

Emotionen im Radverkehr messen, vergleichen und verstehen: Evaluation verschiedener Erhebungsansätze in der Stadt Osnabrück

Nina Haug, Céline Schmidt-Hamburger, Peter Zeile

(MSc. Nina Haug, Karlsruher Institut für Technologie KIT, Professur Stadtquartiersplanung, nina.haug@kit.edu)
(MA Céline Schmidt-Hamburger, Karlsruher Institut für Technologie KIT, Professur Stadtquartiersplanung, celine.schmidt-hamburger@kit.edu)

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

DOI: 10.48494/REALCORP2024.1009

1 ABSTRACT

In der Diskussion um die Mobilitätswende nehmen aktive Mobilitätsformen, darunter insbesondere der Radverkehr, im urbanen Kontext eine Schlüsselrolle ein. In der Praxis hemmt die vielerorts nur als mangelhaft empfundene Sicherheit mitunter jedoch potenzielle Nutzerinnen und Nutzer in ihrer Entscheidung, das Fahrrad für ihre alltäglichen Wegstrecken zu nutzen (BMDV, 2022). Darüber hinaus sind auch bei sogenannten Alltagsradfahrenden immer häufiger Effekte, wie beispielsweise die Inkaufnahme massiver Umwege (CYCLINGDATA, 2023), zu beobachten, die in direktem Zusammenhang mit einem subjektiv empfundenen Mangel an Sicherheit und Komfort gebracht werden können. Wie aber können diese Emotionen von Radfahrenden für die Planung entschlüsselt werden und dabei helfen, neuralgische Punkte im städtischen Radverkehrsnetz zu identifizieren?

Mit unter anderem diesen Fragestellungen beschäftigt sich das im Rahmen des mFUND-Programms des BMDV¹ geförderte Verbundprojekt „Emotion Sensing für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort“, kurz „ESSEM“. Mithilfe iterativer statistischer und sensorischer Erhebungen von umfeld- und personenbezogenen Daten analysiert das Projekt neuralgische Stresspunkte im kommunalen Radverkehrsnetz der Partnerstadt Osnabrück.² Die gewonnenen Erkenntnisse sollen übergeordnet dabei helfen, Methoden und Handlungsempfehlungen für eine moderne, datengestützte Radverkehrsplanung zu entwickeln, um das Radfahren im urbanen Kontext zukünftig angenehmer und sicherer zu gestalten.

Der vorliegende Beitrag setzt den Fokus auf den Vergleich verschiedener Erhebungsansätze, die im Rahmen der ESSEM-Messkampagnen in der Stadt Osnabrück erprobt wurden. In diesem Zusammenhang werden sowohl die gesammelten Ergebnisse aus den als Freifahrten konzipierten Erhebungsphasen der vergangenen zwei Jahre, als auch die Ergebnisse der erst kürzlich durchgeführten Kontrollstudie mit einer vorgegebener Route miteinander in Beziehung gesetzt. Zum einen wird damit das Ziel verfolgt, etwaige Störfaktoren zu identifizieren und im Aufbau zukünftiger Erhebungen eliminieren zu können. Zum anderen zielt der direkte Vergleich der Ergebnisse darauf ab, erste Hypothesen zu Einfluss nehmenden Stressfaktoren und vulnerablen Personengruppen abzuleiten.

Keywords: citizen science, urban stress, Stadtplanung, Radverkehrsplanung, Emotion Sensing

2 EINLEITUNG

Neben einigen Informationen zum Themenkomplex Sicherheitsempfinden beim Fahrradfahren werden nachfolgend noch die Rahmenparameter des vom BMDV geförderten ESSEM-Projekt erläutert sowie die sich ergebenden Forschungsfragen präsentiert.

2.1 Hintergründe

In Bezug auf die Planung der ökologisch, räumlich und sozial nachhaltigen und gerechten Stadt der Zukunft gewinnen aktive Mobilitätsformen zunehmend an Bedeutung. Damit ist jedoch nicht nur das Thema Verkehr gemeint, sondern vor allem auch die Notwendigkeit, den Menschen und seine spezifische Wahrnehmung wieder verstärkt in den Mittelpunkt urbaner Planungen zu rücken. Insbesondere im Bereich der aktiven Mobilität, wie z.B. dem Radfahren, sind die Menschen ihrer Umwelt nämlich sehr unmittelbar ausgesetzt. Wie die Menschen bei ihrer Bewegung durch die Stadt ihre Umgebung wahrnehmen und wie sicher sie sich

¹ Bundesministerium für Digitales und Verkehr

² Siehe (ZEILE et al., 2023 & HAUG et al., 2023) für detailliertere Informationen zu den Methoden des Projekts und der Fahrradinfrastruktur Osnabrücks.

subjektiv dabei fühlen, kann deshalb auch direkte Auswirkungen darauf haben, ob sie sich für oder gegen ein Verkehrsmittel entscheiden (JOHANNSEN, 2013).

In der Praxis hemmt die vielerorts nur als mangelhaft empfundene Sicherheit im urbanen Stadtverkehr mitunter potenzielle Nutzerinnen und Nutzer erheblich in ihrer Entscheidung, das Fahrrad für ihre alltäglichen Wegstrecken zu nutzen (BMDV, 2022). Darüber hinaus sind auch bei sogenannten Alltagsradfahrenden immer häufiger Effekte, wie beispielsweise die Inkaufnahme massiver Umwege (CYCLINGDATA, 2023), zu beobachten, die in direktem Zusammenhang mit einem subjektiv empfundenen Mangel an Sicherheit und Komfort gebracht werden können. Aus diesen Gründen muss der Implementierung von Wahrnehmungen und Emotionen der Nutzerinnen und Nutzer der aktiven Mobilität in die kommunale Planung zukünftig eine Schlüsselrolle beizumessen.

2.2 Das BMDV-Projekt ESSEM

Das vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr geförderte „Emotion Sensing für (E-) Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort“, kurz: „ESSEM“, beschäftigt sich aus dieser Notwendigkeit heraus seit dem Jahr 2022 mit der Erforschung von Stress beim Radfahren. Das ESSEM-Projekt findet in den Modellstädten Osnabrück und Ludwigsburg statt. Die vorliegende Studie konzentriert sich auf die Ergebnisse der Untersuchung in Osnabrück.

Die im Rahmen des Projekts zum Einsatz kommende Methodik erprobt dabei zum einen die sensorische Erhebung körperbezogener Daten beim Radfahren, die auch als „EmoCycling-Methode“ bekannt ist. Die erhobenen biostatistischen Daten geben gemeinsam mit der geografischen Position dann Aufschluss über die erlebten Stresssituationen während der Fahrradnutzung. Die gesammelten Daten dienen damit der Identifikation neuralgischer Punkte im urbanen Radwegenetz. Die zweite Säule der im Projekt angewendeten Methodik bilden standardisierte Fragebögen, die Aufschluss über das Verkehrsverhalten und persönliche Dispositionen der Probandinnen und Probanden liefern. Die Daten aus den Fragebögen ergänzen die Daten aus den EmoCycling-Messungen und ermöglichen eine weitere Differenzierung in verschiedene Stressvulnerable Gruppen.

Detailliertere Ausführungen zum Projektablauf, den Methoden und der untersuchten Fahrradinfrastruktur Osnabrücks sind in den Arbeiten von Zeile (ZEILE et al., 2023) und Haug (HAUG et al., 2023) zu finden.

2.3 Forschungsfragen

Das ESSEM-Projekt beschäftigt sich im Kontext der Modellstadt Osnabrück mit den folgenden Fragestellungen:

- (1) Wo fühlen sich Radfahrende in Osnabrück gestresst?
- (2) Inwieweit beeinflussen sowohl Umweltfaktoren, als auch persönliche Dispositionen wie Alter, Geschlecht oder Persönlichkeit dabei das subjektive Stressempfinden?
- (3) Mithilfe welches Settings können Störfaktoren eliminiert und die erhobenen Daten objektiv vergleichbar gemacht werden?

3 STAND DER FORSCHUNG

Der hier vorgestellte Stand der Forschung fokussiert sich auf die grundsätzlichen Ansätze gängiger Stresstheorien, die Dimensionen des Sicherheitsempfindens, verschiedene Radfahrtypen und ihre Merkmale, sowie die Methodik zum Identifizieren und Lokalisieren von Stress.

3.1 Das Phänomen Stress

Grundsätzlich unterscheiden sich Stresstheorien hauptsächlich in ihrer Anpassungsfähigkeit und Operationalisierbarkeit. Stress entsteht immer dann, wenn, je nach theoretischer Untermauerung, die Physis (Stress als Reaktion) oder die Psyche (Stress als Reiz oder Stress als Transaktion) Ressourcen zur Verarbeitung von Umweltreizen aufbringen muss.

Das in diesem Kontext bekannteste Modell ist das transaktionale Stressmodell nach Lazarus (LAZARUS, 1999). Gleichzeitig ist dieser Ansatz aber auch am komplexesten, da in diesem Modell Stress immer situativ in der Interaktion von Mensch und Umwelt entsteht. Darüber hinaus sind Stress-als-Reaktion-Modelle (SELYE, 1956; CANNON, 1932) gängig, die die körperlichen Reaktionen auf einen externen Stimulus

untersuchen (BERCHT, 2013). Entscheidend ist hier die Annahme, dass ein Stimulus alle Menschen gleichermaßen „stresst“ (LYON, 2005). Die dritte Gruppe von Ansätzen zur Stresstheorie, konzentriert sich auf die psychologischen Auswirkungen und versteht Stress als Stimulus. Hier wird davon ausgegangen, dass es „kritische Lebensereignisse“ (HOLMES & RAHE, 1967) gibt, die in gewissem Maße objektiv Stress auslösen.

Aufgrund der vielfältigen Entwicklungen in der Emotionsforschung auf diesem Gebiet entspricht die stresstheoretische Grundlage der vorliegenden Arbeit zum Großteil den Modellen aus der Stress-als-Reaktion-Perspektive. Dennoch werden ergänzend auch subjektive Komponenten in die Datenerhebung und -analyse einbezogen.

3.2 Sicherheitsempfinden & Radfahrtypen

Der folgende Abschnitt erläutert zunächst die verschiedenen Dimensionen von Sicherheit und die damit verbundenen Einflussfaktoren. Darauf aufbauend wird anschließend eine gängige Kategorisierung von Radfahrenden in verschiedene Typen vorgestellt, die im Rahmen des ESSEM-Projekts sowohl für die Zielgruppenauswahl, als auch für die Datenauswertung eine Schlüsselrolle einnimmt.

3.2.1 Dimensionen des Sicherheitsempfindens & Einflussfaktoren

Das Sicherheitsempfinden spielt bei der Wahl des Verkehrsmittels eine wichtige Rolle und setzt sich aus einer objektiven und einer subjektiven Dimension zusammen. Die objektive Sicherheit kann in diesem Zusammenhang relativ einfach mithilfe von Statistiken, wie zum Beispiel der polizeilichen Unfallstatistik, quantifiziert werden. Die subjektive Dimension des Sicherheitsempfindens hingegen, wird von einer Vielzahl an Faktoren bestimmt. Bei der Erforschung von Stressphänomenen und deren schädlichen Auswirkungen auf den menschlichen Körper ist es nämlich vor allem relevant, wie stark die jeweilige Person den erlebten Stress bewertet und damit auch empfindet. Für die Wahl des Verkehrsmittels ist diese subjektive Dimension von Sicherheit daher entscheidend und nimmt in der Radverkehrsförderung eine Schlüsselrolle ein (JOHANNSEN, 2013).

Im Kontext der Untersuchung des subjektiven Sicherheitsempfindens sind dabei zunächst „exogene“ Faktoren, also externe strukturelle Faktoren, zu nennen. Diese können zu kritischen Situationen, Beinahe-Unfällen, einem Gefühl der Bedrängung oder einer lärminduzierten Stressreaktion führen. Der daraus resultierende Stress beim Radfahren kann daher die Entscheidung für das Radfahren negativ beeinflussen und ist daher ein wichtiger Ansatzpunkt in der Radverkehrsforschung (GRAF, 2016).

Zusätzlich zu diesen „exogenen Faktoren“ beeinflussen auch verschiedene persönliche Dispositionen, „endogene Faktoren“, das subjektive Sicherheitsempfinden. Diese beziehen sich auf individuelle demographische, sozioökonomische und soziokulturelle Merkmale von Individuen und ihrem sozialen Umfeld, die die Wahrnehmung maßgeblich beeinflussen (WERMUTH, 2005). Beispiele für relevante Faktoren sind Geschlecht, Alter, körperliche Konstitution, Ortskenntnisse oder Vertrautheit mit dem Verkehrsmittel. Darüber hinaus gibt es aus biopsychologischer Sicht Hinweise darauf, dass genetische oder psychische Prädispositionen Stressreaktionen verstärken oder abschwächen können. In diesem Zusammenhang nehmen Persönlichkeit, Kontrollüberzeugungen und Risikotoleranz eine besondere Rolle ein (SCHANDRY, 2016; KOVALEVA, 2012).

3.2.2 Radfahrtypen und Merkmale

Im Kontext des Radfahrens lassen sich anhand einiger dieser Faktoren sowie der Hinzunahme des spezifischen Radfahrverhaltens verschiedene Nutzergruppen kategorisieren. Nach Geller ergeben sich daraus vier Gruppen (GELLER, 2009): „die Starken und Furchtlosen“, „die Begeisterten und Souveränen“, „die Interessierten aber Besorgten“ und „Keine Chance, ganz egal wie“ (siehe Tabelle 1).

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. In Hinblick auf die Förderung des Radverkehrs ist vor allem die Gruppe der „Interessierten, aber Besorgten“ eine wichtige Zielgruppe, 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.

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 das Fahrrad immer, sicher und souverän	Fährt täglich Strecken mit dem Fahrrad, 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: Eigene Darstellung nach Geller, 2009)

3.3 Identifizieren und Lokalisieren von Stress

Das Messen von „Stress“ als eine Reaktionen des Autonomen Nervensystems ist mittlerweile technisch möglich. Gleichwohl müssen dabei einige theoretische Einschränkungen in Kauf genommen werden. Im Allgemeinen werden zur Ermittlung von Stressmomenten, den „Moments of Stress“, kurz: „MOS“, physiologische Indikatoren verwendet. In diesem Zusammenhang reagiert der menschliche Organismus unmittelbar nach der Konfrontation mit einem Stressor, in dem er endogene Stressreaktionen reguliert, um wieder in ein körperliches Gleichgewicht, die Homöostase, herzustellen. Diese Reaktionen lassen sich durch eine Vielzahl von körpereigenen Parametern nachweisen und sind als bewährte Methode zur Messung von Stress durch externe Stressoren anerkannt. Dazu gehören ein Anstieg der elektrodermalen Aktivität (EDA) und ein Rückgang der Hauttemperatur (KYRIAKOU et al., 2019; SCHANDRY, 2016). Mithilfe des Algorithmus von Kyriakou et al. aus der Urban Emotions Initiative (KYRIAKOU et al., 2019) können die MOS von Menschen mithilfe von tragbaren Biosensoren erkannt werden.

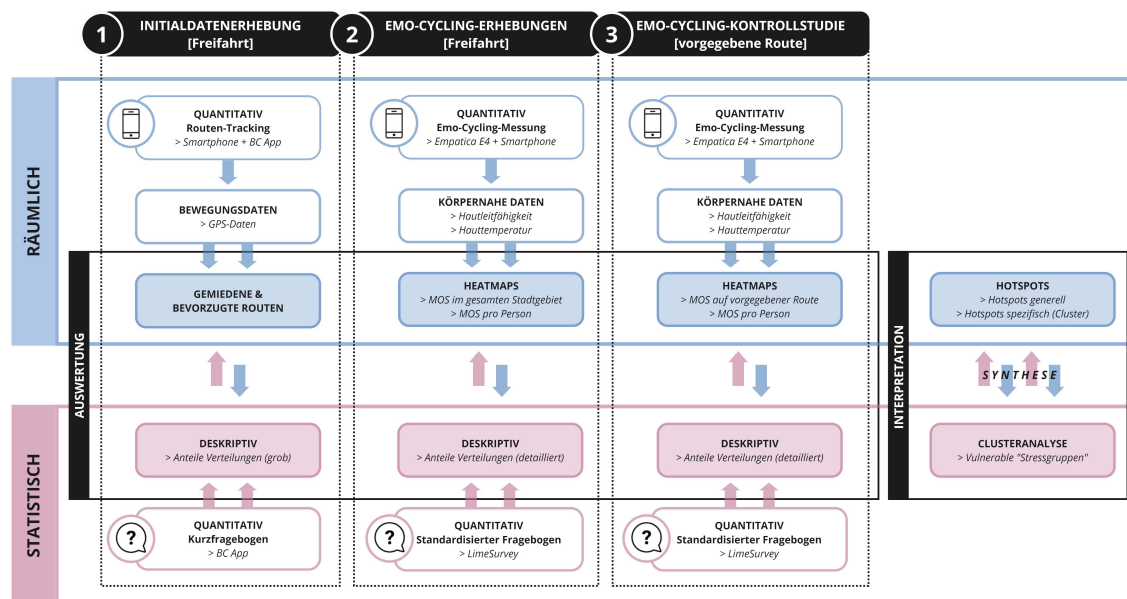


Abbildung 1: Triangulationsschema der angewendeten Methodenbausteine.

Das Ergebnis ist eine maschinenlesbare Datei im CSV-Format, in der eine Zeile einer Sekunde des Messzeitraums entspricht. Darin enthalten sind Informationen über einen MOS (ja/nein) und seine

geografischen Koordinaten. Die Daten werden in der Auswertung dann in einem Geografischen Informationssystem (GIS) eingelesen und einer Kernel-Dichte-Schätzung (KDE) unterzogen, um räumliche Cluster zu ermitteln. Umgangssprachlich wird diese Visualisierung der gemessenen Stressreaktionen in der Stadt als „Heatmap“ bezeichnet.

Das Verfahren, biostatistische Daten georeferenziert zu erfassen und anschließend in Karten zu visualisieren, geht dabei auf Christian Nold zurück (NOLD, 2009). Seine „emotionale Kartographie“ ermöglichte es erstmals, den Menschen und seine individuelle physiologische Reaktion erstmals als eine Art Sensor zu nutzen und seinen Stress- bzw. Erregungszustand im urbanen Kontext zu erfassen. Verschiedene technologische Entwicklungen in diesem Kontext, sowie die Weiterentwicklung der Technologie selbst werden im Kontext des Radfahrens seither als „EmoCycling-Methode“ (ZEILE et al., 2016) zusammengefasst. Das Setting besteht seither aus dem Biosensorarmband „E4“ der Firma Empatica und einem Smartphone, das mittels der App „E-Diary“ die Daten sammelt und georeferenziert.

Zur Erforschung des Stressempfindens von Radfahrern wird im Rahmen des Projekts ESSEM ein Triangulationsverfahren (FLICK, 2011) eingesetzt. Bei dieser Methode können die Nachteile einer Methode durch die Hinzunahme einer anderen während der Untersuchung kompensiert werden. Abbildung 1 zeigt einen Überblick der Methodenbausteine und den in ESSEM angewendeten Triangulationsprozess. Die Triangulation wurde für die Datenerhebung, die Analyse (räumlich und statistisch) und deren Interpretation verwendet. Die einzelnen Bausteine werden in den folgenden Abschnitten genauer erläutert.

3.4 Initialdatenerhebung

3.4.1 Durchführung

Die Initialdatenerhebung wurde im Frühling 2022 in einer frühen Phase des ESSEM-Projekts durchgeführt. Die Daten bilden die Grundlage für die ab Herbst 2022 durchgeführten EmoCycling-Messungen. Mit dieser ersten Datenerhebung wurde das Ziel verfolgt, einen Überblick über die Bewegungsprofile von Radfahrenden in Osnabrück zu gewinnen. Dabei wurden die Nutzerinnen und Nutzer der aktiven Fahrrad-Community Bike Citizens direkt über die gleichnamige App als Probandinnen und Probanden angesprochen. Nach Einwilligung der Nutzerinnen und Nutzer, am Projekt teilzunehmen, wurde mithilfe der App dann aufgezeichnet, welche Routen die rund 350 Probandinnen und Probanden in Osnabrück für ihre alltäglichen Fahrten mit dem Fahrrad nutzen.

3.4.2 Ergebnisse

Mithilfe der von Bike Citizens entwickelten Analysefunktionen konnten daraufhin verschiedene fahradverkehrsspezifische Beobachtungen abgeleitet und in entsprechenden Analysekarten dargestellt werden. Abbildung 2 zeigt zwei Attraktivitätsanalysen, die sich als besonders erkenntnisreich für das Projekt erwiesen haben. Auf der linken Seite ist das Hauptwegenetz (gelb) im Zusammenhang mit den von den Radfahrenden bevorzugten Routen (grün) abgebildet. Auf der rechten Seite wird das Wegenetz wiederum mit den gemiedenen Routen (rot) überlagert. Die Linienstärke gibt in den Karten die Intensität an.

Auffallend in Osnabrück ist allgemein die intensive Nutzung der Wege in das Stadtzentrum. Im westlichen Bereich sind es dabei vor allem die als Fahrradstraße markierte Katharinenstraße und die überwiegend auf Tempo 30 beschränkten Straßen des Stadtteils Wüste (1), die von den Radfahrenden bevorzugt wurden. Gemieden werden hingegen die unmittelbar parallel zur Katharinenstraße verlaufende, vom MIV geprägte Martinistraße im Süden (2) und die Lotter Straße im Norden. Auch der südwestliche Innenstadtring wird von den Radfahrenden gemieden. Im Süden in Kalkhügel wird die Sutthausener Straße zugunsten des Burenkamp umfahren. Im Südosten ziehen die teilnehmenden Radfahrenden die Meller Straße der vierspurigen Hannoverschen Straße vor.

Desweiteren lassen sich anhand der beiden Karten auch auf der Hauptverkehrsachse des Wallrings, die das Stadtzentrum umringt, Auffälligkeiten beobachten. Während hier der nordwestliche Abschnitt des Wallrings (3) eine oft gewählte Route darstellt, wurde der südliche Abschnitt (4) von den Radfahrenden tendenziell häufiger gemieden.

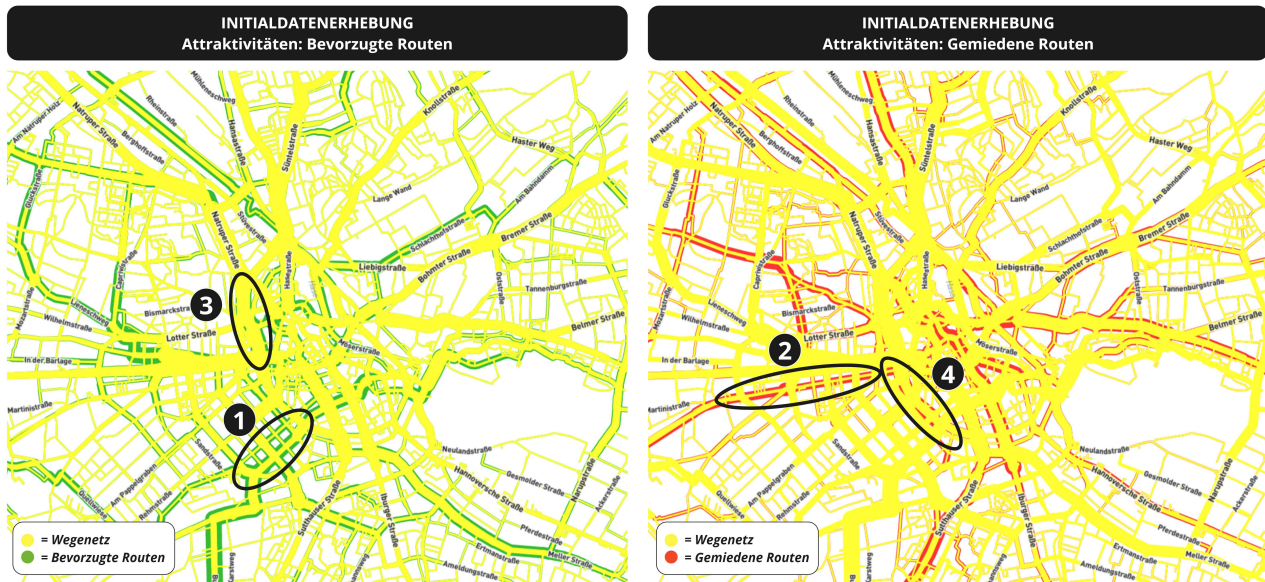


Abb. 2: Initialdatenerhebung in Osnabrück. Attraktivitätsanalyse: Bevorzugte Routen (links) und Gemiedene Routen (rechts).
(Quelle: Eigene Darstellung nach Bike Citizens Analytics, 2022)

3.5 Befragungen

Über den gesamten Erhebungszeitraum des Projekts ESSEM wurden die räumlichen Datenerhebungen jeweils mit statistischen Erhebungen kombiniert, die in Form von Befragungen durchgeführt wurden (siehe Abbildung 1).

3.5.1 Kurzbefragungen (Initialdatenerhebung)

Im Zuge der Initialdatenerhebung wurden die Probandinnen und Probanden neben der Aufzeichnung ihrer alltäglichen Fahrradfahrten in Osnabrück ebenfalls dazu aufgefordert, einen kurzen Fragebogen in der Bike Citizens App zu beantworten. Die gesammelten Daten dienen dem Projekt dazu, einen ersten Überblick über das Nutzerverhalten der Radfahrenden in Osnabrück zu gewinnen und geeignete Personengruppen für die EmoCycling-Datenerhebungen zu identifizieren.

3.5.2 Standardisierte Fragebögen (EmoCycling-Datenerhebungen)

Auch die durchgeführten EmoCycling-Erhebungen wurden jeweils um standardisierte Fragebögen ergänzt. In diesem Zusammenhang war es das Ziel, weitere Informationen über die Probandinnen und Probanden zu erhalten, die Aufschluss über deren spezifisches Mobilitätsverhalten und persönliche Dispositionen geben. Im weiteren Projektverlauf werden diese Informationen dann in Zusammenhang mit den gemessenen Stressmomenten gesetzt. Perspektivisch soll es mithilfe dieser Analyse ermöglicht werden, vulnerable Gruppen in Hinblick auf das Stressempfinden zu identifizieren.

Der entwickelte Fragebogen ist dabei 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 anonymisiert. Um eine Verknüpfung der Fragebogendaten mit den Ergebnissen der sensorgestützten Messung zu ermöglichen, wird den Teilnehmenden während des Fragebogens empfohlen, ein Pseudonym zu erstellen. Dies trägt dazu bei, ihre Anonymität zu wahren. Damit die Fragebogendaten im Anschluss mit den Daten der sensorgestützten Messung in Zusammenhang gebracht werden können, werden die Teilnehmenden im Verlauf des Fragebogens dazu aufgefordert, ein Pseudonym generieren. Durch diese Methode wird die Anonymität der Datensätze gewährleistet.

Die Erkenntnisse aus den Fragebögen dienen darüber hinaus dazu, eine möglichst repräsentative Stichprobe für die EmoCycling-Datenerhebungen 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 deshalb die Möglichkeit, auf freiwilliger Basis ihre Emailadresse als Kontaktmöglichkeit anzugeben.

3.6 EmoCycling-Datenerhebung Phasen 1-4 als Freifahrt

3.6.1 Durchführung

Ab dem Herbst 2022 wurde dann mit der mehrphasigen Durchführung der EmoCycling-Datenerhebungen in Osnabrück begonnen. Bei diesen als Freifahrten konzipierten Messungen wurden die physiologischen Stressreaktionen der Probandinnen und Probanden nach der EmoCycling-Methode aufgezeichnet, ausgewertet und in Form einer Heatmap kartiert (vgl. Kapitel 3.3).

In jeder Erhebungsphase wurden dabei rund 30 Probandinnen und Probanden für jeweils zwei Wochen mit den Messinstrumenten ausgestattet. Eine Teilnahme an mehreren Erhebungsphasen war dabei möglich. Insgesamt konnten dadurch 89 Probandinnen und Probanden akquiriert werden. Durch Mehrfachteilnahme ergaben sich 116 Testfahrende. Die Gesamtfahrtzeit betrug im Rahmen der Erhebungen rund 914 Stunden. In der Auswertung konnten dabei 53796 Stressmomente detektiert werden.

Die Teilnehmenden der Freifahrten waren im Durchschnitt 47 Jahre alt. Zudem identifizieren sich jeweils 42% als weiblich bzw. männlich, 1% als divers und 14% machten keine Angabe.

Die meisten Teilnehmenden sind Alltagsradfahrenden (59%), 21% sind der Gruppe der Interessierten Radfahrenden zuzurechnen und 7% fallen unter die Kategorie der furchtlosen Radfahrenden. Es gab keine „Keine Chance, ganz egal wie!“ (vgl. Tab.2).

3.6.2 Ergebnisse

In Abbildung 3 sind die gesammelten Ergebnisse aller Erhebungsphasen in Osnabrück zu sehen. Auf der linken Karte sind dabei die von den Probandinnen und Probanden gewählten Routen gemappt. Die rechte Karte visualisiert die gesammelten Ergebnisse der Stressmessungen als Heatmap. Die besonders auffälligen Stress-Hotspots sind in der Heatmap markiert und werden im Folgenden benannt.

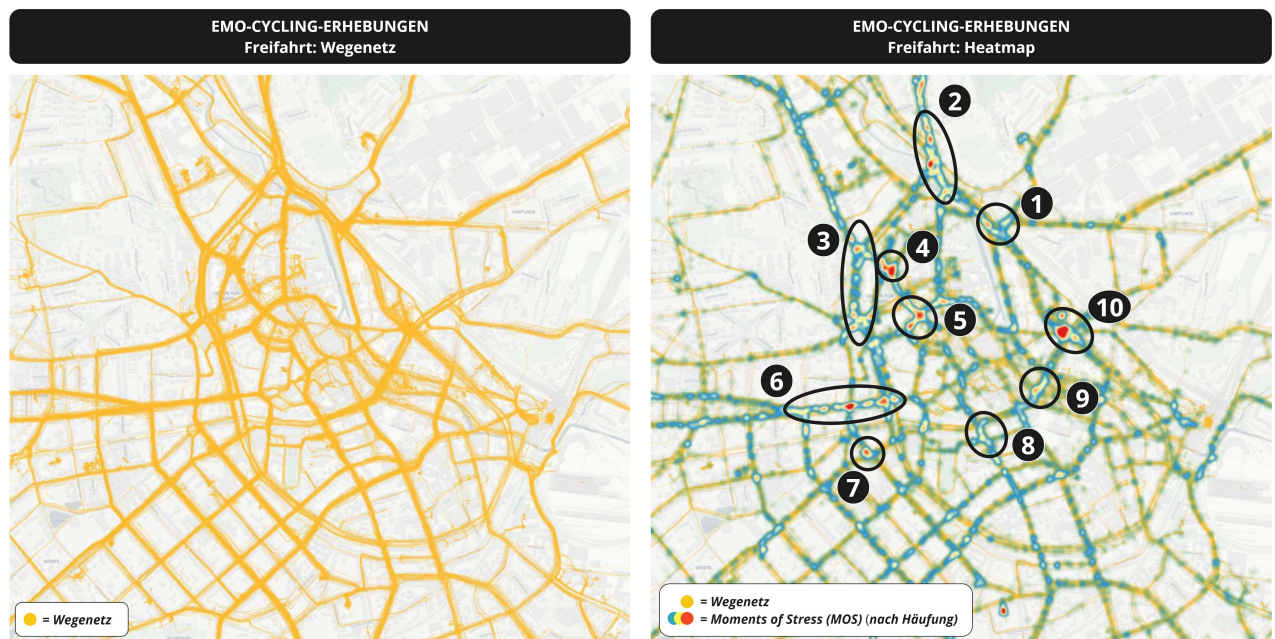


Abb. 3: EmoCycling-Datenerhebungen in Osnabrück: Ausschnitte des Wegenetzes aller Testfahrten (links) und der Heatmap der detektierten Stressmomente mit Markierung auffälliger Bereiche (rechts).

Dabei fallen zum einen die beiden Stress-Hotspots an den nördlichen Stadteingängen ins Auge. Sowohl der Nonnenpfad (1), als auch die HansasträÙe (2) sind in diesem Kontext Hauptverbindungswege auf den Wallring, wobei sich deren Kreuzungspunkte jeweils auch unmittelbar unter den Bahngleisen befinden.

Desweiteren konnten entlang des nordwestlichen Teils des Wallrings (3) eine Vielzahl an Stressmomenten nachgewiesen werden. Neben dem Stress-Hotspot am Hegertor, ist auch hier insbesondere auf die Kreuzungspunkte der Stadteingänge mit dem Wallring hinzuweisen. Im Norden ist diesbezüglich vor allem die Natruper Straße und im Westen die MartinistraÙe (6) auffällig.

Im Kern des Stadtzentrums zeigen sich im Rahmen der Messungen sowohl die scharfe Kurve der Bierstraße (4), als auch die Dielingerstraße (5) als Stress-Hotspots.

Jenseits des Wallrings sind zudem die Kreuzungspunkte zwischen Heinrichstraße und Schnatgang (7), der Bereich an der Universität (8), sowie die Wittekindstraße (9) in der Nähe des Neumarkts als auffällige Stress-Hotspots zu erkennen. Im Osten des Stadtzentrums konnte darüber hinaus auch die große Straßenkreuzung am Berliner Platz (10) als ein neuralgischer Punkt im Radverkehrsnetz der Stadt Osnabrück identifiziert werden.

3.6.3 Limitationen

Anhand der Visualisierung der gesammelten Messergebnisse konnten im Rahmen der Auswertung einige neuralgische Punkte im Wegenetz der Stadt Osnabrück als Stress-Hotspots identifiziert werden. In diesem Kontext muss jedoch konstatiert werden, dass aufgrund des besonderen Forschungsdesigns der EmoCycling-Erhebungen als Freifahrten nicht alle Routen des Wegenetzes während des Erhebungszeitraums gleichmäßig befahren wurden. Einige Routen wurden von den Probandinnen und Probanden so zum Beispiel nur sehr selten, beziehungsweise überhaupt nicht, gewählt. Andere Abschnitte wurden hingegen eindeutig präferiert. In der logischen Konsequenz bedeutet das für die Auswertung der Heatmap, dass die Wahl der Fahrtstrecke unmittelbar mit der Belastbarkeit der Messergebnisse steht. Für einige Routen können mit den angeführten Messungen deshalb zwar belastbare Aussagen getroffen werden, für andere Streckenabschnitte ist in diesem Kontext die Stichprobenanzahl jedoch zu gering.

Weiterhin sind die Messergebnisse nicht nur hinsichtlich der freien der Streckenwahl, sondern auch in Bezug auf die verschiedenen Tageszeiten in ihrer Aussagekraft einzugrenzen. In diesem Zusammenhang konnte anhand einzelner Datensätze die Hypothese aufgestellt werden, dass entlang bestimmter Routen zu den Stoßzeiten ein deutlich höheres Stresslevel gemessen werden konnte, als an anderen Tageszeiten.

Im Rahmen des ESSEM-Projekts sollen die als Freifahrt durchgeführten EmoCycling-Messungen deshalb in einem nächsten Schritt mithilfe einer Kontrollstudie auf einer vorgegebenen Route evaluiert werden. Mit dieser Studie sollen einerseits die identifizierten Hotspots verifiziert und dabei durch die einheitliche Route und Tageszeit eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse gesichert werden. Darüber hinaus soll mit der Kontrollstudie jedoch auch der Fragestellung nachgegangen werden, ob zusätzlich zu den genannten Stress-Hotspots noch weitere neuralgische Abschnitte identifiziert werden können, die im Rahmen der Freifahrten von den Probandinnen und Probanden nicht befahren, beziehungsweise eventuell sogar gemieden wurden.

3.7 EmoCycling-Kontrollstudie mit vorgegebener Route

3.7.1 Durchführung

Ende November 2023 wurde dann die Kontrollstudie durchgeführt, mithilfe derer die Ergebnisse der bereits durchgeführten EmoCycling-Messungen evaluiert und ergänzt werden sollten. Für die Kontrollstudie wurde aus den Erkenntnissen der vorherigen Freifahrten eine Route entwickelt, auf der alle Probanden an einem Tag auf den Parcours geschickt wurden. Die Routenvorgabe wurde dabei im Vorfeld sowohl unter Berücksichtigung der identifizierten Stress-Hotspots und gemiedenen Streckenabschnitte, als auch der aktuell von Seiten der Stadt Osnabrück umgesetzten Verbesserungsmaßnahmen für den Radverkehr konzipiert. Die Stress-Hotspots aus den Freifahrten, die mit der Kontrollstudie verifiziert werden sollten, sind in Abbildung 4 als „Fixpunkte“ markiert. Für die Kontrollstudie wurden aus den bereits durchgeführten EmoCycling-Erhebungen Probandinnen und Probanden akquiriert, deren Durchschnittsalter Mitte 40 betrug. Bei der Auswahl der Probandinnen und Probanden wurde darüber hinaus auch auf eine gleichmäßige Geschlechterverteilung geachtet. Die Messungen fanden an einem Freitag Nachmittag statt, sodass ein möglichst gleichmäßiges Verkehrsaufkommen und eine ausreichende Helligkeit garantiert werden konnte. Die Teilnehmenden wurden hierfür erneut mit den Sensoren Empatica E4 und einem Smartphone ausgestattet und über den Verlauf der Strecke unterrichtet.

Insgesamt konnten für die Durchführung der Kontrollstudie 21 Probandinnen und Probanden akquiriert werden. Die durchschnittliche Fahrtzeit betrug auf der vorgegebenen Route rund 30 Minuten. Im Rahmen der Auswertung konnten in diesem Zusammenhang 1452 Stressmomente detektiert werden. Die Gesamtmesszeit betrug dabei in Summe rund 14 Stunden.

In der Kontrollstudie lag der Altersdurchschnitt mit 50,2 Jahren leicht über dem der Freifahrten. Auch haben mehr Männer (62%) als Frauen teilgenommen. Der Großteil (86%) sind Alltagsradfahrende, 14 % Interessierte Radfahrende. Tabelle 2 stellt die Verteilungen gegenüber.

Die Zusammensetzung der Stichprobe der Kontrollstudie ist somit nicht repräsentativ für die Grundgesamtheit der Freifahrten. Die Verzerrungen bei Alter, Gender und Radfahrtyp sind bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Übersicht Stichproben Osnabrück		
Merkmal	Freifahrten (n=89)	Kontrollstudie (n=21)
Alter in Jahren (\bar{x})	47	50,2
Gender (%)		
Weiblich	42	38
Männlich	42	62
Divers	1	0
Keine Angabe	14	0
Radfahrtyp (%)		
Kann nicht, will nicht	0	0
Interessierte Radfahrende	21	14
Alltagsradfahrende	59	86
Furchtlose Radfahrende	7	0

Tabelle 2: Verteilung der Merkmale in den Erhebungsrunden in Osnabrück. Eigene Berechnungen.

3.7.2 Ergebnisse

Abbildung 4 zeigt die Konzeption der Kontrollstudie, sowie das Ergebnis der EmoCycling-Messungen. Die linke Karte bildet dabei die Konzeption der Teststrecke ab. Dabei wurden die neuralgischen Punkte aus der Freifahrt als Fixpunkte in rosa markiert.

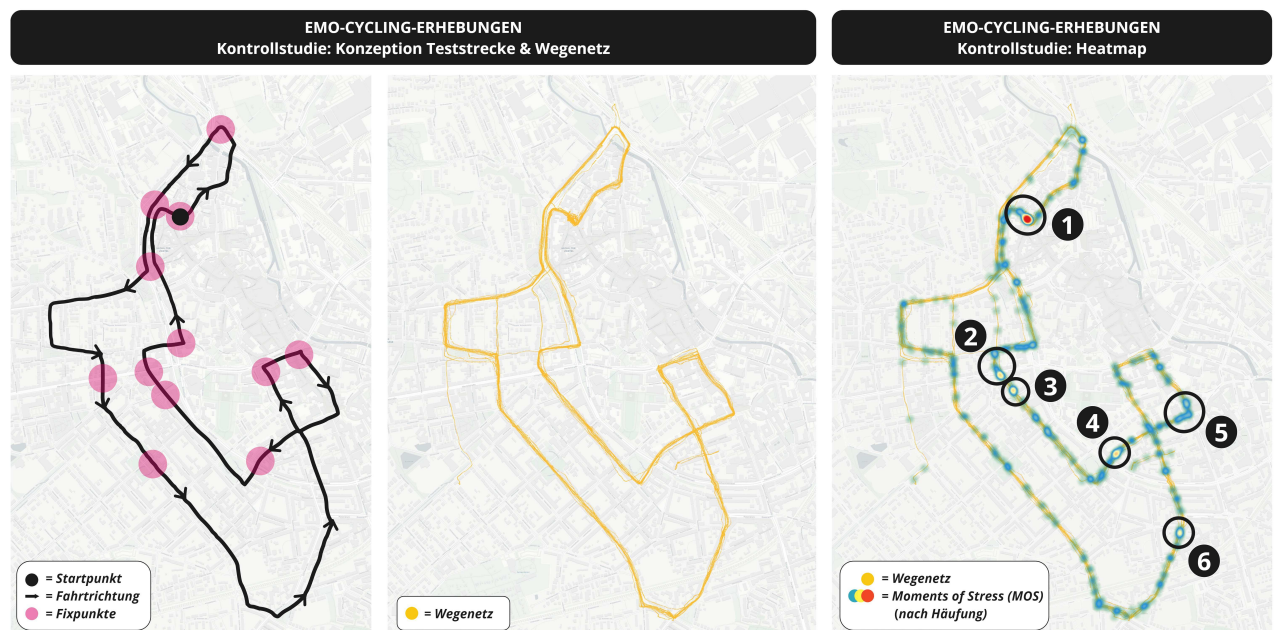


Abb. 4: EmoCycling-Kontrollstudie in Osnabrück: Konzeption der Teststrecke (links), Wegenetz (Mitte) und Heatmap der detektierten Stressmomente mit Markierung auffälliger Bereiche (rechts).

Die Karte in der Mitte zeigt die gefahrene Strecke, wobei die Probanden an manchen Stellen aufgrund von Orientierungsproblemen minimal von der vorgegebenen Teststrecke abgewichen wurde. Der Großteil der gesammelten Tracks bewegte sich dabei jedoch auf der korrekten Route, sodass die fehlerhaften Abschnitte nicht zu sehr ins Gewicht fallen. Die rechte Karte visualisiert die gesammelten Ergebnisse der

Stressmessungen als Heatmap. Die Heatmap wurde mithilfe einer KDE mit den Parametern $r=40$ m und $max=21$ erstellt.

Die besonders auffälligen Stress-Hotspots wurden auch in dieser Heatmap markiert und werden im Folgenden im Vergleich mit den Ergebnissen aus den Freifahrten betrachtet. In diesem Zusammenhang konnten einige der gesetzten Strecken-Fixpunkte, die sich bei den Freifahrten als stressintensiv zeigten, mit der Kontrollstudie verifiziert werden. So wurden die scharfe Kurve an der Bierstraße (1), die Kreuzungspunkte der Martinistraße (2), die Situation am Schnatgang (3), sowie die Süsterstraße (4) im Bereich des Wallrings und an ihrem Kreuzungspunkt zur Johannisstraße (5) mithilfe der Kontrollstudie als neuralgische Punkte bestätigt. Darüber hinaus konnten im Rahmen der Kontrollstudie auch neue Stresspunkte identifiziert werden. So zum Beispiel der Kreuzungspunkt an der mehrspurigen, MIV-geprägten Sutthausener Straße (6), die jedoch bereits in der Initialdatenerhebung als gemiedene Routen analysiert wurde.

4 DISKUSSION

Der vorgestellte Ansatz zeigt anhand der EmoCycling-Methode auf, unter welchen verschiedenen Settings Emotionen von Radfahrenden im urbanen Kontext messbar gemacht werden können. Dabei können sowohl beim Aufbau der Messungen als Freifahrt, als auch mit einer vorgegebenen Route, einige Vor- und Nachteile festgestellt werden, die im Folgenden diskutiert werden.

Als ein deutlicher Vorteil der Freifahrten hat es sich insbesondere erwiesen, dass die Testfahrten der Probanden sehr nutzerfreundlich und alltagsnah gestaltet werden konnten. Die Heatmaps stellen dadurch nicht nur einen guten Gesamtüberblick sicher, sondern liefern darüber hinaus auch Informationen zu den Nutzungsintensitäten verschiedener Streckenabschnitte. Dieser Vorteil ist jedoch zugleich auch als Nachteil zu bemängeln (vgl. Abschnitt 4.3.3). Denn die Messreihe des vorliegenden Projekts zeigt in diesem Kontext auch, dass trotz der verhältnismäßig hohen Teilnehmendenzahl einige Streckenabschnitte nicht, beziehungsweise nur sehr selten, befahren wurden. In der Konsequenz lässt sich für diese Streckenabschnitte deshalb keine belastbare Aussage zum subjektiven Stressempfinden der Probanden treffen.

Durch die Vorgabe der Route konnte diese Schwachstelle im Rahmen der Kontrollstudie jedoch nahezu vollständig eliminiert werden. Der Vergleich der Ergebnisse beider Methodensettings (vgl. 4.4.2) zeigt darüber hinaus, dass eine Evaluierung erster Hypothesen zu Stress-Hotspots mithilfe einer vorgegebenen Route sinnvoll erscheint. Um schließlich jedoch eine belastbare Verifizierung der Hotspots vornehmen zu können, müsste die Stichprobenzahl der Kontrollstudie in einem nächsten Schritt noch erhöht werden.

5 AUSBLICK

Die räumlichen Erhebungen des ESSEM-Projekts in der Modellstadt Osnabrück sind abgeschlossen. Ergänzend zu den räumlichen Analyse wird sich das Projekt nun in der nächsten Phase intensiv mit der statistischen Analyse der Daten aus den Fragebögen und der Rückkopplung mit den Heatmaps beschäftigen. Mithilfe statistischer Gruppenvergleiche und Clusteranalysen (Schmidt-Hamburger, 2022) sollen dadurch erste Hypothesen zu vulnerablen Stressgruppen getroffen werden können. Die Ergebnisse dieser Analyse sollen im Sommer 2024 vorliegen.

Gleichzeitig wird anhand der identifizierten Stress-Hotspots derzeit durch den Projektpartner Outdooractive Reserach (Outdooractive AG, 2024) ein erster Ansatz für ein Emo-Routing in der Fahrradnavigation erarbeitet. Damit soll es Radfahrenden ermöglicht werden, bei ihrer Navigation nicht nur zwischen der kürzesten oder der landschaftlich attraktivsten Routenoption wählen zu können, sondern sich auch für eine „entspannte“ und „stressarme“ Option entscheiden zu können. Eine erste Testlauf dieses Emo-Routings ist ebenfalls im Sommer 2024 geplant.

Wie wichtig ein quelloffener Ansatz auch bei Hardwarekomponenten ist, zeigt sich zum Laufzeitende des Projektes die Ankündigung von Empatica, die e4-Technologie zum August 2024 auszumustern. Ab diesem Zeitpunkt soll es nicht mehr möglich sein, auf die verschiedenen Services im e4-Kontext zuzugreifen, sprich, die API-Key Anforderung zum Aufzeichnen auf einem eigenen Gerät, das Löschen interner Daten auf dem e4 über das Portal als auch das Aufspielen von Firmware wird nicht mehr möglich sein. Aus Aspekten der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit – hier wird sehr teurer, noch funktionstüchtiger Elektorschrott mit Einstellung eines Services produziert – ist dieses Vorgehen von Hardwareherstellern nicht nachzuvollziehen.

Im Kontext des Sicherheitsempfindens im Radverkehr ist es darüber hinaus ein Anliegen des ESSEM-Projekts, nicht nur die neuralgischen Punkte zu identifizieren, sondern auch der Fragestellung nachzugehen, inwiefern das subjektive Sicherheitsempfinden von Radfahrenden verbessert werden kann. Hierzu findet aktuell eine Begleitstudie des Projekts statt, die verschiedene sicherheitsrelevante Produkte im Kontext des Radfahrens gemeinsam mit Industriepartnerinnen und Industriepartnern erprobt. In einer experimentellen Produktevaluationsstudie wird im Frühjahr 2024 der Einfluss verschiedener Produkte auf das Sicherheitsempfinden der Testpersonen erforscht.

6 REFERENCES

- BERCHT, A.L.: Stresserleben, Emotionen und Coping in Guangzhou, China: Mensch-Umwelt-Transaktionen aus geographischer und psychologischer Perspektive, Stuttgart. 2013.
- BMDV: Fahrradland Deutschland 2030 – Nationaler Radverkehrsplan 3.0. Berlin, https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/nationaler-radverkehrsplan-3-0.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am 15.11.2023), 2022.
- CANNON, W. B.: The wisdom of the body, W.W. Norton & Company. New York, 1932.
- CYCLINGDATA: Bike Citizens Analytics - GPS analysis tool for cycling data, 2023. <https://cyclingdata.net/> (07.02.2023).
- FLICK, U.: Triangulation: Eine Einführung, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer Fachmedien. Wiesbaden, 2011. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92864-7_1
- 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 (1st edition). Les éditions Bruno im Hause Thiemo Graf Verlag, Röthenbach an der Pregnitz, 2016.
- HAUG, N., SCHMIDT-HAMBURGER, C. & ZEILE, P.: Identifying urban stress and bicycle infrastructure relationships: a mixed-methods citizen-science approach. In: Urban, Planning and Transport Research, 2023, Vol.11, No. 1, Taylor & Francis Group. London, 2023. <https://doi.org/10.1080/21650020.2023.2267636>
- HOLMES, T. H. & RAHE, R.H.: The social readjustment rating scale. In: Journal of Psychosomatic Research 11(2), S. 213-218. 1967. [https://doi.org/10.1016/0022-3999\(67\)90010-4](https://doi.org/10.1016/0022-3999(67)90010-4)
- 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.H., OSBORNE, T., PYKETT, J.: Detecting Moments of Stress from Measurements of Wearable Physiological Sensors. Sensors, 19 (17), 3805. 2019. <https://doi.org/10.3390/s19173805>
- LAZARUS, R.S.: Stress and emotion: A New Synthesis, Springer Publishing Company. New York, 1999.
- LYON, B.L.: Stress, Bewältigung und Gesundheit: Konzepte im Überblick. In: V.H. Rice (Ed.): Stress und Coping. Lehrbuch für Pflegepraxis und -wissenschaft, S. 25-47. Bern. 2005.
- NOLD, C.: Emotional Cartography: Technologies of the Self. London. 2009.
- OUTDOORACTIVE AG: Outdooractive Research, <https://corporate.outdooractive.com/de/research/> (Zugriff am 07.02.2024), 2024.
- WERMTHU, M.: Modellvorstellungen zur Prognose. In: Steierwald, G.; Künne, H.D.; Vogt, W.: (Hrsg.): Stadtverkehrsplanung: Grundlagen, Methoden, Ziele. Issue 2, S. 243-295. Springer, Berlin. Berlin, 2005.
- ZEILE, P., HAUG, N., SCHMIDT-HAMBURGER, C., MOTZER, N., MOSER, M. & RESCH, B.: Emotion Sensing for (E-) Bicycle Safety and Mobility Comfort. In: JoDLA – Journal of Digital Landscape Architecture, 8-2023, S. 381-389. Dessau. 2023. <https://doi.org/10.14627/537740041>
- 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. https://doi.org/10.1553/giscience2016_01_s204
- SELYE, H.: The stress of life, McGraw-Hill. New York, 1956.
- SCHANDRY, R.: Biologische Psychologie. 4th edition. Julius Beltz, Weinheim. p.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 (Master-Thesis), S. 26f. 2022.