

Emotion Sensing für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort – das BMDV-Projekt ESSEM

Peter Zeile, Nina Haug, Céline Schmidt-Hamburger, Steffen Bengel, Nicolaj Motzer, Frank Otte, Tom Rath, Peter Klein, Martin Moser, Bernd Resch

(Dr.-Ing. Peter Zeile, Karlsruher Institut für Technologie KIT, Professur Stadtquartiersplanung STQP, peter.zeile@kit.edu)

(MSc. Nina Haug, Karlsruher Institut für Technologie KIT, STQP, nina.haug@kit.edu)

(MA Céline Schmidt-Hamburger, Karlsruher Institut für Technologie KIT, STQP, celine.schmidt-hamburger@kit.edu)

(MSc. Steffen Bengel, Universität Stuttgart, IAT, steffen.bengel@iat.uni-stuttgart.de)

(MSc. Nicolaj Motzer, Universität Stuttgart, IAT, nicolaj.motzer@iat.uni-stuttgart.de)

(Dipl.-Ing. Frank Otte, Stadt Osnabrück, Vorstand Umwelt und Bauen, otte@osnabrueck.de)

(Tom Rath, Bike Citizens, Director of Digital Business, Graz, tom@bikecitizens.net)

(Dr. Peter Klein, Head of Research & Innovation, Peter.Klein@uid.com, Ludwigsburg)

(MSc. Martin Moser, FB Geoinformatik – Z_GIS, martin.moser@plus.ac.at, Salzburg)

(Prof. Dr. Bernd Resch, Associate Professor & Head Geo-social Analytics Lab, Salzburg, bernd.resch@plus.ac.at)

1 ABSTRACT

Das Fahrrad nimmt in der Diskussion um postfossile Mobilitätsformen eine wichtige Schlüsselrolle ein und kann vor allem im Stadtverkehr eine bedeutsame Alternative zum motorisierten Individualverkehr darstellen. Fahrradfahren ist nicht nur umweltfreundlich, klimaschonend und kostengünstig, sondern auch förderlich für die persönliche Gesundheit. In der Realität legt sich dies im Modal Split vieler Städte immer noch nicht nieder. Vielfach wird der Umstieg auf das Fahrrad hin zur flächendeckenden Nutzung durch ein mangelndes Sicherheitsempfinden von Radfahrenden verhindert.

Das im mFUND-Programm des Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) geförderte Verbundprojekt Emotion Sensing für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort, kurz „ESSEM“, untersucht aus diesem Anlass heraus das subjektive Sicherheitsempfinden von Radfahrenden im Stadtverkehr. Mithilfe iterativer Erhebungen von umfeld- und körpernahen Daten mittels Sensoriktechnologien werden in den beiden Modellstädten Ludwigsburg und Osnabrück Stresspunkte im kommunalen Radverkehrsnetz identifiziert und analysiert.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen dabei helfen, Methoden und Handlungsempfehlungen für eine moderne, datengestützte Radverkehrsplanung zu entwickeln und die Fahrradinfrastruktur zukünftig angenehmer und sicherer gestalten zu können. Perspektivisch sollen innerhalb der dreijährigen Projektlaufzeit gemeinsam mit Industriepartnerinnen und Industriepartnern neben einem praxistauglichen Tool zum Bewerten von Fahrradinfrastrukturen mit Emotion-Sensing-Daten noch weitere Fahrradkomponenten (u.a. digitaler Rückspiegel) in der Produktentwicklung hervorgebracht werden.

In einer ersten Messkampagne wird in Kooperation mit dem Partner Bike Citizens ein partizipativer Ansatz verfolgt. Die Ansprache für die Akquise von Probandinnen und Probanden erfolgt in der bestehenden, aktiven Bike Citizens Fahrrad-Community. Die gleichnamige App zeichnet auf, welche Routen die rund 350 Probandinnen und Probanden in den beiden Modellstädten für ihre alltäglichen Fahrten nutzen, oder welche sie sogar erkennbar meiden.

Diese ersten Erkenntnisse bilden die Grundlage für die ab Sommer 2022 durchgeführten, mehrphasigen EmoCycling-Messungen, bei denen die messbare physiologische Stressreaktion der Probandinnen und Probanden lokal verortet und kartiert wird. Die Messungen werden im Projekt ergänzt durch standardisierte Fragebögen, welche im Zuge der Auswertung Aufschluss über persönliche Einflussfaktoren auf das Stressempfinden, wie zum Beispiel Alter, Geschlecht oder psychologische Merkmale geben. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen dazu beitragen, mehr Wissen über die unterschiedlichen Typen an Radfahrenden für die Planung zu generieren.

Keywords: Infrastruktur, Fahrradverkehr, Sicherheit, Emotion Sensing, Prototypenentwicklung

2 EINLEITUNG

Von den Wegen zur Arbeit, Ausbildung oder Freizeitaktivitäten bis hin zur täglichen Versorgung - Mobilität prägt unseren Alltag und gehört in unterschiedlichem, sehr individuellen Umfang zu unserem sozialen Leben. Als Alternative zum Auto und Ergänzung zum ÖPNV und Fußverkehr erfährt vor allem die Fahrradmobilität eine steigende Relevanz. Nicht zuletzt durch das veränderte Mobilitätsverhalten während der Corona-Pandemie und der Möglichkeit des Pedelecs nimmt das Fahrrad besonders im Stadtverkehr eine Schlüsselrolle ein. Gleichzeitig entlastet Fahrradfahren die Umwelt und kann das persönliche Wohlbefinden

und die Gesundheit fördern. In der Realität legen sich diese Argumente für die Nutzung des Fahrrads im Modal Split vieler Städte allerdings immer noch nicht nieder.

Laut der Studie „Mobilität in Deutschland 2017“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) verzeichnet der Anteil des motorisierten Individualverkehrs im Modal Split bundesweit mit rund 60 Prozent immer noch Zuwachs, wohingegen jedoch nur rund 11 Prozent aller Wege mit dem Fahrrad zurückgelegt werden (Follmer und Gruschwitz, 2019). Ein zentraler Grund, der der flächendeckenden Nutzung des Fahrrads im Weg steht, liegt im mangelhaften subjektiven Sicherheitsempfinden der Radfahrenden. Denn die Wahl des Verkehrsmittels hängt neben den Faktoren wie Komfort, Wegzeit und Kosten zu einem Großteil ebenso davon ab, ob Nutzerinnen und Nutzer die Mobilitätsform als angenehm oder unangenehm empfinden. So wird auch im „nationalen Radverkehrsplan 2020“ angegeben, dass Radfahrende, die sich besonders unsicher fühlen, auch weniger Fahrrad fahren (BMVI, 2022).

Für planende Städte und Gemeinden besteht zudem die Schwierigkeit, dass Stress auslösende und gefährliche räumliche Situationen wie zum Beispiel kritische Knotenpunkte und Führungsformen in der Realität oft nur schwer identifiziert werden können. Während nämlich bei statistisch relevanten Unfallhäufungen an einer Stelle entsprechende Maßnahmen ergriffen werden können, bleiben sogenannte Beinaheunfälle hingegen oft unerkannt, werden nicht in die Unfallstatistiken aufgenommen und bilden in der Praxis ein fortwährendes Hemmnis für unentschlossene Radfahrende. Die flächendeckende Nutzung des Fahrrads kann langfristig allerdings nur dann umgesetzt werden, wenn nicht nur die objektive, sondern auch die subjektiv empfundene Verkehrssicherheit von Radfahrenden mit der Umsetzung stressarmer, sicherer und qualitätsvoller Fahrradinfrastruktur erhöht wird.

3 STAND DER FORSCHUNG

Im nachfolgenden Kapitel werden die wichtigsten Grundlagen und Quellen für das im Projekt ESSEM vorgeschlagene Verfahren erläutert. Dabei geht es um das objektive und subjektive Sicherheitsempfinden von Radfahrenden, die unterschiedlichen Radfahrtypen und die Detektion von Stress mithilfe der EmoCycling-Methode.

3.1 Objektives und subjektives Sicherheitsempfinden

Mit dem Nationalen Radverkehrsplan 3.0 (BMVI, 2022) wird aktiv darauf hingewirkt, den Radverkehrsanteil in Deutschland in den nächsten Jahren kontinuierlich zu erhöhen und die Fahrradinfrastruktur auszubauen. Allerdings empfinden viele Menschen die Sicherheit im Radverkehr als unzureichend, was sie davon abhält, auf das Fahrrad als Verkehrsmittel umzusteigen.

Im Allgemeinen setzt sich die Sicherheit des Radverkehrs sowohl aus einer objektiven, als auch aus einer subjektiven Dimension, sowie deren Korrelation zusammen (Johannsen, 2013). Dabei beschreibt die objektive Sicherheit eine quantitative Betrachtung der tatsächlich eingetretenen Unfälle und stützt sich in der Regel auf die Veröffentlichung der polizeilichen Unfallstatistik. Bei der subjektiven Sicherheit handelt es sich hingegen um eine emotionale Betrachtung der Bedrohlichkeit einer Verkehrssituation durch die Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer selbst (Fuller, 2005). Geprägt wird dieses subjektive Sicherheitsempfinden bei Radfahrerinnen und Radfahrern vor allem durch kritische Situationen, Beinaheunfälle oder Behinderungen im Verkehr.

Einige Radfahrexpertinnen und Radfahrexperten wie Thimo Graf erachten deshalb die „Reduzierung von Stress“ im Radverkehr als einen wesentlichen Faktor zur Steigerung des Radverkehrsanteils (Graf, 2016). So erscheint es evident, dass nur, wenn eine Person das Fahrrad als sicher empfindet, sie es auch als Verkehrsmittel für ihre alltägliche Mobilität verwenden wird. Eine Schlüsselrolle nehmen dabei insbesondere solche Personen ein, die bislang wenig bis überhaupt kein Fahrrad fahren.

Aber nicht nur „exogene“ bzw. bauliche oder interaktive Einflussfaktoren beeinflussen das individuelle Mobilitätsverhalten. Auch variiert der Effekt äußerer Einflussfaktoren je nach persönlichen, „endogenen“ Merkmalen. Hervorzuheben sind hierbei das Geschlecht, das Alter, das Mobilitätsprofil (Menschen mit oder ohne Behinderung), Wegezwecke, Gewohnheit (Verkehrsmittel, Ortskenntnis) und psychologische Dispositionen (Schmidt-Hamburger, 2022).

3.2 Radfahrtypen

Es erscheint offensichtlich, dass das subjektive Empfinden von Sicherheit im Straßenverkehr aufgrund individueller Eigenschaften und Gegebenheiten der jeweiligen Person stark variieren kann. Eine Möglichkeit, das subjektive Sicherheitsempfinden zu analysieren ist es deshalb, Radfahrende in verschiedene, zuvor definierte Radfahrtypen zu kategorisieren.

Neben diversen anderen Modellen zur Unterscheidung verschiedener Radfahrtypen, lassen sich in der Kategorisierung nach Geller grundsätzlich vier Gruppen anhand ihres Radfahrverhaltens voneinander unterscheiden, die als eine Grundlage für die Datenerhebungen und Befragungen im Projekt ESSEM herangezogen werden.

Die charakteristischen Eigenschaften der vier Radfahrtypen „Die Starken und Furchtlosen“, „die Begeisterten und die Souveränen“, „die Interessierten aber Besorgten“ und „Keine Chance, ganz egal wie“ (Geller, 2009) sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Zugehörigkeit zu einer dieser Gruppen kann sich – je nach Veränderung des Mobilitätsverhaltens und Lebenssituation – dynamisch verändern und ist bei manchen Personen nicht eindeutig zuzuordnen. Nichtsdestotrotz bietet die Einteilung in die vier Gruppen einen wichtigen Anhaltspunkt, um die Fähigkeiten, Wünsche und Bedürfnisse der verschiedenen Radfahrtypen analysieren zu können.

Radfahrgruppe	Die Starken und Furchtlosen (furchtlose Radfahrende)	Die Begeisterten und Souveränen (Alltagsradfahrende)	Die Interessierten aber Besorgten (Interessierte Radfahrende)	Keine Chance, ganz egal wie!
Eigenschaften	Nutzt Fahrrad immer, sicher und souverän	Fährt täglich Strecken, souverän aber mittleres Sicherheitsbedürfnis	Keine Alltagsmobilität mit dem Fahrrad; besorgt bezüglich der Sicherheit, aber dem Fahrrad gegenüber aufgeschlossen	In der Regel keine Fahrradnutzung
Fahrkönnen	Ausgezeichnete Beherrschung des Fahrrades	Selbstbewusst, teilweise defensiv wegen Sicherheit	Weniger souverän	Schlechte Kontrolle über das Fahrrad, fehlende Fahrpraxis
Stresstoleranz	Hoch	Mittel	Niedrig	Sehr niedrig

Tabelle 1: Eigenschaften der Radverkehrsgruppen nach Geller (Quelle: Verändert nach Graf, 2016)

Hinsichtlich der Radverkehrsförderung, und damit auch für das Projekt ESSEM, steht die Gruppe „Interessierte Radfahrende“ im Fokus, da diese im Allgemeinen zwar gegenüber dem Fahrradfahren aufgeschlossen sind, jedoch bezüglich ihrer Sicherheit besorgt sind und das Fahrrad deshalb noch nicht für ihre täglichen Fahrten verwenden. Die Gruppen „Furchtlose Radfahrende“ und „Alltagsradfahrende“ bilden hingegen lediglich Randzielgruppen, da sie das Fahrrad bereits regelmäßig in der Alltagsmobilität nutzen. Selbstverständlich besteht hier jedoch die Motivation, diese auch weiterhin in der Nutzung des Fahrrads zu bestärken. Einen Sonderfall stellt die Gruppe „Keine Chance, ganz egal wie!“ dar, für die das Fahrrad als Verkehrsmittel keine Option darstellt.

3.3 EmoCycling

Wenngleich der subjektiven Verkehrssicherheit zweifellos eine hohe Relevanz in Bezug auf die Förderung des Fahrradverkehrs beigemessen wird, so mangelt es dennoch weiterhin an praxistauglichen Strategien und Erfahrungen, um das subjektive Sicherheitsgefühl objektiv erfassen zu können. Im Planungsalltag der kommunalen Verkehrsplanung stellt sich das subjektive Sicherheitsgefühl von Radfahrenden deshalb bislang als eine nur schwierig quantifizierbare und vor allem auch kaum zu lokalisierende Größe dar. Auch im Nationalen Radverkehrsplan 3.0 (BMVI, 2022) werden hierzu keine handhabbaren Strategien genannt. Dabei muss die Operationalisierung des subjektiven Sicherheitsempfindens als ein entscheidender Faktor in der Radverkehrsförderung angesehen werden.

Die im Projekt verwendete Methodik des EmoCyclings findet ihren Ursprung in der 2009 von Christian Nold initiierten „emotionalen Kartografie“. Ein wesentlicher Bestandteil stellte dabei ein eigens entwickeltes „Bio Mapping“-Gerät, das biostatistische Daten georeferenziert aufzeichnete und als Karte visualisiert dar (Nold,

2009). Damit konnte der Mensch und seine individuelle physiologische Reaktion erstmals als eine Art Sensor dienen und der Stress- bzw. Erregungszustand im urbanen Kontext aufgezeichnet werden. Nach einer Reihe anderer Forschungsarbeiten enthüllten Zeile et al (2016) die häufigsten Auslöser für Stressreaktionen bei Radfahrenden mithilfe von Wearables, Kameras und einer Smartphone-basierten Anwendung. Hauptsächlich wurde im Zuge dessen die spezifische Verkehrssituation als Stressauslöser identifiziert, wie zum Beispiel Führungsformen, hohe Verkehrsaufkommen, gefährliche Überholvorgänge oder die Beschaffenheit des Straßenbelags.

Das Sensorarmband misst während der Fahrradnutzung die Vitaldaten, genauer die Hautleitfähigkeit und -Temperatur, der Probandinnen und Probanden und synchronisiert diese mithilfe eines Smartphones mit den dazugehörigen GPS-Daten. Eine Stressreaktion wird in der Auswertung dann identifiziert, wenn die Hautleitfähigkeit ansteigt und die Hauttemperatur abfällt. Vereinfacht ausgedrückt sind diese Indikatoren einer negativen Erregung auch als „kalter Angstschweiß“ geläufig. Durch die Kombination mit einer Befragung der Probandinnen und Probanden nach dem Mixed-Methods-Ansatz kann dann spezifischer auf die identifizierten Stresspunkte eingegangen werden.

Bei der Erforschung von Stressphänomenen und deren schädlicher Auswirkungen auf den menschlichen Körper ist es nämlich vor allem relevant, als wie stark die jeweilige Person den erlebten Stress bewertet und somit auch empfindet. Diese subjektive Stressbewertung wiederum lässt sich durch Hinzunahme von Angaben über das Mobilitätsprofil, soziodemographische sowie soziopsychologische Annahmen weiter spezifizieren. Die endogenen Einflussfaktoren beziehen sich dabei auf individuelle demographische, sozioökonomische und soziokulturelle Attribute von Individuen und deren sozialer Umgebung, die die Wahrnehmung maßgeblich beeinflussen (Wermuth, 2005). Beispielhaft sind hier das Geschlecht, das Alter, die körperliche Konstitution, die Ortskenntnis oder auch die Vertrautheit mit dem Verkehrsmittel von Relevanz.

Weiter gibt es aus biopsychologischer Sicht Anhaltspunkte, dass genetische bzw. psychologische Prädispositionen Stressreaktionen verstärken bzw. abmildern können. Hierbei sind vor allem die Persönlichkeit, die Kontrollüberzeugung und die Risikobereitschaft herauszustellen (Schandry, 2016 und Kovaleva et al., 2012). Diese Daten werden mittels standardisierter Fragebögen vor den Sensormessungen erhoben und bei der Auswertung einbezogen. Erhofft wird sich dabei besonders vulnerable Gruppen in Bezug auf Stress zu identifizieren, um Kenntnisse über Hemmnisse der Gleichstellung von Radfahrenden zu erhalten.¹

Der Vorteil von Mixed-Methods-Ansätzen besteht dabei vor allem in der Kombination quantitativer Messdatenauswertungen mit qualitativen Umfragen und bietet zuverlässigere und umfassendere Ergebnisse als singular angewendete Messtechniken. Denn die verwendeten Methoden können sich dabei ergänzen und ihre jeweiligen Mängel teilweise abmildern (Resch et al 2020).

4 ESSEM: PROJEKTZIELE

Das vorgestellte Projekt ESSEM befasst sich mit der Identifikation von Einflussfaktoren auf die subjektiv empfundene Sicherheit von Radfahrenden. Das Projekt hat zum Ziel, den Komfort und die Sicherheit von Radfahrenden zu steigern und damit einen Beitrag für eine nachhaltige und klimaneutrale Mobilität zu leisten. Mithilfe iterativer und sensorengestützter Erhebungen von umfeld- und körpernahen Daten nach einem EmoCycling-Mixed-Methods-Ansatz werden in den beiden Modellstädten Ludwigsburg und Osnabrück mit jeweils rund 350 Probandinnen und Probanden Stresspunkte in der lokalen Fahrradinfrastruktur identifiziert und analysiert.

4.1 Datengestützte Radverkehrsplanung

Mit den erhobenen Projektdaten sollen Mechanismen entwickelt werden, mit denen sich ausgehend von der zugrundeliegenden Infrastruktur, der Umwelteinflüsse, der genutzten Radausstattung sowie dem Radzubehör die Sicherheit, das Sicherheitsempfinden und der Mobilitätskomfort im Radverkehr bemessen lassen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen dabei helfen, Optimierungsbedarfe für (E-)Fahrradinfrastrukturen und -

¹ Vertiefend wird auf die Methodik im Beitrag „Stresstest Fußverkehr: Eine Studie im Rahmen des NRVP-Projektes „Cape Reviso“ zur Messung des Stressempfindens Zufußgehender in Stuttgart“ von Céline Schmidt-Hamburger (2022) im Rahmen der REAL CORP 2022 eingegangen.

komponenten zu ermitteln. In den beiden Modellstädten Ludwigsburg und Osnabrück wird damit eine moderne, nutzerzentrierte und datengestützte Radverkehrsplanung gefördert und das Umweltsensitive Verkehrsmanagement (UVM) in Osnabrück weiter vorangebracht. Im Rahmen des Projekts soll langfristig ein innovatives, datenbasiertes und vor allem praxistaugliches Instrument entwickelt werden, mithilfe dessen städtische Fahrradinfrastrukturen überprüft und optimiert werden können.

4.2 Entwicklung fahrradbezogener Produkt- und Servicedemonstratoren

Darüber hinaus wird im Zuge des Projekts gemeinsam mit verschiedenen Industriepartnerinnen, Industriepartnern, Netzwerken und Verbänden ein Innovationsnetzwerk aufgebaut, im Rahmen dessen die datengestützte (Weiter-)Entwicklung fahrradbezogener Produkt- und Servicedemonstratoren aktiv gefördert werden soll. Hervorzuheben sind die Projektbeteiligten Bike Citizens, Porsche Digital und UID, die anhand konkreter Anwendungsfälle ihre Produkte und Services wie zum Beispiel das intelligente Fahrradnavigationstool und den digitalen Fahrradrückspiegel datengestützt und nutzerzentriert (weiter-)entwickeln.

5 ABLAUF UND ERSTE ERGEBNISSE DER DATENERHEBUNGSPHASEN

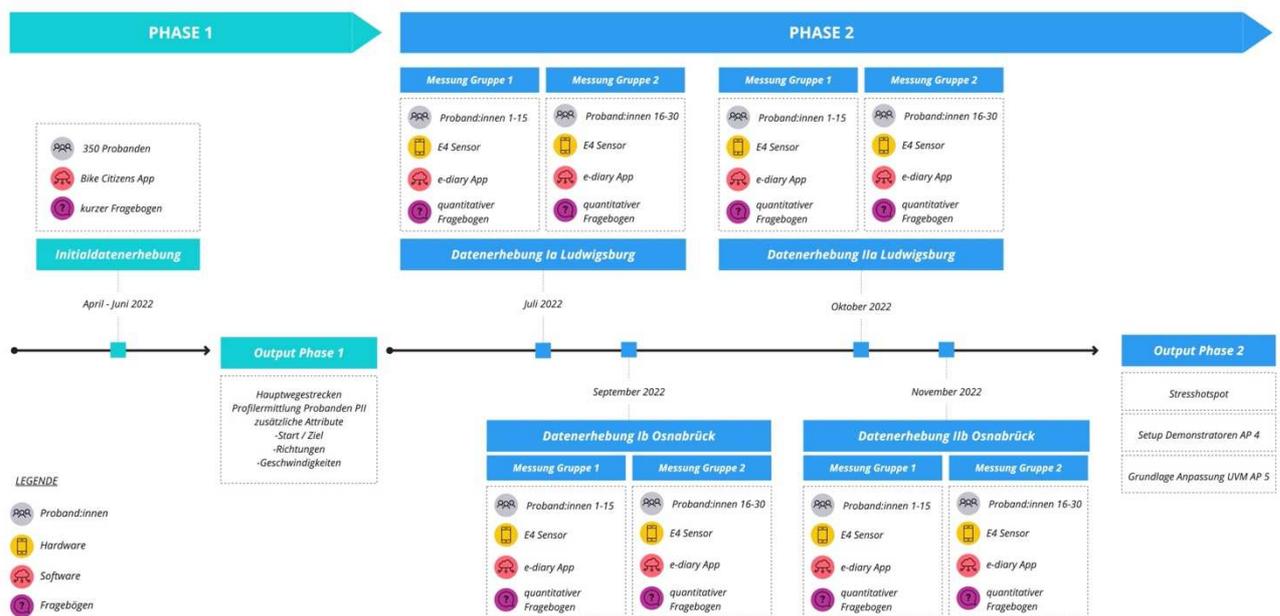


Abb. 1: Diagramm Ablauf Datenerhebungsphasen.

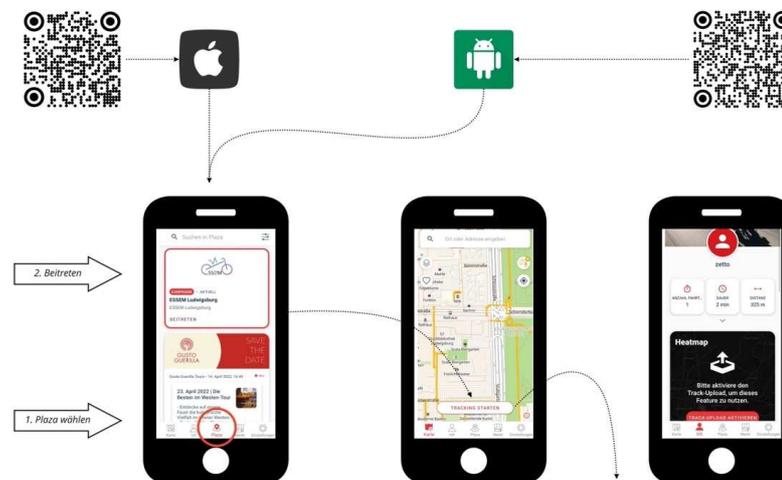


Abb. 2: Setting Initialdatenerhebung über die App Bike Citizens.

5.1 Phase 1: Initialdatenerhebung

Im Rahmen der Initialdatenerhebung in der ersten Datenerhebungsphase erfolgt die Ansprache für die Akquise von Probandinnen und Probanden in Kooperation mit dem Projektpartner Bike Citizens. In der bestehenden, aktiven Fahrrad-Community der gleichnamigen App werden die Nutzerinnen und Nutzer über einen Banner mit kurzem Infotext dazu aufgefordert, sich am Projekt zu beteiligen. Über eine Verlinkung der Projekthomepage werden dann weitere Informationen zum Ablauf der Datenerhebungsphasen und den Projektzielen bereitgestellt.

Sobald die Nutzerinnen und Nutzer einwilligen, am Projekt teilzunehmen, zeichnet die App innerhalb eines festen Zeitraums auf, welche Routen die rund 350 Probandinnen und Probanden in den beiden Modellstädten Ludwigsburg und Osnabrück für ihre alltäglichen Fahrten mit dem Fahrrad nutzen. Zum Ende des Zeitraums werden die anonymisierten Datensätze ausgewertet und in einer Gesamtgrafik der Hauptwegenetze für die beiden Modellstädte kartiert. Die Daten der Initialdatenerhebung bilden die Grundlage für die ab Sommer 2022 durchgeführten, mehrphasigen EmoCycling-Messungen.

5.1.1 Ergebnisse der Initialdatenerhebung in Ludwigsburg

Mithilfe der von Bike Citizens entwickelten Analysefunktionen lassen sich verschiedene fahrradverkehrsspezifische Aussagen aus den gesammelten Tracks der Nutzerinnen und Nutzer treffen. So ist es möglich, die Intensität in Bezug auf die Anzahl der Radfahrerinnen und Radfahrer im Netz zu ermitteln, sich die durchschnittliche Geschwindigkeiten pro Straßensegment anzeigen zu lassen, (forcierte) Wartezeiten in Bezug auf ihre Häufigkeit zu identifizieren, den Aktionsradius der Teilnehmenden zu ermitteln sowie die Attraktivität des Straßensegments im Vergleich zum Gesamtnetz zu berechnen. Die Attraktivitätsfunktion identifiziert dabei bevorzugte und gemiedene Routen. Nehmen die Radfahrerinnen und Radfahrer einen Umweg in Kauf und meiden die kürzeste Route, so werden diese Abschnitte in Rot dargestellt. Beliebte Umwege erscheinen in grün. Die Liniendicke zeigt die Intensität an.

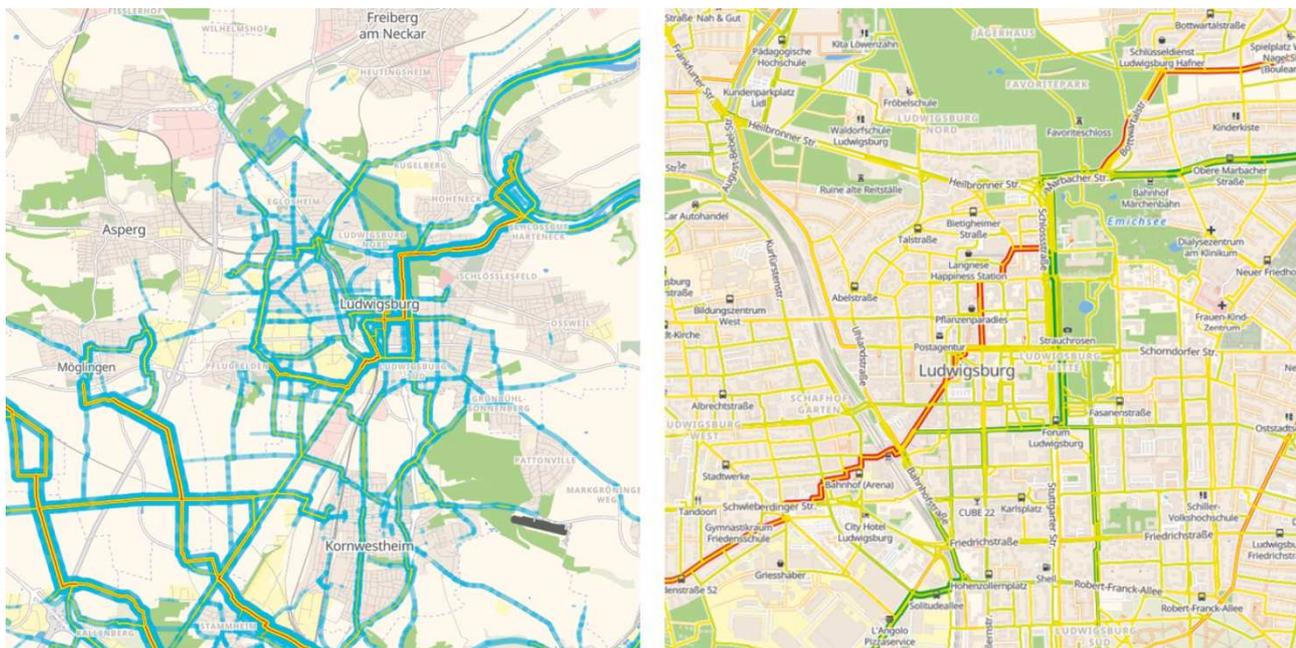


Abb. 3: Initialdatenerhebung in Ludwigsburg: Hauptwegenetz (links) und Attraktivitäten (rechts).

In Abbildung 3 sind diese Analysen gut zu erkennen: Auf der linken Seite ist das Hauptwegenetz abgebildet, das die Intensität in Form einer Heatmap über die Anzahl der Radfahrenden im Straßennetz ermittelt. Gut zu erkennen ist hier die Stuttgarter Straße als Hauptachse in Richtung Nord-Süd, entlang der barocken Parkanlage des Ludwigsburger Schlosses. Weiterhin lassen sich der Weg Richtung Neckar in östlicher Richtung sowie die Ausfallstraßen Richtung Westen als wichtige Achsen identifizieren. Auf der rechten Seite im Fokus „Innenstadt“ fällt bei der Attraktivitätsanalyse auf, dass viele Radfahrende aus der Innenstadt den direkten Weg zum Bahnhof meiden und bevorzugt die orthogonalen Straßen nutzen. Demgegenüber steht die präferierte Nutzung der Radinfrastruktur entlang der Stuttgarter Straße, die häufig von Radfahrenden genutzt wird.

5.1.2 Ergebnisse der Initialdatenerhebung in Osnabrück



Abb. 4: Initialdatenerhebung in Osnabrück: Hauptwegenetz (links) und Attraktivitäten (rechts).

Auffällig in Osnabrück ist allgemein die intensive Nutzung der Wege in das Stadtzentrum. Im westlichen Bereich ist das vor allem die als Fahrradstraße markierte Katharinenstraße und die überwiegend auf Tempo 30 beschränkten Straßen des Stadtteils Wüste. Gemieden werden hingegen die unmittelbar parallel zur Katharinenstraße verlaufende, vom MIV geprägte Martinistraße im Süden und die Lotter Straße im Norden. Auch der südwestliche Innenstadtring wird von den Radfahrenden gemieden. Im Süden in Kalkhügel wird die Sutthauer Straße zugunsten des Burenkamp umfahren. Im Südosten ziehen die teilnehmenden Radfahrenden die Meller Straße der vierspurigen Hannoverschen Straße vor.

5.2 Befragungsprozess und Probandenauswahl Phase 2

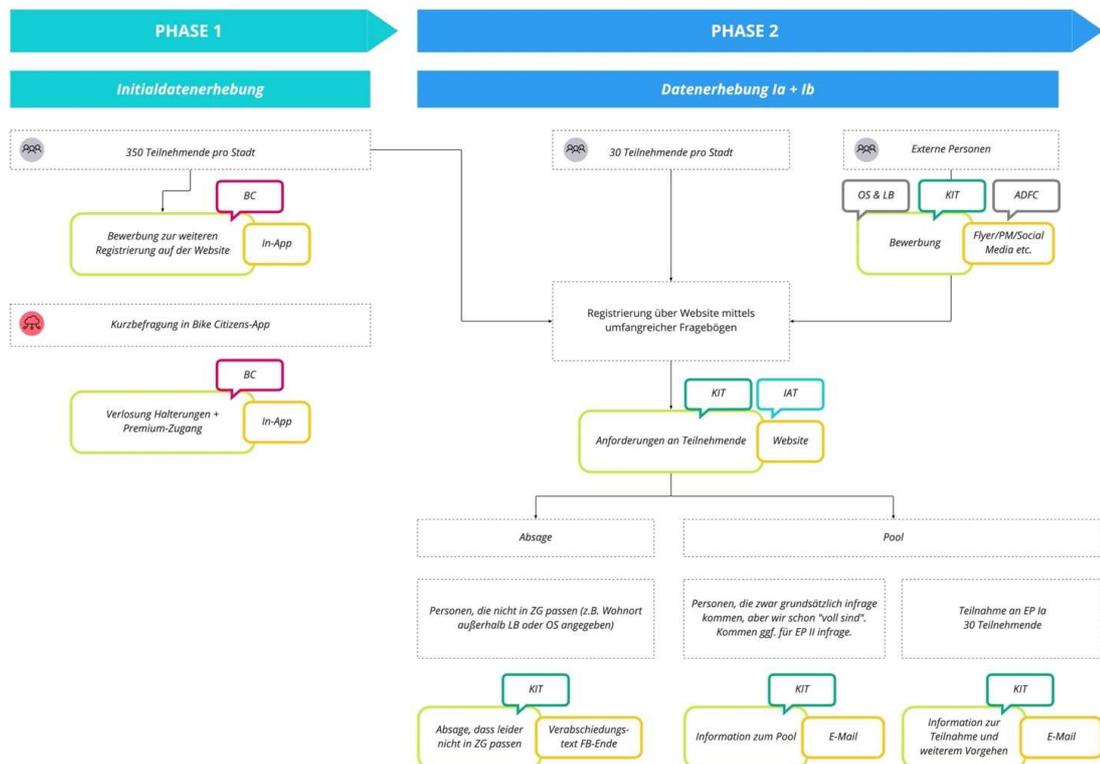


Abb. 5: Diagramm Ablauf Befragungsprozess.

Die sensorgestützten Daten der Erhebungsphasen werden ergänzt um standardisierte Fragebögen. Diese haben den Zweck, weitere Informationen über die Probandinnen und Probanden zu erhalten, die Aufschluss über deren spezifisches Mobilitätsverhalten und persönliche Dispositionen geben, die im weiteren Projektverlauf direkt in Zusammenhang mit dem gemessenen Stressempfinden gesetzt werden können.

Der entwickelte Fragebogen ist über die Plattform LimeSurvey zugänglich, mithilfe derer nach einem automatisierten Prozess in kurzer Zeit erste statistische Auswertungen generiert werden können. Die Dateneingabe der Probandinnen und Probanden erfolgt dabei anonymisiert. Um später die Fragebogendaten mit den Daten der sensorgestützten Messung in Zusammenhang zu bringen, sollen die Teilnehmenden im Verlauf des Fragebogens ein Pseudonym generieren, wodurch deren Anonymität gewährleistet wird.

Die Erkenntnisse aus den Fragebögen dienen darüber hinaus dazu, eine möglichst repräsentative Stichprobe für die sensorgestützten Messungen zu ziehen. Um die Teilnehmenden darüber zu informieren, ob sie als Probandinnen und Probanden für die Messungen ausgewählt wurden, haben die Teilnehmenden am Ende des Fragebogens die Möglichkeit, auf freiwilliger Basis ihre Emailadresse als Kontaktmöglichkeit anzugeben.

5.3 Phase 2: Emo-Cycling-Datenerhebungen

Beginnend mit Ludwigsburg wird ab dem Sommer 2022 die zweite Datenerhebungsphase in den beiden Modellstädten durchgeführt. Dazu werden für jede Stadt die 30 durch die Initialdatenerhebung und die standardisierten Fragebögen ausgewählten Probandinnen und Probanden in zwei Gruppen zu je 15 Probandinnen und Probanden eingeteilt und mit den Messinstrumenten ausgestattet.

5.3.1 Datenerhebungen Ia (Ludwigsburg) und Ib (Osnabrück)

Im Juli 2022 wird die Datenerhebung Ia in Ludwigsburg durchgeführt, im September 2022 startet analog dazu die Erhebungsphase Ib in Osnabrück. Der Erhebungszeitraum umfasst für jede Messgruppe jeweils zwei Wochen. Sobald die Erhebungsphase der ersten Gruppe beendet ist, werden die Messinstrumente an die zweite Gruppe übergeben.



Abb. 6: Setting Messungen.

Bei den Messungen werden die physiologischen Stressreaktionen der Probandinnen und Probanden nach der EmoCycling-Methode aufgezeichnet, lokal verortet und kartiert. Hierbei werden mit Empatica E4-Smartbändern körpernahe Daten (Hautleitfähigkeit- und Temperatur) aufgenommen, mithilfe eines Smartphones per GPS verortet und in der E-Diary-App gesammelt. Die Daten werden als gepackte Spatiillite-Datenbanken gespeichert, die Ergebnis-Daten mit den identifizierten Moments of Stress (MOS) als im maschinenlesbaren CSV-Format (vgl. Kyrakou et al. 2019, Texeira et al. 2019). Darin abgespeichert ist lediglich die X,Y Koordinate, der Unix-Zeitstempel sowie der eventuell vorhandene MOS-Score .

5.3.2 Erste Ergebnisse der Datenerhebung Ia in Ludwigsburg

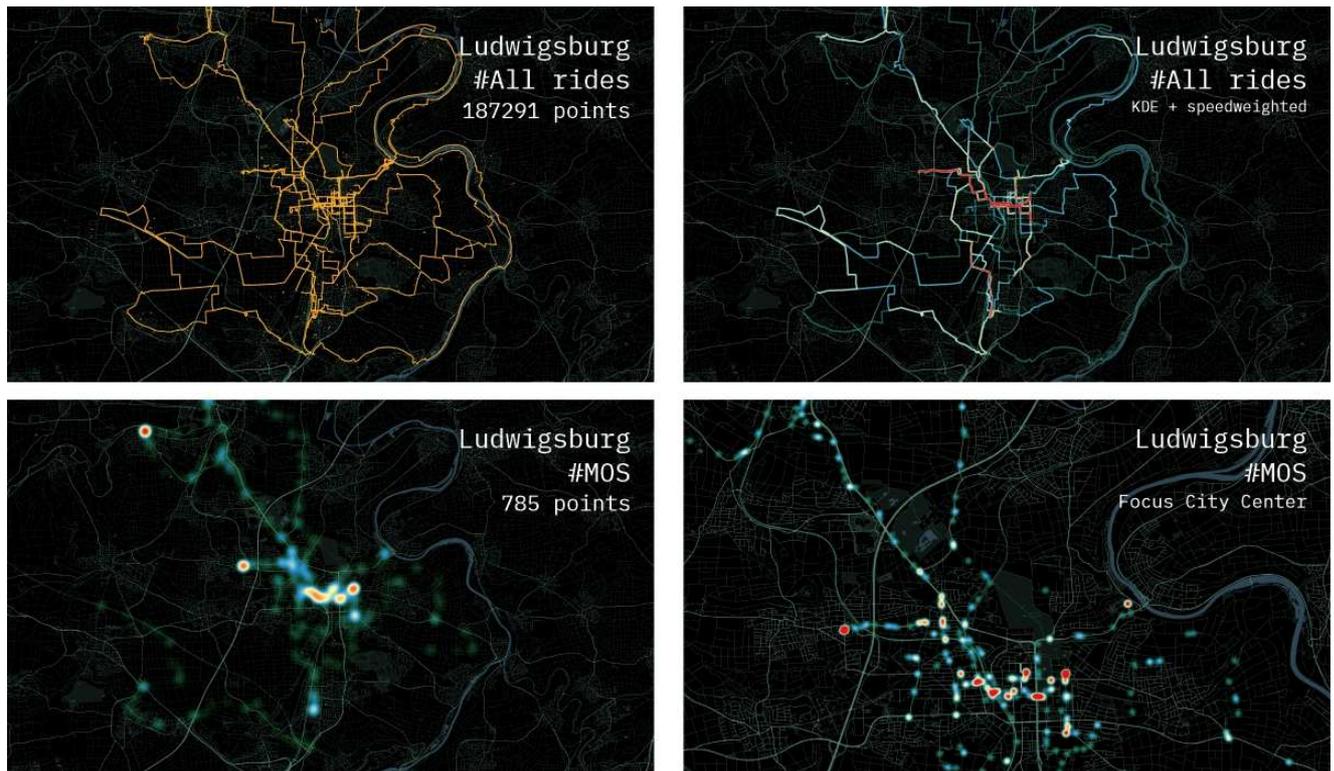


Abb. 7: Fahrradfahrten in Ludwigsburg, Dichte der Fahrten sowie Heatmaps der Stresspunkte innerhalb der Stadt in verschiedenen Detailschärfen.

Die ersten Ergebnisse aus der Erhebungsphase mit den ersten Probanden liefern von der technischen Seite her die erhofften Ergebnisse: Die Abbildung der Gesamtfahrstrecken, die Intensität der befahrenen Strecken als auch die Detektion der Moments of Stress können wir erwartet ausgewertet werden und zeigen erste Hinweise auf Situationen im Strassenraum, an denen Radfahrende während ihrer täglichen Fahrt Stress verspüren. Dieses Sammlung dauert noch den August an, zur Konferenz im November können hier genauere Ergebnisse präsentiert werden.

5.3.3 Datenerhebung IIa (Ludwigsburg) und IIb (Osnabrück)

Um den Einfluss von jahreszeitlichen Wetterbedingungen auf die Datensätze möglichst gering zu halten, werden die Datenerhebung IIa und IIb in den beiden Modellstädten Ludwigsburg und Osnabrück im Herbst 2022 wiederholt. Die Erhebungsphasen finden mit dem gleichen Setting wie zuvor im Sommer statt und beginnen mit der Stadt Ludwigsburg (Datenerhebung IIa) voraussichtlich im Oktober 2022. Im November 2022 werden die Messungen dann mit der Datenerhebung IIb auch in Osnabrück wiederholt.

6 FAZIT UND AUSBLICK

Das vorgestellte Setup und die ersten Ergebnisse zeigen sich vielversprechend, sodass es realistisch erscheint, mithilfe von Mixed-Method-Ansätzen neue Perspektiven im Kontext des subjektiven Sicherheitsgefühls und Komforts beim Radfahren aktiv in Planungsprozesse und Demonstratorentwicklungen zu integrieren.

Das Zwischenresumée des Erhebungsprozesses im Projekt zum Zeitpunkt der Initialdatenerhebung und der Datenerhebungsphase Ia in Ludwigsburg ist, dass ohne die direkte Einbettung der Kommune inklusive des entsprechenden Personals eine solche Langzeitstudie mit Probandinnen und Probandenakquise nicht zu stemmen ist. Dies mag einerseits an den jeweiligen Grundbedingungen einer Stadt liegen: Der radfahrtspezifischen DNA, dem bestehenden Modal Split oder auch an der Topographie. So erscheint es evident, dass die Probandinnen und Probandenakquise in den beiden Modellstädten Ludwigsburg und Osnabrück mit unterschiedlichen Voraussetzungen gestartet sind. Andererseits konnten mit einer aktiven und umfassenden Pressearbeit in Osnabrück fast 300 Probandinnen und Probanden gewonnen werden. Trotz der direkten Ansprache vom Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Club (ADFC) an seine Mitglieder in Ludwigsburg

lag hier jedoch der Anteil an potentiell Interessierten bei nur 10% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Vergleich zu Osnabrück. Es ist daher festzuhalten, dass die Teilnahme an explorativen Prozessen – und damit auch deren Erfolg - ungemein durch die politische Legitimation von Seiten der jeweiligen Stadt unterstützt werden muss. Auch sollte frühzeitig durch einen Akquiseplan relevante Institutionen (Schulen, Kirchen, Verbände von Menschen mit Behinderung etc.), erfasst werden, um eine größtmögliche Diversität bei der Datenerhebung zu gewährleisten.

Nichtsdestotrotz stellt das hier vorgestellte Projekt eindrücklich die Potentiale von Kooperationsprojekten zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Kommunen und Verbänden heraus. Neben „klassischen“ ortsbezogenen Diensten und Trajektorienermittlung von Radfahrenden versucht das Projekt im großen Maßstab erstmals über einen langen Zeitraum hinweg biostatistische Daten zur Stressdetektion zu erheben, um a) potentiell bestehende Stress-Hotspots zu identifizieren, b) mithilfe der Sensorik Fahrradkomponenten zu optimieren c) potentiell positive Auswirkungen durch Straßensperrungen für PKW im Rahmen des Umweltsensitiven Verkehrsmanagements auf das Stressempfinden von Radfahrenden zu detektieren, sowie d) mithilfe von Stress-Hotspots alternative Routenvorschläge für die Radfahr-Navigation zu erstellen (Emo-Routing).

Ein Fokus bei der weiteren Projektbearbeitung wird es sein, die Probandinnen und Probandenakquise verstärkt medial zu begleiten und bereits Interessierte durch eine eigens für das Projekt entwickelte ExperienceUser Journey weiter zu motivieren, aktiv am Projekt teilzunehmen.

7 DANKSAGUNG

Das Projekt ESSEM (Emotion Sensing für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort) wird im mFUND-Programm des Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur (BMVI) unter dem Förderkennzeichen FKZ 19F2195A gefördert. Weitere Informationen sind unter <http://www.essem-projekt.org> verfügbar.

8 LITERATUR

- BMVI: Fahrradland Deutschland 2030 – Nationaler Radverkehrsplan 3.0. Berlin, 2022.
https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/nationaler-radverkehrsplan-3-0.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff 28.Juni 2022)
- FOLLMER, R.; GRUSCHWITZ, D.: Mobilität in Deutschland – MiD Kurzreport. Ausgabe 4.0. Studie von indas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. 2019. <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de> (Zugriff 27. Juni 2022)
- FULLER, R.: Towards a general theory of driver behaviour. *Accident Analysis and Prevention* 37, S.461-472, 3. Mai 2005.
- GELLER, R.: *Four Types of Cyclists*. Portland Bureau of Transportation. Portland, 2009.
- GRAF, T.: Handbuch: Radverkehr in der Kommune: Nutzertypen, Infrastruktur, Stadtplanung, Marketing: Das Hygge-Modell, Ergänzung zur ERA (1. Auflage). Röthenbach an der Pregnitz: Les éditions Bruno im Hause Thiemo Graf Verlag, 2016.
- JOHANNSEN, H.: *Unfallmechanik und Unfallrekonstruktion*. Springer Fachmedien. Wiesbaden, 2013.
- KOVALEVA, A.; Beierlein, C.; Kemper, C.J.; Rammstedt, B.: Kurzsкала zur Messung von Kontrollüberzeugung: Die Skala Internale-Externale-Kontrollüberzeugung-4 (IE-4). In: *GESIS-Working Papers* 19, 2012.
- KYRIAKOU, K., RESCH, B., SAGL, G., PETUTSCHNIG, A., WERNER, C., NIEDERSEER, D., LIEDLGRUBER, M., WILHELM, F., OSBORNE, T., & PYKETT, J. (2019). Detecting Moments of Stress from Measurements of Wearable Physiological Sensors. *Sensors*, 19(17), 3805. <https://doi.org/10.3390/s19173805>
- NOLD, C.: *Emotional Cartography: Technologies of the Self*. London, 2009
- RESCH, B.; PÜTZ, I.; BLUEMKE, M.; KYRIAKOU, K.; MIKSCH, J.: An Interdisciplinary Mixed-methods Approach to Analysing Urban Spaces: The Case of Urban Walkability and Bikeability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020.
- SCHANDRY, R.: *Biologische Psychologie* (4. überarbeitete Auflage). Weinheim: Julius Beltz, S.324f., 2016.
- SCHMIDT-HAMBURGER, C.: *Stresstest Fußverkehr: Eine Studie im Rahmen des NRVP-Projektes „Cape Reviso“ zur Messung des Stressempfindens Zufußgehender in Stuttgart* Universität Bremen [Masterarbeit]. S.26f., 2022.
- TEIXEIRA, I. P., RODRIGUES DA SILVA, A. N., SCHWANEN, T., MANZATO, G. G., DÖRRZAPF, L., ZEILE, P., DEKONINCK, L., & BOTTELDOOREN, D. (2020). Does cycling infrastructure reduce stress biomarkers in commuting cyclists? A comparison of five European cities. *Journal of Transport Geography*, 88, 102830. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102830>
- WERMTUH, M.: Modellvorstellungen zur Prognose. In: Steierwald, G.; Künne, H.D.; Vogt, W.: (Hrsg.): *Stadtverkehrsplanung: Grundlagen, Methoden, Ziele*. (2. Auflage). Berlin: Springer. S. 243-295, 2005.
- ZEILE, P.; RESCH, B.; LOIDL, M.; DÖRRZAPF, L.: Urban Emotions and Cycling Experience - Enriching Traffic Planning for Cyclists with Human Sensor Data. *GI_Forum J. Geogr. Inf. Sci.* S.204–216, 2016.