeigen, dass Unfälle und Beinahe-Unfälle einen starken Einfluss auf das Sicherheitsempfinden von Radfahrenden haben (Sanders 2015). Subjektive Informationen wie diese, sind dementsprechend essentiell um das Stress- und Sicherheitsempfinden der Radfahrenden zu verstehen.

5.4.3 Kombination der beiden Methoden

Allgemein zeigt sich, dass sich die Angaben aus den Stressmessungspunkten und markierten Stresspunkten inhaltlich ergänzen. Die markierten Stresspunkte, auf der einen Seite, geben Aufschluss über die subjektive Wahrnehmung der Probanden und tragen damit einen wesentlichen Anteil zur Analyse bei. Die Stressmessungspunkte andererseits ermöglichen einen anderen Blick auf die Stresssituationen und erfassen damit auch Situationen, die von den Probanden nicht bewusst wahrgenommen oder aus anderen Gründen nicht markiert werden. Obgleich die Anzahl der Datenpunkte pro betrachtetem Abschnitt gering ist, ergeben die gesammelten Informationen so zumeist ein recht deutliches Bild der Situation.

6 Diskussion der beiden Erhebungsmethoden

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse aus Auswertung und Analyse diskutiert und vor dem Hintergrund der zukünftigen Anwendbarkeit der Methode kritisch beleuchtet.

6.1 Stressmessung und Stressmessungspunkte

Entsprechend dem Prinzip von *EmoCycling* erfassen die Stressmessungspunkte systematisch alle Punkte, bei denen eine erhöhte Stressmessung auftritt, die sich mithilfe der Videoaufnahmen als verkehrsplanerisch relevant verifizieren lässt. Vor diesem Hintergrund wird, in Abgrenzung zu den subjektiven Angaben der Probanden auch von einer „objektivierten Messung“ (siehe 2.5) oder einer „objektive[n] Messung“ (Groß 2015, S. 69) gesprochen. Dabei stellt sich die Frage wie objektiv diese Methode tatsächlich ist. Die Stressmessung an sich basiert auf Sensordaten und funktioniert damit nach objektiv nachvollziehbaren Kriterien. Diese Objektivität wird allerdings eingeschränkt, wenn die Stresssituationen per Videoanalyse verifiziert und kategorisiert werden. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn, wie in der vorliegenden Studie, nur 22% der Stressmessungspunkte als verkehrsplanerisch relevante Stressmessungspunkte zurückgehalten werden.

Mit Blick auf die zukünftige Anwendbarkeit der Methode sollten demnach weitere Anstrengungen unternommen werden um die Zielgenauigkeit bei der Erkennung von verkehrsplanerisch relevanten Stressmomenten zu erhöhen. Denkbar wäre beispielsweise eine Kombination mit weiteren objektiven Indikatoren wie Bremskraftsensoren und Beschleunigungs- und Geschwindigkeitsmessern nach dem Vorbild von Dozza et al. (2012). Auf diese Weise wäre es möglich, die Anzahl der zu verifizierenden Stresssituationen und den damit einhergehenden Auswertungsaufwand zu reduzieren.

Ungeachtet dessen liefert die Methode der Humansensorik einen innovativen Ansatz, der einen neuen Blick auf das Stressempfinden der Probanden eröffnet. Neben den von den Probanden berichteten Situationen können so auch Situationen erfasst werden, die die Probanden aus verschiedenen Gründen tendenziell eher nicht markieren. So beispielsweise eine äußerst interessante Situation, in welcher ein Proband aufgrund der örtlichen Begebenheiten auf die falsche Straßenseite ausweicht und sich damit in eine gefährliche Situation begibt (siehe 5.4.1). Zudem rücken dank der Methode der Stressmessungspunkte auch andere Trigger wie zum Beispiel, mit geringem Abstand überholende Fahrzeuge, in den Blick.

6.2 Push Button und markierte Stresspunkte

Auf der anderen Seite stehen die, durch die Probanden markierten Stresspunkte und die zugehörigen subjektiven Angaben. Die Ergebnisse der Auswertung in Kapitel 4.3.2 zeigen, dass die Probanden in 87,0% der Fälle in der Lage sind, die während der Fahrt

markierten Stresssituationen zu beschreiben. In 78,3% der Fälle können sie zudem die relevanten Trigger zumindest teilweise nennen. Wird ein, als Ausreißer identifizierter Datensatz aus der Betrachtung ausgeschlossen, so lassen sich beide Prozentsätze deutlich erhöhen. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Angaben der Fragebögen zuverlässig und somit für die Analyse der markierten Stresspunkte geeignet sind. Zudem ist zu erwarten, dass die Zuverlässigkeit der Angaben bei einer größeren Anzahl an Datensätzen durch eine Bereinigung der Daten weiter erhöht werden kann.

Während die Stressmessungspunkte nur Angaben zu den Triggern tragen, liefern die markierten Stresspunkte zusätzlich weitere Angaben der Probanden. Diese geben Aufschluss über den Situationshergang und darüber weshalb die Probanden den jeweiligen Punkt markiert haben. Sie liefern außerdem Informationen darüber, wie gefährlich und störend die jeweilige Situation empfunden wurde. Die markierten Stresspunkte tragen dementsprechend wichtige Information zur Analyse bei und helfen dabei das individuelle Empfinden des Radfahrers in der jeweiligen Situation zu verstehen.

6.3 Methodik der Studie

In Bezug auf die Konzeption der Studie können einige methodische Überlegungen diskutiert werden. Die Definition der zu markierenden Stresspunkte beispielsweise, ist sehr offen gehalten. Die Probanden sind gebeten alle Situationen zu markieren die sie als „stressig oder gefährlich“ empfinden. Eine offene Definition wie diese eignet sich um die verschiedenen individuellen Erfahrungen abzubilden ohne die Probanden in ihrer Wahrnehmung zu stark zu beeinflussen. Andererseits erschwert sie die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. So wird der Push Button von einem Drittel der Probanden kein einziges Mal betätigt. Die restlichen markierten Stresspunkte reichen von einer nicht erreichten grünen Ampel bis hin zu Problemen bei der Suche der Route. Es wäre deswegen zu überlegen, ob die Vergleichbarkeit der Ergebnisse durch eine genauere Definition verbessert werden könnte. Zusätzlich zur eigentlichen Definition könnten in der Einweisung zur Studie z.B. einige Beispielsituationen aufgeführt werden.¹¹

Manche Probanden nennen in den stresspunktbezogenen Fragebögen pro markiertem Stresspunkt nur einen Trigger. Gleichwohl sind die Stresssituationen zumeist auf die Kombination mehrerer Trigger zurückzuführen. Die vollständige Identifizierung der relevanten Trigger ist für die Auswertung der Ergebnisse zudem von großer Bedeutung. Die Verteilung der Angaben in den Fragebögen lässt vermuten, dass die Anzahl an genannten Triggern möglicherweise durch die Hervorhebung der Anmerkung „Mehrfachnennungen“ erhöht werden könnte.

Verschiedene Studien zeigen, dass die Radfahrerfahrung und -häufigkeit einen signifikanten Einfluss auf das Sicherheitsempfinden der Radfahrenden hat (Chataway et al.

¹¹ Das Projekt *PING if you care!* stellt den Teilnehmenden beispielsweise eine Liste mit relevanten Situationen und Kategorien zur Verfügung (Mobil21 und Bike Citizens 2017)

2014; Sanders 2015; Lawson et al. 2013). In der vorliegenden Studie scheint zudem ein Zusammenhang zwischen dem allgemeinen Sicherheitsempfinden beim Radfahren und der Anzahl an markierten Stresspunkten zu bestehen (siehe 4.3.1). Bei den Probanden handelt es sich vornehmlich um Alltagsradfahrer, die zudem zum Teil aus dem Umkreis des ADFC geworben wurden. Es ist dementsprechend zu erwarten, dass die Zusammensetzung der Gruppe der Probanden einen starken Einfluss auf die Ergebnisse der Untersuchung hat.

7 Fazit und Ausblick

Mit der vorliegenden Studie wird ein kombinierter Ansatz zur Untersuchung von Stress- und Sicherheitsempfinden im Radverkehr vorgestellt. Das auf Humansensorik basierende Konzept von *EmoCycling*, wird um die Komponente eines Push Buttons erweitert und anhand einer kleinen Studie in Karlsruhe getestet. Eine vergleichende Analyse der Ergebnisse zeigt, dass sowohl die Stressmessung als auch die von den Probanden markierten Stresspunkte wichtige Beiträge zum Verständnis des Stress- und Sicherheitsempfinden in den einzelnen Streckenabschnitten liefern.

Eine Literaturrecherche gibt einen Überblick über die Methodik unterschiedlicher Untersuchungsansätze, die sich mit der subjektiven Sicherheit von Radverkehrsanlagen auseinandersetzen. Sie ordnet das Konzept von *EmoCycling* methodisch ein und beschäftigt sich dabei sowohl mit Ansätzen mobiler Partizipation als auch mit klassischen Forschungsmethoden.

Im Rahmen einer kleinen Studie werden 9 Probanden mit einer GoPro Videokamera und einem Smartband zur Erfassung von Stresssituationen ausgestattet. Die Probanden fahren eine vorgegebene Route ab und markieren dabei Situationen, die sie als stressig oder gefährlich empfinden mithilfe eines Push Buttons, der am Lenker befestigt ist. Im Anschluss bearbeiten die Probanden einen Fragebogen in dem sie Angaben zu den von ihnen markierten Stresspunkten machen. Die durch das Smartband aufgezeichneten Stressmessungspunkte werden mithilfe der Videoaufnahmen verifiziert und kategorisiert. Die Auswertung der 23 markierten Stresspunkte zeigt, dass die Probanden in einem Großteil der Fälle in der Lage sind richtige und relevante Informationen zu den markierten Punkten bereitzustellen. Die Videoauswertung der mittels Stressmessung identifizierten Stresssituationen liefert 88 verkehrsplanerisch relevante Stressmessungspunkte. Ein erster Vergleich der Stressmessungspunkte und markierten Stresspunkte zeigt, dass sich für die markierten Stresspunkte nur in etwa der Hälfte der Fälle unter den Stressmessungspunkten eine Entsprechung findet.

Das übergeordnete Ziel der Studie ist es zu prüfen, inwiefern die beiden Methoden verkehrsplanerisch relevante Ergebnisse zu einzelnen Streckenabschnitten der Route liefern. Die Analyse der einzelnen Abschnitte zeigt, dass sowohl die Stressmessung über die Stressmessungspunkte als auch die markierten Stresspunkte hier wichtige Beiträge leisten.

Die durch die Probanden dokumentierten markierten Stresspunkte einerseits liefern wichtige Informationen zu subjektivem Empfinden, Auslösern und individuellen Hintergründen der Stresssituationen. Viele dieser Informationen sind nicht aus der Videoanalyse erkenntlich und finden sich dementsprechend nicht unter den Stressmessungspunkten wieder. Die Anzahl der markierten Stresspunkte variiert stark zwischen den verschiedenen Probanden. Dies lässt sich unter anderem auf die relativ offen formulierte Definition der zu markierenden Stresssituationen zurückführen. In Hinblick auf die Konzeption

der Studie wäre dementsprechend eine genauere Definition zugunsten der Vergleichbarkeit der Ergebnisse in Erwägung zu ziehen.

Die mittels Stressmessung und Videoanalyse identifizierten Stressmessungspunkte andererseits vermitteln eine weitere, unter Umständen objektivere Sichtweise. Unbeeinträchtigt von Effekten wie dem Effekt der sozialen Erwünschtheit (Bacchieri et al. 2010) geben sie Aufschluss über die Stressreaktionen der Probanden. So wird beispielsweise eine gefährliche und verkehrsplanerisch relevante Situation erfasst in welcher sich ein Proband regelwidrig verhält. Darüber hinaus lenken die Stressmessungspunkte den Blick auf Bedingungen, wie den geringen Überholabstand anderer Fahrzeuge, die in den Angaben der Probanden aus verschiedenen Gründen unterrepräsentiert sind.

In Bezug auf eine zukünftige Anwendung der Methode sind verschiedene Erweiterungen denkbar. Zunächst wäre es möglich die Stressmessung um weitere objektive Indikatoren wie Bremskraftsensoren und Geschwindigkeitsmesser zu erweitern (Dozza et al. 2012). Eine solche Erweiterung könnte den Auswertungsaufwand bei einer größeren Gruppe von Probanden perspektivisch verringern, wäre allerdings nicht auf eine beliebig große Gruppe von Nutzern übertragbar. Tendenziell würde sich der Untersuchungsansatz damit in die Richtung von Forschungsansätzen wie dem des *naturalistic cycling* (siehe 2.4.3) entwickeln.

Zukünftig könnte das Smartband im Untersuchungsaufbau unter Umständen durch ein Fitnessarmband ersetzt werden (Groß und Zeile 2016, S. 278). Vor diesem Hintergrund könnte auch eine Weiterentwicklung der Methode hinsichtlich einer Anwendung im Feld der mobilen Partizipation angestrebt werden. In diesem Sinne könnte die Methode des Push Buttons nach dem Vorbild von *PING if you care!* in Bezug auf ihre Handhabbarkeit weiterentwickelt werden. Die Markierungen des Push Buttons könnten so nach der Fahrt in einer App angezeigt und kommentiert werden.

Insgesamt zeigt sich, dass die vorgestellte Kombination von Stressmessung und subjektiven Angaben einen hohen Erkenntnisgewinn birgt. Die Studie unterstreicht damit das Potential von Ansätzen die sowohl objektive Faktoren als auch subjektive Angaben in die Untersuchung des Sicherheitsempfinden von Radfahrenden miteinbeziehen.

A. Anhang

EmoCycling: Einladung zur Studie

Sehr geehrte Damen und Herren,

Ich arbeite im Rahmen meiner Bachelorarbeit am Institut für Verkehrswesen (KIT) an der Weiterentwicklung einer Methode zur Stressmessung bei Radfahrenden. Dabei geht es darum Stresssituationen von Radfahrenden im Straßenverkehr zu lokalisieren und aus den Ergebnissen Handlungsempfehlungen für die Verkehrsplanung zu erarbeiten. Die Stresssituationen werden über ein Smartband, ähnlich einem Fitnessarmband, identifiziert (siehe Abbildung) und sollen in einem zweiten Schritt mithilfe einer Befragung ausgewertet werden. Um die Methode zu testen werde ich in Karlsruhe eine kleine Studie durchführen zu der ich alle leidenschaftlichen Radfahrer und Radfahrerinnen herzlich einladen möchte.

Vorgang	Zeit
Begrüßung	5 min
Anlegen der Instrumente	5 min
Messfahrt	30 min
Befragung	20 min
Gesamt	60 min

Ziel der Studie ist es,

- 1.) Zu prüfen ob sich die Methode für die Auswertung der Stressmessungen eignet,
- 2.) Aus den Ergebnissen konkrete Hinweise für die Verkehrsplanung zu erarbeiten.

In der Studie sollen 8 Probanden mit entsprechenden Messgeräten ausgestattet werden und eine vorgegebene Route durch die Karlsruher Innenstadt abfahren. Dafür darf gerne das eigene Fahrrad mitgebracht und verwendet werden. Anschließend sind die Probanden gebeten einen Fragebogen auszufüllen.

Termine für die Messfahrten:

**Mi 14.02.18 – Fr 16.02.,
jeweils ganztägig**

Zur Anmeldung und bei Rückfragen erreichen Sie mich jederzeit unter folgenden Kontaktdaten:

Tel.: 0176 988 144 00
Mail: Ida.Rockenbach@gmail.com

Freundliche Grüße,
Ida Rockenbach




EmoCycling
Concept

B. Anhang

Informationen zur Studie

Sehr geehrter Proband, sehr geehrte Probandin,

In diesem Dokument sollen Ziel und Ablauf der Studie erklärt und einige wichtige Hinweise zur Durchführung geben werden. Lesen Sie sich das Dokument also bitte in Ruhe durch und wenden Sie sich bei Fragen an die unter genannte Ansprechpartnerin.

Ablauf	Zeit
Begrüßung	5 min
Anlegen der Instrumente	5 min
Messfahrt	30 min
Befragung	20 min
Gesamt	60 min

1. Zweck der Studie

In dieser Studie soll eine Methode zur Auswertung von Stresssituationen von Radfahrenden getestet werden. Die Stresssituationen werden über ein Smartband über Hautleitfähigkeit und Hauttemperatur erfasst. Über einen Push-button am Lenker sind die Probanden aufgefordert alle Situationen zu markieren, die sie als stressig oder gefährlich empfinden (siehe 2. Studienablauf). Ziel der Bemühungen ist es, die Perspektive der Radfahrenden besser in die Verkehrsplanung einfließen zu lassen und damit die Radinfrastruktur attraktiver zu gestalten. Im Rahmen der Studie werden folgende Ziele verfolgt:

- 1.) Es soll geprüft werden ob sich die Methode für die Auswertung der Stressmessungen eignet,
- 2.) Aus den Ergebnissen sollen konkrete Hinweise für die Verkehrsplanung erarbeitet werden.

2. Studienablauf

Nach Begrüßung und Unterzeichnung der Einverständniserklärung werden Sie mit den folgenden Messgeräten ausgestattet: Smartband, GPS Tracker, GoPro (kleine Videokamera auf dem Helm), Push-Button (am Lenker befestigt), Smartphone (in der Jackentasche). Für die Messfahrt können Sie gerne ihr eigenes Fahrrad verwenden, andernfalls kann Ihnen ein verkehrstüchtiges Fahrrad zur Verfügung gestellt werden.

Ihnen wird eine etwa 25-minütige Route vorgegeben. Dazu wird Ihnen eine Karte der Route ausgehändigt. Während der Fahrt markieren Sie **alle Situationen, die sie als stressig oder gefährlich empfinden** mit dem roten Push-Button am Lenker ihres Fahrrades. Dafür drücken sie einfach in jeder betreffenden Situation einmal kurz auf den Knopf, das Gerät speichert dann ihre aktuelle Position. Im Anschluss an die Messfahrt werden die von Ihnen durch Knopfdruck markierten Punkte auf einer Karte lokalisiert. Sie werden dann kurz zu jedem der Punkte befragt. Dabei interessiert uns vor allem ob Sie sich an Kontext und Umstände der jeweiligen Situation erinnern.

Hinweise zur Durchführung

- Fahren sie während der Messfahrt mit ihrer gewohnten Geschwindigkeit.
- Bitte achten Sie darauf, dass ihr Jackenärmel das Smartband bei der Fahrt nicht verdeckt.
- Um Ihre Sicherheit nicht zu gefährden und die Messergebnisse nicht zu verfälschen ist es wichtig, dass Sie beim Drücken des Push-Buttons entspannt und bedacht vorgehen. Für die Auswertung reicht es völlig aus, wenn Sie den Push-Button in einem Zeitfenster von 5 Sekunden nach Auftreten der Situation betätigen. Es besteht also kein Grund zur Hektik.
- Falls Sie sich verfahren sollten oder sich beim Streckenverlauf unsicher sind, halten Sie einfach kurz an und orientieren Sie sich in Ruhe mithilfe der Karte.

AnsprechpartnerIn

Bei Rückfragen erreichen Sie mich jederzeit unter folgenden Kontaktdaten:

Tel.: 0176 988 144 00

Mail: Ida.Rockenbach@gmail.com

Vielen Dank für die Teilnahme an der Studie!

Mit freundlichen Grüßen,

Ida Rockenbach

C. Anhang

Allgemeiner Fragebogen

Allgemeine Informationen

1. **Alter**

2. **Geschlecht**

weiblich

männlich

Fahrtyp

3. **Wie Häufig fahren Sie Fahrrad?**

täglich

mehrmals wöchentlich

mehrmals monatlich

einmal monatlich

selten

nie

4. **Zu welchem Zweck fahren Sie Fahrrad (Mehrfachnennungen möglich)**

Transport

Arbeit

Ausbildung

Einkaufen

Sport

Freizeit

5. **Aus welchen Gründen fahren Sie Fahrrad (Mehrfachnennungen möglich)**

Kostenersparnis

Zeitersparnis

Gesundheit

Umwelt

PKW-Alternative

6. **Aus welchen Gründen lassen Sie das Fahrrad im Alltag doch mal stehen?**
(Mehrfachnennungen möglich)

Wetter

Verkehr

Gesundheit

Distanz

Topographie

Bitte fahren sie auf der nächsten Seite fort

Fahrverhalten

7. **Wie sicher fühlen Sie sich beim Radfahren allgemein?** (Schulnotensystem)

- 1 2 3 4 5 6

8. **Wie sicher fühlen Sie sich beim Radfahren in Karlsruhe?** (Schulnotensystem)

- 1 2 3 4 5 6

9. **Wie sicher haben Sie sich während der Messung gefühlt?** (Schulnotensystem)

- 1 2 3 4 5 6

10. **Welche Faktoren empfinden Sie beim Radfahren als besonders gefährlich?**
(Bitte maximal drei ankreuzen)

Knotenpunkt	<input type="checkbox"/>	Engstelle	<input type="checkbox"/>
Gegenverkehr (Kfz)	<input type="checkbox"/>	Überholendes Kfz	<input type="checkbox"/>
Hindernis (z.B. parkendes Kfz)	<input type="checkbox"/>	Sich öffnende Fahrzeughür	<input type="checkbox"/>
Eigener Überholvorgang	<input type="checkbox"/>	Steigung/Gefälle	<input type="checkbox"/>
Eigener Abbiegevorgang	<input type="checkbox"/>	Schlechter Straßenbelag	<input type="checkbox"/>
Fußgänger	<input type="checkbox"/>	Desorientierung	<input type="checkbox"/>
Anderer Radfahrer	<input type="checkbox"/>	Schlechte Sichtbeziehung	<input type="checkbox"/>
Ein-/abbiegender Kfz	<input type="checkbox"/>	Bordsteinkante	<input type="checkbox"/>

11. **Sind Sie ortskundig?**

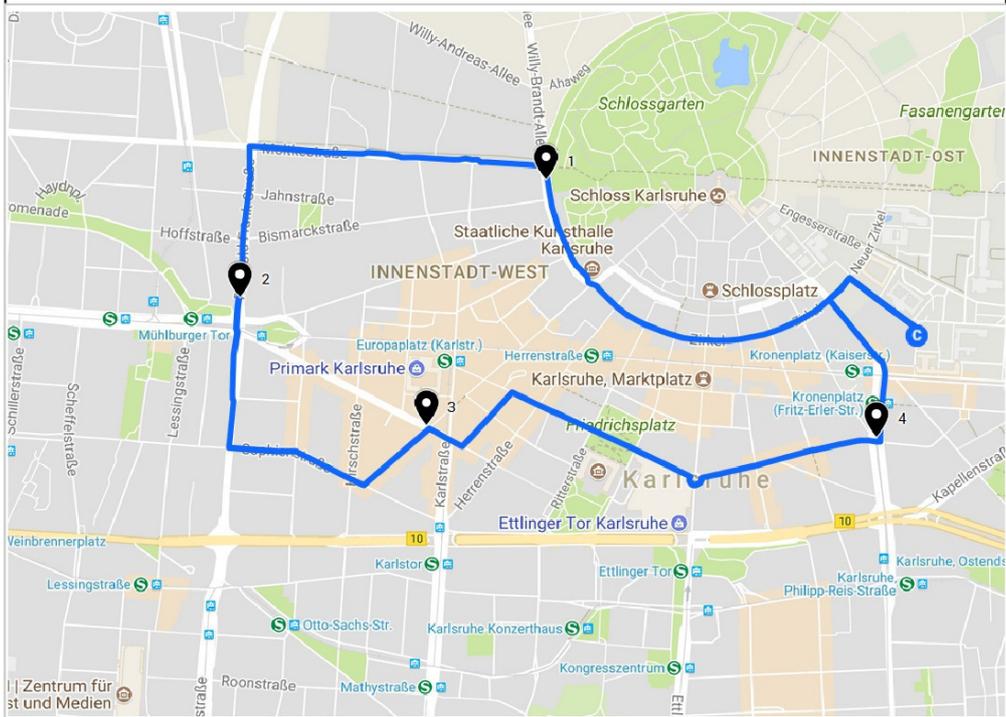
- Ja Nein

12. **Hatten sie während der Untersuchung Probleme die vorgegebene Route zu finden?**

- Ja ein wenig Nein

Fragen zu den markierten Punkten

Die folgende Karte zeigt die vorgegebene Route mit den von Ihnen durch den roten Knopf markierten Stellen (Nummerierung der Punkte in chronologischer Reihenfolge). Die folgenden Fragen beziehen sich jeweils auf den Punkt mit der entsprechenden Nummerierung.



(Fragen zu den einzelnen Punkten auf den folgenden Seiten)

FRAGEN ZU PUNKT 1

1. Bitte beschreiben Sie die Situation kurz in eigenen Worten. (Falls Sie sich nicht an den Punkt erinnern können, schreiben Sie „keine Erinnerung“ und fahren Sie auf der nächsten Seite fort)

2. Welche Verkehrsfläche haben Sie zu diesem Zeitpunkt benutzt?

- Baulich angelegter Radweg Radfahrstreifen/ Schutzstreifen Fahrradstraße
 Gehweg Straße (im Mischverkehr) weiß nicht

3. Wie gefährlich ist Ihnen die Situation vorgekommen?

- Sehr gefährlich gefährlich etwas gefährlich ungefährlich

4. Wie störend haben Sie die Situation erlebt?

- Sehr störend störend etwas störend nicht störend

5. Welche der folgenden Faktoren haben in der Situation eine Rolle gespielt?
(Mehrfachnennungen möglich)

Knotenpunkt	<input type="checkbox"/>	Engstelle	<input type="checkbox"/>
Gegenverkehr (Kfz)	<input type="checkbox"/>	Überholendes Kfz	<input type="checkbox"/>
Hindernis (z.B. parkendes Kfz)	<input type="checkbox"/>	Sich öffnende Fahrzeurtür	<input type="checkbox"/>
Eigener Überholvorgang	<input type="checkbox"/>	Steigung/Gefälle	<input type="checkbox"/>
Eigener Abbiegevorgang	<input type="checkbox"/>	Schlechter Straßenbelag	<input type="checkbox"/>
Fußgänger	<input type="checkbox"/>	Desorientierung	<input type="checkbox"/>
Anderer Radfahrer	<input type="checkbox"/>	Schlechte Sichtbeziehung	<input type="checkbox"/>
Ein-/abbiegendes Kfz	<input type="checkbox"/>	Bordsteinkante	<input type="checkbox"/>

6. Hätte die Situation vermieden werden können? Falls ja durch welche Verhaltensänderungen/ infrastrukturellen Anpassungen?

FRAGEN ZU PUNKT 2

1. Bitte beschreiben Sie die Situation kurz in eigenen Worten. (Falls Sie sich nicht an den Punkt erinnern können schreiben Sie „keine Erinnerung“ und fahren Sie auf der nächsten Seite fort)

2. Welche Verkehrsfläche haben Sie zu dem Zeitpunkt benutzt?

- Baulich angelegter Radweg
 Radfahrstreifen/ Schutzstreifen
 Fahrradstraße
 Gehweg
 Straße (im Mischverkehr)
 weiß nicht

3. Wie gefährlich ist Ihnen die Situation vorgekommen?

- Sehr gefährlich
 gefährlich
 etwas gefährlich
 ungefährlich

4. Wie störend haben Sie die Situation erlebt?

- Sehr störend
 störend
 etwas störend
 nicht störend

5. Welche der folgenden Faktoren haben in der Situation eine Rolle gespielt?
(Mehrfachnennungen möglich)

Knotenpunkt	<input type="checkbox"/>	Engstelle	<input type="checkbox"/>
Gegenverkehr (Kfz)	<input type="checkbox"/>	Überholendes Kfz	<input type="checkbox"/>
Hindernis (z.B. parkendes Kfz)	<input type="checkbox"/>	Sich öffnende Fahrzeurtür	<input type="checkbox"/>
Eigener Überholvorgang	<input type="checkbox"/>	Steigung/Gefälle	<input type="checkbox"/>
Eigener Abbiegevorgang	<input type="checkbox"/>	Schlechter Straßenbelag	<input type="checkbox"/>
Fußgänger	<input type="checkbox"/>	Desorientierung	<input type="checkbox"/>
Anderer Radfahrer	<input type="checkbox"/>	Schlechte Sichtbeziehung	<input type="checkbox"/>
Ein-/abbiegender Kfz	<input type="checkbox"/>	Bordsteinkante	<input type="checkbox"/>

6. Hätte die Situation vermieden werden können? Falls ja durch welche Verhaltensänderungen/ infrastrukturellen Anpassungen?

FRAGEN ZU PUNKT 3

1. Bitte beschreiben Sie die Situation kurz in eigenen Worten. (Falls Sie sich nicht an den Punkt erinnern können schreiben Sie „keine Erinnerung“ und fahren Sie auf der nächsten Seite fort)

2. Welche Verkehrsfläche haben Sie zu dem Zeitpunkt benutzt?

- Baulich angelegter Radweg
 Radfahrstreifen/ Schutzstreifen
 Fahrradstraße
 Gehweg
 Straße (im Mischverkehr)
 weiß nicht

3. Wie gefährlich ist Ihnen die Situation vorgekommen?

- Sehr gefährlich
 gefährlich
 etwas gefährlich
 ungefährlich

4. Wie störend haben Sie die Situation erlebt?

- Sehr störend
 störend
 etwas störend
 nicht störend

5. Welche der folgenden Faktoren haben in der Situation eine Rolle gespielt?
(Mehrfachnennungen möglich)

Knotenpunkt	<input type="checkbox"/>	Engstelle	<input type="checkbox"/>
Gegenverkehr (Kfz)	<input type="checkbox"/>	Überholendes Kfz	<input type="checkbox"/>
Hindernis (z.B. parkendes Kfz)	<input type="checkbox"/>	Sich öffnende Fahrzeurtür	<input type="checkbox"/>
Eigener Überholvorgang	<input type="checkbox"/>	Steigung/Gefälle	<input type="checkbox"/>
Eigener Abbiegevorgang	<input type="checkbox"/>	Schlechter Straßenbelag	<input type="checkbox"/>
Fußgänger	<input type="checkbox"/>	Desorientierung	<input type="checkbox"/>
Anderer Radfahrer	<input type="checkbox"/>	Schlechte Sichtbeziehung	<input type="checkbox"/>
Ein-/abbiegender Kfz	<input type="checkbox"/>	Bordsteinkante	<input type="checkbox"/>

6. Hätte die Situation vermieden werden können? Falls ja durch welche Verhaltensänderungen/ infrastrukturellen Anpassungen?

FRAGEN ZU PUNKT 4

1. Bitte beschreiben Sie die Situation kurz in eigenen Worten. (Falls Sie sich nicht an den Punkt erinnern können schreiben Sie „keine Erinnerung“ und fahren Sie auf der nächsten Seite fort)

2. Welche Verkehrsfläche haben Sie zu dem Zeitpunkt benutzt?

- Baulich angelegter Radweg
 Radfahrstreifen/ Schutzstreifen
 Fahrradstraße
 Gehweg
 Straße (im Mischverkehr)
 weiß nicht

3. Wie gefährlich ist Ihnen die Situation vorgekommen?

- Sehr gefährlich
 gefährlich
 etwas gefährlich
 ungefährlich

4. Wie störend haben Sie die Situation erlebt?

- Sehr störend
 störend
 etwas störend
 nicht störend

5. Welche der folgenden Faktoren haben in der Situation eine Rolle gespielt?
(Mehrfachnennungen möglich)

Knotenpunkt	<input type="checkbox"/>	Engstelle	<input type="checkbox"/>
Gegenverkehr (Kfz)	<input type="checkbox"/>	Überholendes Kfz	<input type="checkbox"/>
Hindernis (z.B. parkendes Kfz)	<input type="checkbox"/>	Sich öffnende Fahrzeurtür	<input type="checkbox"/>
Eigener Überholvorgang	<input type="checkbox"/>	Steigung/Gefälle	<input type="checkbox"/>
Eigener Abbiegevorgang	<input type="checkbox"/>	Schlechter Straßenbelag	<input type="checkbox"/>
Fußgänger	<input type="checkbox"/>	Desorientierung	<input type="checkbox"/>
Anderer Radfahrer	<input type="checkbox"/>	Schlechte Sichtbeziehung	<input type="checkbox"/>
Ein-/abbiegender Kfz	<input type="checkbox"/>	Bordsteinkante	<input type="checkbox"/>

6. Hätte die Situation vermieden werden können? Falls ja durch welche Verhaltensänderungen/ infrastrukturellen Anpassungen?

Literaturverzeichnis

- Afzalan, Nader; Sanchez, Thomas W.; Evans-Cowley, Jennifer (2017): Creating smarter cities. Considerations for selecting online participatory tools. In: *Cities* 67, S. 21–30.
- Albino, Vito; Berardi, Umberto; Dangelico, Rosa (2015): Smart Cities. Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. In: *Journal of Urban Technology* 22.
- Aldred, Rachel (2016): Cycling near misses. Their frequency, impact, and prevention. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 90, S. 69–83.
- Aldred, Rachel; Goodman, Anna (2018): Predictors of the frequency and subjective experience of cycling near misses. Findings from the first two years of the UK Near Miss Project. In: *Accident; analysis and prevention* 110, S. 161–170.
- Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V. (2017): ADFC Fahrradklimatest 2016. Ergebnistabelle Bundesländer.
- Alrutz, Dankmar; Bohle, Wolfgang; Müller, Holger; Prahlow, Heike (2009): Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW Verl. für neue Wiss (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen V, Verkehrstechnik, 184).
- Bacchieri, Giancarlo; Barros, Aluísio J. D.; Dos Santos, Janaína V.; Gigante, Denise P. (2010): Cycling to work in Brazil. Users profile, risk behaviors, and traffic accident occurrence. In: *Accident; analysis and prevention* 42 (4), S. 1025–1030.
- Bergner, Benjamin; Zeile, Peter; Papastefanou, Georgios; Rech, Werner (2011): Emotionales Barriere-GIS als neues Instrument zur Identifikation und Optimierung städtischer Barrieren. In: Josef Strobl, Thomas Blaschke und Gerald Griesebner (Hg.): *Angewandte Geoinformatik 2011*. Berlin: Wichmann, S. 430–439.
- Bike Citizens (2017): PING if you care! Brüsseler Radfahrer/innen markieren unsichere Stellen auf Knopfdruck. Feigl, Simone.
- BMUB (Hg.) (2016): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung.
- BMVBS (Hg.) (2012): Nationaler Radverkehrsplan 2020. Den Radverkehr gemeinsam weiterentwickeln, zuletzt geprüft am 11.04.2018.
- Bundesregierung (Hg.) (2017): Sofortprogramm Saubere Luft 2017 bis 2020. Entwurf.
- Campbell, Andrew (2006): Proceedings of the 4th international conference on Embedded networked sensor systems. New York, NY: ACM. Online verfügbar unter <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1182807>.
- Chataway, Elijah Steven; Kaplan, Sigal; Nielsen, Thomas Alexander Sick; Prato, Carlo Giacomo (2014): Safety perceptions and reported behavior related to cycling in mixed

traffic. A comparison between Brisbane and Copenhagen. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 23, S. 32–43.

Dozza, Marco; Werneke, Julia; Fernandez, Andre (Hg.) (2012): Piloting the Naturalistic Methodology on Bicycles. International Cycling Safety Conference 2012.

Eisenmann, Christine; Chlond, Bastian; Hilgert, Tim; Behren, Sascha von; Vortisch, Peter (2018): Deutsches Mobilitätspanel (MOP) - Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung Bericht 2016/2017: Alltagsmobilität und Fahrleistung. Karlsruhe, zuletzt geprüft am 31.03.2018.

Exner, Jan-Philipp; Bergner, Benjamin; Zeile, Peter; Broschart, Daniel (2012): Human-sensorik in der räumlichen Planung, S. 690–699.

FGSV (Hg.) (2010): Empfehlungen für Radverkehrsanlagen. ERA; R2. Ausg. 2010. Köln: FGSV-Verl. (FGSV, 284).

Götschi, Thomas; Castro, Alberto; Deforth, Manja; Miranda-Moreno, Luis; Zangenehpour, Sohail (2017): Towards a comprehensive safety evaluation of cycling infrastructure including objective and subjective measures. In: *Journal of Transport & Health*.

Graf, Thimo (2016): Handbuch: Radverkehr in der Kommune. Nutzertypen, Infrastruktur, Stadtplanung, Marketing : das Hygge-Modell, Ergänzungen zur ERA. 1. Auflage. Röthenbach an der Pegnitz: Les éditions Bruno im Hause Thimo Graf Verlag.

Groß, Dennis (2015): EmoCyclingConcept - Potentiale der emotionalen Stadtkartierung für Radverkehrskonzepte am Usecase Worms.

Groß, Dennis; Zeile, Peter (2016): EmoCyclingConcept – Potenziale der emotionalen Stadtkartierung 2-2016, S. 273–278.

Hagemeister, Carmen; Schlag, Bernhard (2014): How do Cyclists perceive different Kinds of Cycling Facilities?

Höffken, Stefan (2014): Mobile Partizipation. Wie Bürger mit dem Smartphone Stadtplanung mitgestalten.

Horton, David (2007): Fear of Cycling. In: Paul Rosen, Peter Cox und David Horton (Hg.): *Cycling and society*. Aldershot: Ashgate (Transport and society), S. 133–152.

Hull, Angela; O'Holleran, Craig (2014): Bicycle infrastructure. Can good design encourage cycling? In: *Urban, Planning and Transport Research* 2 (1), S. 369–406. DOI: 10.1080/21650020.2014.955210.

Jestico, Ben; Nelson, Trisalyn; Winters, Meghan (2016): Mapping ridership using crowdsourced cycling data. In: *Journal of Transport Geography* 52, S. 90–97.

KA-Feedback - Trends (2018). Online verfügbar unter <http://www.ka-feedback.de/trend>, zuletzt geprüft am 28.03.2018.

Kitchin, Rob (2014): The real-time city? Big data and smart urbanism. In: *GeoJournal* 79 (1), S. 1–14.

Klima-Bündnis (2017): STADTRADELN. Kampagnenkonzept.

Kreibig, Sylvia D. (2010): Autonomic nervous system activity in emotion. A review. In: *Biological psychology* 84 (3), S. 394–421.

Krishnan, Satish; Teo, Thompson S.H.; Lymm, John (2017): Determinants of electronic participation and electronic government maturity. Insights from cross-country data. In: *International Journal of Information Management* 37 (4), S. 297–312.

Lawson, Anneka R.; Pakrashi, Vikram; Ghosh, Bidisha; Szeto, W. Y. (2013): Perception of safety of cyclists in Dublin City. In: *Accident; analysis and prevention* 50, S. 499–511.

Maheshwari, Tanvi; Kupferschmid, Jonas; Erath, Alexander; Joos, Michael (2016): Virtual Reality as a tool to assess perception of safety and comfort for cyclists in Singapore.

Masdeval, Christian; Veloso, Adriano (2015): Mining citizen emotions to estimate the urgency of urban issues. In: *Information Systems* 54, S. 147–155.

McNeil, Nathan; Monsere, Christopher M.; Dill, Jennifer (2015): Influence of Bike Lane Buffer Types on Perceived Comfort and Safety of Bicyclists and Potential Bicyclists. In: *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2520, S. 132–142.

MobiEl21; Bike Citizens (Hg.) (2017): Issues - Ping this when... Online verfügbar unter <http://pingifyoucare.brussels/en/what-to-ping/>, zuletzt geprüft am 08.04.2018.

Møller, Mette; Hels, Tove (2008): Cyclists' perception of risk in roundabouts. In: *Accident; analysis and prevention* 40 (3), S. 1055–1062.

Ng, Athena; Debnath, Ashim Kumar; Heesch, Kristiann C. (2017): Cyclist' safety perceptions of cycling infrastructure at un-signalised intersections. Cross-sectional survey of Queensland cyclists. In: *Journal of Transport & Health* 6, S. 13–22.

Resch, Bernd; Sudmanns, Martin; Sagl, Günther; Summa, Anja; Zeile, Peter; Exner, Jan-Philipp (2015): Crowdsourcing Physiological Conditions and Subjective Emotions by Coupling Technical and Human Mobile Sensors. In: *giform* 1, S. 514–524.

Sanders, Rebecca L. (2015): Perceived traffic risk for cyclists. The impact of near miss and collision experiences. In: *Accident; analysis and prevention* 75, S. 26–34.

Schaap, Eline (2017): „PING if you care!“ - Der PING für mehr Verkehrssicherheit. Bike Citizens. Online verfügbar unter <https://www.bikecitizens.net/de/mit-ping-radinfrastruktur-in-bruessel-veraendern/>, zuletzt geprüft am 11.04.2018.

Schleinitz, Katja; Petzoldt, Tibor; Franke-Bartholdt, Luise; Krems, Josef F.; Gehlert, Tina (2015): Conflict partners and infrastructure use in safety critical events in cycling – Results from a naturalistic cycling study. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 31, S. 99–111.

SeeClickFix (2018): SeeClickFix Year in Review 2017. Online verfügbar unter <https://blog.seeclickfix.com/seeclickfix-year-in-review-2017-f95f78619d30>, zuletzt geprüft am 22.03.2018.

Slotnik, Daniel (2010): News Sites Dabble With a Web Tool for Nudging Local Officials. In: *New York Times*, 03.01.2010. Online verfügbar unter <http://www.nytimes.com/2010/01/04/business/media/04click.html>, zuletzt geprüft am 22.03.2018.

Stadt Karlsruhe (2017): KA-Feedback. Online verfügbar unter <https://web1.karlsruhe.de/service/feedback/>, zuletzt geprüft am 22.03.2018.

Thornton, Alex; Evans, Lucy; Bunt, Karen; Simon, Aline; King, Suzanne; Webster, Tara (2011): Climate change and transport choices. Segmentation Model - A framework for reducing CO2 emissions from personal travel. Hg. v. Department for Transport, zuletzt geprüft am 31.03.2018.

Townsend, Anthony M. (2013): Smart cities. Big data, civic hackers, and the quest for a new utopia / Anthony M. Townsend. First edition. New York: W.W. Norton & Company.

Wang, Judith; Mirza, Leila; Cheung, Alan; Moradi, Siamak (2014): Understanding factors influencing choices of cyclists and potential cyclists: A case study at the University of Auckland.

Werneke, Julia; Dozza, Marco; Karlsson, MariAnne (2015): Safety-critical events in everyday cycling – Interviews with bicyclists and video annotation of safety-critical events in a naturalistic cycling study. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 35, S. 199–212.

Zeile, Peter (2010): Echtzeitplanung. Die Fortentwicklung der Simulations- und Visualisierungsmethoden für die städtebauliche Gestaltungsplanung, zuletzt geprüft am 02.04.2018.

Zeile, Peter; Resch, Bernd; Dörrzapf, Linda; Exner, Jan-Philipp; Sagl, Günther; Summa, Anja; Sudmanns, Martin (2015a): Urban Emotions - Tools of Integrating Peoples` Perception into Urban Planning. In: Manfred Schrenk, Vasilij V. Popovič, Peter Zeile, Pietro Elisei und Clemens Beyer (Hg.): REAL CORP 2015. Proceedings of the 20th International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society. Wien: CORP - Competence Center of Urban and Regional Planning, S. 905–912.

Zeile, Peter; Resch, Bernd; Exner, Jan-Philipp; Sagl, Günther (2015b): Urban Emotions. Benefits and Risks in Using Human Sensory Assessment for the Extraction of Contextual Emotion Information in Urban Planning. In: Stan Geertman, Joseph Ferreira, Robert Goodspeed und John Stillwell (Hg.): Planning Support Systems and Smart Cities. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes in Geoinformation and Cartography), S. 209–225.

Zeile, Peter; Resch, Bernd; Loidl, Martin; Petutschnig, Andreas; Dörrzapf, Linda (2016): Urban Emotions and Cycling Experience – enriching traffic planning for cyclists with human sensor data. In: *giform* 1, S. 204–216.

