

EMOTIONSWAHRNEHMUNG FÜR (E-)FAHRRADSICHERHEIT UND MOBILITÄTSKOMFORT ESSEM

Handlungsleitfaden



01

**DAS FORSCHUNGSPROJEKT
ESSEM**

1.1 AUSGANGSLAGE

Das Fahrrad als Transportmittel der Wahl erfreut sich in Deutschland zunehmender Beliebtheit. Besonders in urbanen Räumen steigt die Zahl der Menschen, die das Fahrrad regelmäßig nutzen (Quelle: Fahrrad-Monitor, 2023).

Doch: Fahrradfahrende müssen sich den (urbanen) Raum mit anderen Verkehrsteilnehmenden teilen und das Konfliktpotenzial mit anderen Verkehrsteilnehmenden wächst (Quelle: ADAC e.V.: Die Top-5-Stressfaktoren im Straßenverkehr (Webseitenartikel), 2024). Hinzu kommen infrastrukturelle Schwachstellen, welche das Sicherheitsempfinden von Fahrradfahrenden negativ beeinflussen, zum Beispiel in Form von engen Fahrstreifen, unübersichtlichen Kreuzungen und komplexer Verkehrsführung. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken und den Komfort sowie das Sicherheitsempfinden

von Fahrradfahrenden zu erhöhen, hat sich das Forschungsprojekt ESSEM zum Ziel gesetzt, die oft subjektiv wahrgenommenen Sicherheitsrisiken und -empfindungen objektiv messbar zu machen. Mit Hilfe von biostatistischen Messmethoden werden Verkehrssituationen mit negativer Erregung im realen Straßenverkehr erfasst und in „Heatmaps“ räumlich verortet (populärwissenschaftlich auch „Stressmessungen“ genannt). Die Forschungsergebnisse offenbaren, wo sich Radfahrende in urbanen Räumen „gestresst“ fühlen, und sind dadurch besonders relevant für die infrastrukturelle, kommunale Verkehrsplanung. Gleichmaßen eröffnen die Forschungsergebnisse Chancen für die unternehmerische Praxis, basierend auf der Emotion Sensing-Methode innovative Produkte und Services zu erarbeiten.

1.2 PROJEKTSTRUKTUR

Das Projekt ESSEM wird im Rahmen der Innovationsinitiative mFUND durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr gefördert. Das Projektkonsortium, bestehend aus einem interdisziplinären Team aus Forschenden der Universität Stuttgart, des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und der Universität Salzburg sowie unserem Partnerunternehmen Outdooractive, verfolgt daher zwei Vorhaben: 1) Ansätze für eine datengestützte Radverkehrsplanung entwickeln (kommunale Perspektive) und 2) innovative Produkte und Dienstleistungen ermöglichen, welche auf der Emotion Sensing-Da-

tenbasis beruhen (Innovationsperspektive). Dabei fließen unterschiedliche Perspektiven aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen (Geoinformatik, Stadtplanung, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Ingenieurwissenschaften) in das Forschungsprojekt ein und werden verknüpft mit Praxiswissen aus Kommunen und Wirtschaft. Der vorliegende Handlungsleitfaden beleuchtet die kommunale Perspektive und zeigt am Beispiel der Stadt Osnabrück, wie Emotion Sensing-Erhebungen praktisch umgesetzt werden können und welche Herausforderungen und Chancen die Erhebungen eröffnen.

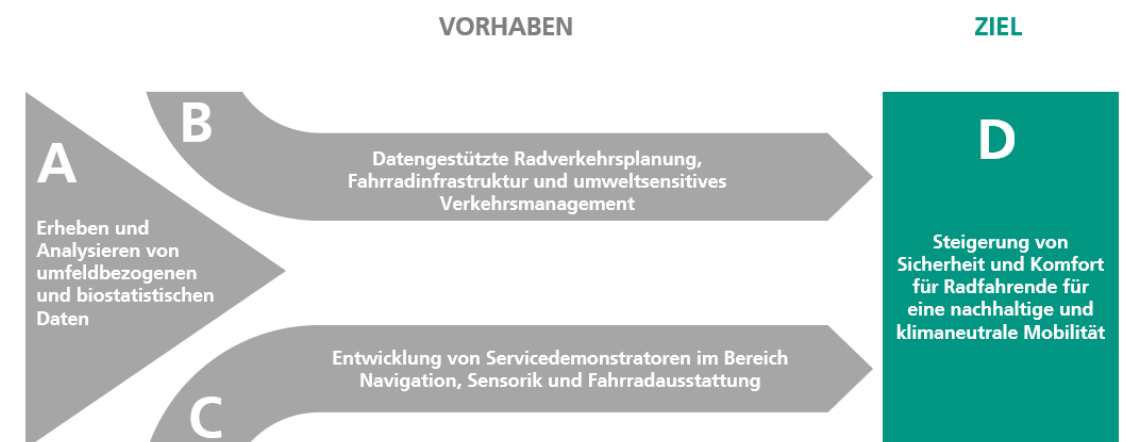


Abb. 1: Projektstränge im Forschungsprojekt ESSEM

02

**DER EMOTION-SENSING-
ANSATZ**

2.1 EMOTIONEN IM (RAD)VERKEHR ERKENNEN

Emotionen sind zentral für das subjektive Erleben und die Sicherheit im Radverkehr. Die Erkennung emotionaler Zustände basiert auf messbaren körperlichen Reaktionen, die durch spezifische Stressfaktoren in der Umgebung ausgelöst werden. Die Messung emotionaler Zustände erfolgt über Methoden, die sowohl physiologische als auch subjektive Dimensionen einbeziehen:

PHYSIOLOGISCHE MESSUNG:

Durch psychophysiologische Monitoring-Techniken mit körpernaher Sensorik werden Indikatoren wie Hautleitfähigkeit (Abb.2), -temperatur und Herzfrequenz analysiert, um Stressreaktionen echtzeitnah zu erfassen. Stress wird hier definiert als Mischung aus Ärger und Angst, ausgelöst durch konkrete Verkehrssituationen, z.B. enge Überholmanöver oder schlechte Fahrbahnoberflächen. Diese Messungen erfolgen automatisiert und beeinflussen die Fortbewegung der Teilnehmenden nicht, was sie besonders effektiv für reale Verkehrsumgebungen macht.

HINWEIS:

Bei der Messung der elektrodermalen Aktivität (EDA) mit steigender Hautleitfähigkeit und fallender Hauttemperatur wird eine negative Aktivierung (Arousal) und nicht die Qualität der Emotion (positiv oder negativ) gemessen (Abb.3). Populärwissenschaftlich wird dies als „Stress“ bezeichnet.

SUBJEKTIVE BEWERTUNG:

Ergänzend dazu nutzen Studien Selbstauskünfte, bei denen Testpersonen spezifische Problemstellen markieren. Dies kann vor und nach der Fahrt geschehen und erlaubt es, Unterschiede zwischen Erwartung und tatsächlicher Erfahrung zu identifizieren. Diese subjektiven Angaben werden oft mit den physiologischen Daten korreliert, um eine präzisere Analyse der Auslöser emotionaler Reaktionen zu ermöglichen. Ergänzend findet eine Erfassung persönlicher Dispositionen wie Alter, Geschlecht oder Persönlichkeitsmerkmalen statt.

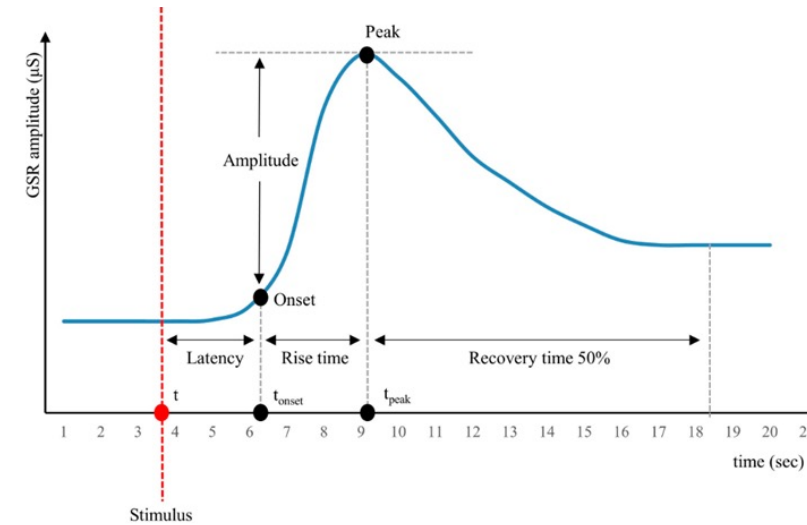


Abb. 2: Steigende Hautleitfähigkeit (Arousal) durch ein plötzlich auftretendes Ereignis.

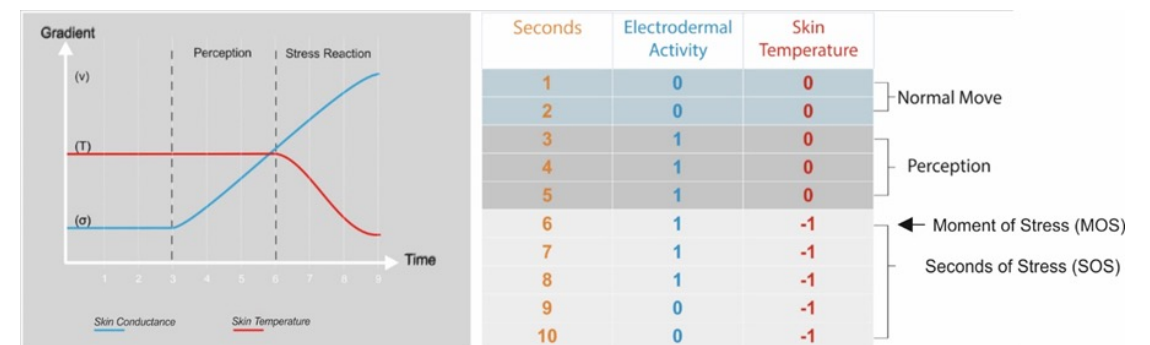


Abb. 3: Steigt die Hautleitfähigkeit und fällt kurz danach die Hauttemperatur ab, so ist dies ein Indikator für eine negative Aktivierung – vulgo „Stress“ bzw. im Projekt als „Moment of Stress“ bezeichnet.

2.2 EMOTIONEN IM (RAD)VERKEHR RÄUMLICH VERORTEN

Um emotionale Reaktionen in den städtischen Raum zu übertragen, werden die erhobenen Daten georeferenziert, das heißt, mit GNSS-Koordinaten verknüpft (Abb. 4 oben). Dies ermöglicht die Erstellung von sogenannten „emotionalen Karten“, die Hotspots von Stress oder Wohlbefinden sichtbar machen (Abb. 4 unten).

TECHNISCHE UMSETZUNG:

Die GNSS-Daten der Sensoren oder Logger werden genutzt, um emotionale Zustände genau den Orten zuzuordnen, an denen sie aufgetreten sind. Diese Daten können in Geoinformationssystemen (GIS) verarbeitet und als Heatmaps dargestellt werden. Solche Karten visualisieren z. B. Häufungen von Stresspunkten und erlauben eine Einordnung in planerisch relevante Kategorien (wie Straßenqualität oder Konfliktpunkte)..

INTERPRETATION DER ERGEBNISSE:

Eine sorgfältige Analyse der georeferenzierten Daten berücksichtigt, dass emotionale Reaktionen oft durch mehrere Faktoren ausgelöst werden. Stress wird häufig durch eine Kombination aus horizontalen (wie enge Fahrbahn) und vertikalen Faktoren (z. B. Bordsteinkanten) ausgelöst. Solche Analysen liefern somit nicht nur die geographische Verortung, sondern auch Einblicke in die zugrunde liegenden Ursachen.

PLANERISCHER NUTZEN:

Die Ergebnisse dieser räumlichen Verortung bieten wertvolle Grundlagen für die Verkehrsplanung, indem sie aufzeigen, wo Maßnahmen zur Verbesserung der Radverkehrsinfrastruktur Priorität haben. Insbesondere die Identifikation von Stress-Hotspots durch Heatmaps liefert klare Handlungsanweisungen für eine fahrradfreundlichere Stadtgestaltung.

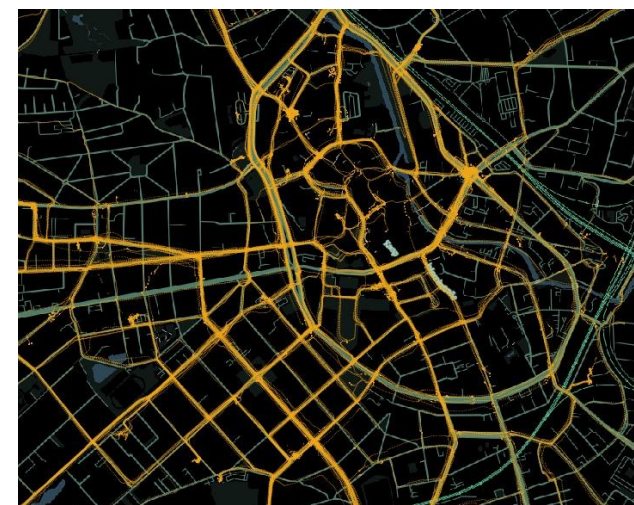


Abb. 4: Unten ist die Gesamtpunktwolke aller mit dem GNSS-Sensor verknüpften Messergebnisse im Innenstadtbereich von Osnabrück zu erkennen. Die Abbildung oben zeigt eine „Heatmap“ – eine Kernel-Density-Estimation Berechnung, auf der die detektierten Moments of Stress (MOS) zu Clustern räumlich zusammengefasst werden.

03

UNTERSUCHUNGSRAUM

3.1 OSNABRÜCK

Osnabrück ist eine Niedersächsische Großstadt mit rund 170.000 Einwohnenden. Bekannt als „Friedensstadt“ wegen ihrer Rolle im Westfälischen Frieden von 1648, ist Osnabrück nicht nur ein kulturelles und wirtschaftliches Zentrum der Region, sondern auch eine zukunftsorientierte Stadt, die aktiv nachhaltige Mobilität fördert. Sie liegt eingebettet zwischen Teutoburger Wald im Süden und dem Wiehengebirge im Norden – entsprechend der geografischen Lage ist das Stadtgebiet, insbesondere die Übergangsbereiche zu den umliegenden Kommunen, topographisch bewegt.

Der Fahrradverkehr nimmt in Osnabrück eine zunehmend wichtige Rolle ein. Die Stadt hat es sich zur Aufgabe gemacht, Radfahren als umweltfreundliche Alternative zu fördern und die Lebensqualität ihrer Bürgerinnen und Bürger zu verbessern. Mit einem stetig wachsenden Netz aus Radwegen und Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung unterstützt die Stadt Osnabrück schon heute eine nachhaltige Verkehrsentwicklung. Aufgrund der ausgeprägten Hochschullandschaft und der vielen Berufspendelnden ist das Potential zur Erhöhung des Radverkehrsanteils durch konsistente

Radverkehrsförderung hoch.

Wie in allen vergleichbaren Städten ist die Osnabrücker Innenstadt stark frequentiert und der Verkehrsraum begrenzt. Dies führt zu Konflikten zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmenden, insbesondere zwischen Autofahrenden, Radfahrenden und Zufußgehenden. Die Integration des Radverkehrs in bestehende Verkehrsstrukturen ist eine ständige Herausforderung. Obwohl Osnabrück ein wachsendes Netz an Radwegen vorweisen kann, existieren noch immer einige Lücken im System. Insbesondere Verbindungen zwischen Stadtteilen, entlang des zentralen Wallrings und ins Umland sind oft unzureichend ausgebaut. Neben klassischer infrastruktureller und kommunikativer Radverkehrsförderung, beteiligt sich die Stadt Osnabrück an verschiedenen Forschungsvorhaben zu innovativen Ansätzen in der Verkehrs- und Stadtplanung – so auch im Forschungsprojekt ESSEM.



Abb. 5: Luftbild Stadt Osnabrück: C: rammi76 ; Adobe Stock.

04

DIE KOMMUNALE PERSPEKTIVE DER STADT OSNABRÜCK - UNTER- SUCHUNGSaufbau

Der zuvor beschriebene Ansatz zur Datenerhebung konnte im Rahmen des Forschungsprojekts ESSEM pilothaft in Osnabrück durchgeführt werden. Die einzelnen hierfür durchlaufenen

Prozessschritte werden im Folgenden möglichst allgemeingültig dargestellt und hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf vergleichbare Anwendungsfälle eingeordnet.

4.1 INITIALDATENERHEBUNG

Die Initialdatenerhebung wurde im Frühling 2022 in einer frühen Phase des ESSEM-Projekts durchgeführt. Die erhobenen Daten bilden die Grundlage für die ab Herbst 2022 durchgeführten EmoCycling-Messungen. Mit dieser ersten Datenerhebung wurde das Ziel verfolgt, einen ersten Überblick über die Bewegungsprofile von Radfahrenden in Osnabrück zu gewinnen.

Nachdem bereits in der Vergangenheit verschiedene Kampagnen (Bike-2-school, o.ä.) des Fahrrad-Routinganbieters Bike Citizens in Osnabrück stattgefunden haben, konnten die Nutzerinnen und Nutzer der aktiven Fahrrad-Community direkt über die gleichnamige App als Probandinnen und Probanden angesprochen werden. Zusätzlich wurde die Stadtbevölkerung über öffentliche Aufrufe der Stadt Osnabrück zur Teilnahme eingeladen. Nach einer formalen Einwilligung, 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. Mithilfe der von Bike Citizens entwickelten Analysefunktionen konnten daraufhin verschiedene radverkehrsspezi-

fische Beobachtungen abgeleitet und in entsprechenden Analysekarten dargestellt werden. Abbildung 5 zeigt zwei Attraktivitätsanalysen, die sich als besonders erkenntnisreich für das Projekt erwiesen haben. Auf der linken Seite ist das Osnabrücker Straßennetz (gelb) im Zusammenhang mit den von den Radfahrenden bevorzugten Routen (grün) abgebildet. Auf der rechten Seite wird das Straßennetz wiederum mit den gemiedenen Routen (rot) überlagert. Die Linienstärke gibt in den Karten die Nutzungsintensität der jeweiligen Streckenabschnitte an.

Eine Initialdatenerhebung bietet die Möglichkeit, einen aktuellen Überblick über die Radverkehrssituation im Untersuchungsgebiet zu gewinnen. Für das Tracking und die Analyse der Radfahrten ist die Nutzung einer kommerziellen Software oder die Entwicklung einer eigenen Anwendung notwendig. Zur Durchführung der anschließenden Emotion-Sensing Erhebung ist sie aber nicht zwingend erforderlich. In kleinräumigen Untersuchungsgebieten (Stadtteile, Routen) oder bei Vorliegen aktueller Radverkehrsdaten – sowohl quantitativ als auch qualitatives lokales Expertenwissen – kann auf den Erhebungsaufwand verzichtet werden.

ZU BEACHTEN:

- Ausreichend viele Teilnehmende müssen akquiriert werden
- Technische Realisierung der Erhebung und Auswertung (Tracking App)

NUTZEN:

- Überblick über vielgenutzte Strecken (quantitativ)
- Eindruck von aktuellen Nutzungsverhalten (bevorzugt vs. gemieden)



Abb. 6: Initialdatenerhebung in Osnabrück. Attraktivitätsanalyse: Bevorzugte Routen (oben) und Gemiedene Routen (unten). (Quelle: Eigene Darstellung nach Bike Citizens Analytics, 2022).

4.2 ERHEBUNGSBEGINN

Vor der Haupterhebungsphase in Osnabrück lagen nur Erfahrungen aus kleineren Erhebungen in Karlsruhe vor. Daher wurde zuerst eine flächendeckende Erhebung von Emotion-Sensing Daten während Alltagsradfahrten und anschließend eine Kontrollstudie entlang einer zuvor auf Grundlage bisheriger Ergebnisse festgelegten Route geplant. Die Kontrollstudie diente zum einen einem Vergleich verschiedener Erhebungsansätze (kuratierte Route vs. Freifahrten im Alltag) und zum anderen der Verifizierung einiger Hotspots der Freifahrten.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die Teilnehmenden zusätzlich zu ihren persönlichen Dispositionen befragt. Anhand der Antworten wurden die Emotion-Sensing Daten auf Zusammenhänge mit den ermittelten Radfahrtypen untersucht.

1. FREIFAHRTEN

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. Hierzu wurden mehrere jeweils zweiwöchige Erhebungsphasen definiert und die bereits registrierten Proband*innen (Initialdatenerhebung) sowie die gesamte Stadtgesellschaft zur Teilnahme eingeladen.

Mittels eines Onlinetools zur Terminvergabe konnten Interessierte sich einen von 15 je Erhebungsphase verfügbaren Zeitslots buchen. Diese waren auf zwei Werktagen verteilt. Während des rund 20-minütigen Zeitslots wurde den Teilnehmenden in einer städtischen Dienststelle die Sensorik ausgehändigt und die Handhabung ausführlich erklärt. Darüber hinaus mussten entsprechende Teilnahme- und Datenschutzerklärung ausgefüllt werden. Den Teilnehmenden stand während der gesamten Erhebungsphase ein Kontakt bei (technischen) Problemen zur Verfügung.

Am Ende der jeweiligen Erhebungsphase erfolgte die Rückgabe der Technik flexibel an zwei zuvor kommunizierten Werktagen. Sind direkt im Anschluss weitere Erhebungsphasen geplant, sollten zwischen Rückgabe und erneuter Ausgabe der Geräte mindestens ein bis zwei Tage liegen. So können sowohl die lokal gespeicherten Daten gesichert als

auch die Akkustände kontrolliert und die Geräte bei Bedarf vollständig geladen werden. Ebenso kann im Fall nicht pünktlich zurückgegebener Technik Kontakt mit den Teilnehmenden aufgenommen und eine kurzfristige Rückgabe vor Beginn der nächsten Phase organisiert werden.

NUTZEN:

- Ergebnisse spiegeln Stress auf alltäglichen Radfahrten wider
- Erhebung über das gesamte Stadt-/Untersuchungsgebiet
- Vergleichsweise geringer organisatorischer Aufwand (nur Aus- und Rückgabe, Troubleshooting)

ZU BEACHTEN:

- Erhebung ausreichend vieler Datensätze
- Akquise einer ausreichenden Anzahl Teilnehmender (einzuplanen: Ausfälle aufgrund von Krankheit, o.ä.)
- Vorhalten der nötigen Technik
- Angemessen viele/lange Erhebungszeiträume
- Veränderung der Rahmenbedingungen während einer Erhebung (Wetter, Baustellen, o.ä.)
- Hoher zeitlicher Aufwand für die Datenerhebung (mehrere Wochen)



Abb. 7: Ausstattung einer Probandin mit einem Messgerät und einem Smartphone, Foto: David Ebener, Neue Osnabrücker Zeitung

2. KONTROLLSTUDIE

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 Proband*innen 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 Verbesse-

rungsmaßnahmen für den Radverkehr konzipiert. Die Stress-Hotspots aus den Freifahrten, die mit der Kontrollstudie verifiziert werden sollten, sind in Abbildung 8 links als „Fixpunkte“ markiert. Die Ergebnisse der Erhebung sind auf der rechten Seite der Abbildung dargestellt.

Für die Kontrollstudie wurden aus den bereits durchgeführten EmoCycling-Erhebungen Probandinnen und Probanden akquiriert. Bei der Auswahl der Probandinnen und Probanden wurde darüber hinaus auch auf eine gleichmäßige Geschlechterverteilung geachtet. Die Messungen fanden an einem Freitagnachmittag statt, sodass ein möglichst gleichmäßiges Verkehrsaufkommen, konstantes Wetter sowie eine ausreichende Helligkeit garantiert werden konnte. Die Teilnehmenden wurden vor Ort erneut mit den Sensoren Empatica E4 und einem Smartphone ausgestattet und über den Verlauf der

Strecke unterrichtet. Anschließend wurden sie in kurzen Abständen auf die ungefähr 30-minütige Strecke geschickt und konnten nach ihrer Rückkehr einen Fragebogen zu ihrem Eindruck von der Stresssituation auf der Strecke ausfüllen. Die genutzten Räumlichkeiten der Stadtverwaltung lagen unmittelbar an der Teststrecke – zeitintensive Zu- und Abwege zur Route konnten auf diese Weise vermieden werden. So konnten an einem Nachmittag durch Einsatz zweier Mitarbeiter*innen 21 Datensätze zur gegebenen Untersuchungsrouten erhoben werden.

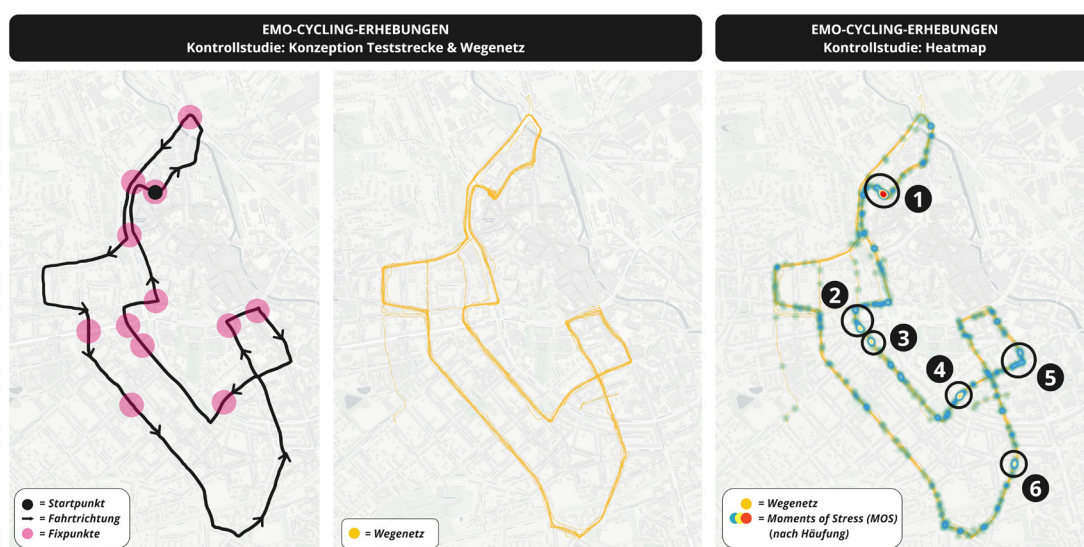


Abb. 8: EmoCycling-Kontrollstudie in Osnabrück: Konzeption der Teststrecke (links) und Heatmap der detektierten Stressmomente mit Markierung auffälliger Bereiche (rechts)

NUTZEN:

- Gut geeignet für Überprüfung konkreter (Problem-) Stellen oder Infrastrukturmaßnahmen
- Relativ konstante Erhebungsbedingungen
- Zusätzliche qualitative Aussagen der Teilnehmenden sind besser vergleichbar
- Geringer zeitlicher Erhebungsaufwand (ein Nachmittag)

ZU BEACHTEN:

- Erhebung ausreichend vieler Datensätze
- Akquise einer ausreichenden Anzahl Teilnehmender (einzuplanen: Ausfälle aufgrund von Krankheit, o.ä.)
- Vorhalten der nötigen Technik (unter Umständen mehr als bei Freifahrten)
- Erhöhter organisatorischer Aufwand zur Durchführung der "komprimierten" Erhebung (Routenplanung, Zeit-, Teilnehmenden- und Technikmanagement)

4.3 AUSWERTUNGSPHASE

1. VON DEN DATEN ZUR KARTE

Während der Erhebung werden die erhobenen biostatistischen Daten lokal auf den für die Aufzeichnung genutzten Smartphones im Format SQLite gespeichert. Die Geräte können nach Abschluss der Erhebungsphase ausgelesen und die Daten weiterverarbeitet werden. Im Rahmen des Forschungsvorhabens hat die Paris Lodron Universität Salzburg einen Algorithmus zur „Übersetzung“ der erhobenen Daten in georeferenzierte Stresspunkte entwickelt. Im Laufe des Vorhabens wurde die Methodik in eine App überführt, welche eine automatisierte Verarbeitung der Rohdaten in Anwendungsdaten (z.B. .shp, .csv, ...) ohne spezielle Vorkenntnisse ermöglicht. Neben dem Download der verarbeiteten Daten zur Nutzung in gängigen Geoinformationssystemen, können diese auch niedrigschwellig in der App visualisiert werden. Die Anwendung wurde auf der Plattform Streamlit veröffentlicht und steht dort über die Projektlaufzeit hinaus zur Nutzung zur Verfügung (<https://mms1068467-ediary-analysis-tools-srcmain-page-tbrcgr.streamlit.app>).

The screenshot shows the main page of the Streamlit application. It features a sidebar with navigation options: 'main page', 'Sensor Measurements (sqlite)', 'Stress Analysis (sqlite)', 'Map Display (sqlite)', and 'Field Study Analysis (zip)'. The 'Stress Analysis (sqlite)' option is selected. The main content area includes sections for 'Display table information' with checkboxes for showing/hiding information in 'Locations Table' and 'Sensordata Table'. Below this is a 'Filtering' section with 'Time-based Filtering' options, including a 'Recording Duration' of 4418 seconds and a progress bar. There are also 'Frequency-based Filtering' options for GSR and ST butterworth filters. The 'Stress Detection' section has two checkboxes: 'MOS Detection - Kyriakou et al. (2019)' (unchecked) and 'MOS Detection - Moser et al. (2023)' (checked).

Select an .sqlite database file generated by the eDiary app to analyze Stress:

Drag and drop your .sqlite file here...

The screenshot shows the file upload interface. It includes a 'Drag and drop file here' area with a 'Browse files' button. Below this, a file named 'Carolina_ESSEM_19_Sofie_2022-09-15T1338.sqlite' (25.1MB) is shown as being uploaded. A blue bar indicates 'Upload .sqlite files'.

Saved file: Carolina_ESSEM_19_Sofie_2022-09-15T1338.sqlite to /mount/src/ediary-analysis-tools/src/pages

Saving file UploadedFile(id=5, name='Carolina_ESSEM_19_Sofie_2022-09-15T1338.sqlite', type='application/octet-stream', size=26304512) to: /mount/src/ediary-analysis-tools/src/pages

Time-filtered Data:

	time_Iso	GSR	ST	TimeNum
37	2022-09-15 13:38:49	0.0087	0.5292	1,663,249,129
38	2022-09-15 13:38:50	0.0075	0.0656	1,663,249,130
39	2022-09-15 13:38:51	0.0091	-0.3793	1,663,249,131

Abb. 9: Quelle: streamlit.org, Screenshot: Maximilian Heinke

2. HOTSPOTIDENTIFIKATION

Die nutzbar gemachten Daten können im Anschluss auf ihre Aussagen zum Stressaufkommen im Untersuchungsgebiet analysiert werden. Im Rahmen einer Hotspotidentifikation werden auffällige Bereiche/Infrastrukturelemente identifiziert.

Sind diese Stellen schon durch qualitative Aussagen (z.B. aus der Stadtgesellschaft, Unfallhäufungsstellen) bekannt, können die Daten zur Begründung oder Priorisierung von Infrastrukturmaßnahmen genutzt werden. Sind die identifizierten Stellen hingegen bisher unbekannt, müssen sie anschließend mit verkehrsplanerischem Sachverstand und/oder Beteiligung der Nutzenden (s.u.) überprüft werden. Diese finalen Problemstellen können anschließend überplant oder in Programme zur Radverkehrsförderung aufgenommen werden. In der kommunalen Praxis können die Daten langfristig in vorhandene Geoinformationssysteme eingebunden werden und so der Öffentlichkeit oder Fachplaner*innen niedrigschwellig für die tägliche Arbeit zur Verfügung gestellt werden. Abbildung 10 stellt eine entsprechende Hotspot Karte für die Stadt Osnabrück, eingebunden in eine Fachanwendung zur Verkehrsplanung, dar.

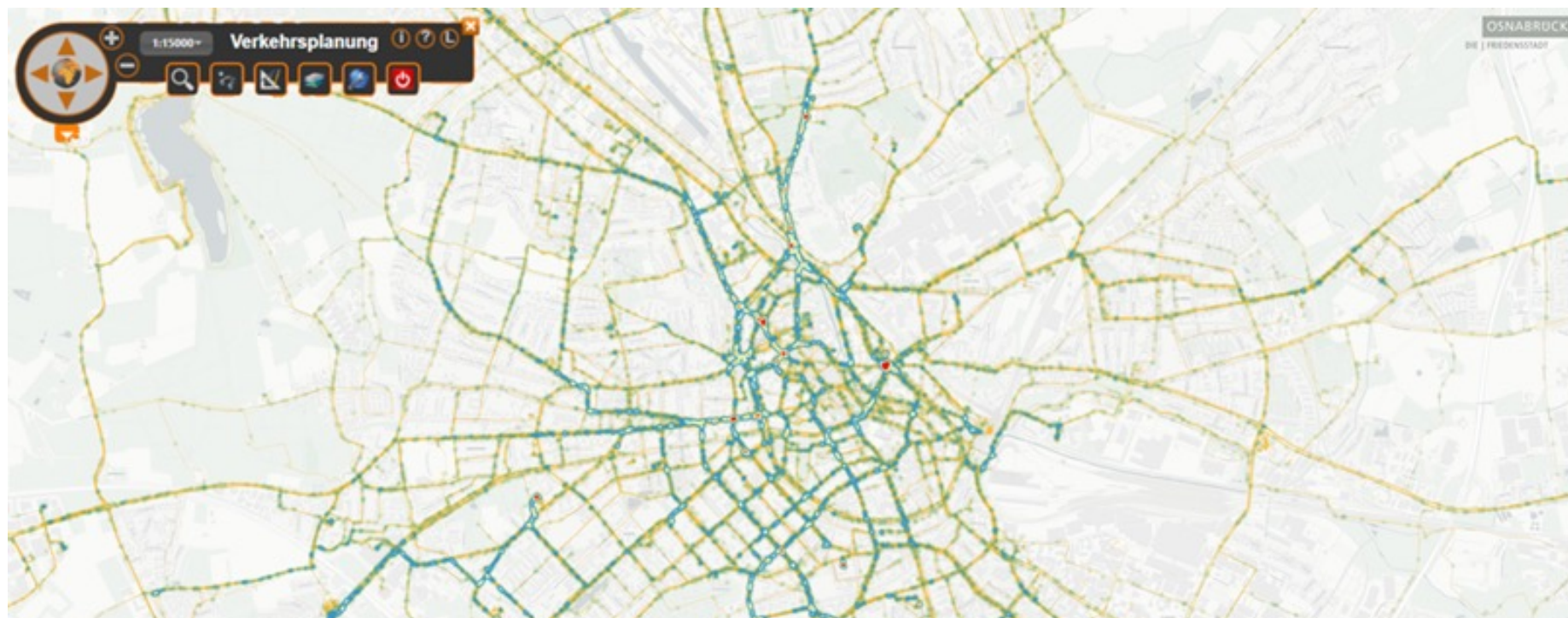


Abb. 10: Hotspot Karte eingebunden in kommunale Gis Anwendung

NUTZEN:

- Ergebnisse können leicht verständlich dargestellt werden
- Vielzählige Anwendungsmöglichkeiten (Verbesserung der Infrastruktur, Anpassung von Routenempfehlungen/-planung, o.ä.)
- Durch Einbindung in GIS ist eine Verschneidung mit anderen Geodaten möglich

ZU BEACHTEN:

- Limitationen der Aussagekraft (z.B. wenige/keine Überfahrten ≠ stressfrei)
- Gewichtung der Stresspunkte
- Aufwändige Aktualisierung
- Für große Untersuchungsräume (ganze Städte) ist flächendeckende/vollständige Erfassung praktisch schwierig umsetzbar

3. WORKSHOPS

Da die Daten beziehungsweise die abgebildeten Stresshäufungen ausschließlich quantitativer Natur sind, bietet es sich eine Ergänzung um qualitative Aussagen an. So können die Erkenntnisse validiert, mögliche Maßnahmen kooperativ erarbeitet und neue Fragestellungen aufgeworfen werden.

Dies kann durch Beteiligung der Proband*innen oder Fachexpert*innen geschehen. Im Sinne eines Citizens Science Ansatzes beziehungsweise der Öffentlichkeitsbeteiligung in der Radverkehrsförderung, bieten die Daten eine gute Diskussionsgrundlage.



Abb. 11: Interaktiver Workshop mit Studienteilnehmenden im Büro Mobile Zukunft der Stadt Osnabrück

NUTZEN:

- Hohe Akzeptanz durch die Teilnehmenden
- Koproductive Ergebnisverwertung
- Ergänzung der Erhebungsdaten durch qualitative Daten
- Möglichkeit zur Optimierung der Erhebung auf Grundlage der Erfahrung der Teilnehmenden

ZU BEACHTEN:

- Organisatorischer Aufwand
- Komplexität der Auswertung und Ergebniskommunikation steigt

4. VORHER-NACHHER-VERGLEICH MASSNAHMEN STADT OSNABRÜCK

Neben der Möglichkeit, die erhobenen Daten zur flächendeckenden Hotspot-Analyse zu nutzen, können insbesondere durch die Erhebung entlang festgelegter Routen auch Infrastrukturmaßnahmen auf ihre Wirksamkeit überprüft werden. Abbildung 12 veranschaulicht eine solche Validierung an einem Beispiel aus der Erhebungstadt Osnabrück. Hier führt die Entfernung von Parkständen zwischen Fahrstreifen und Radfahrstreifen sowie der Einsatz von physischen Trennelementen zu einer erkennbaren Stressreduktion.

Hierzu ist jeweils eine Erhebung vor und eine Erhebung nach der baulichen Maßnahme notwendig. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Umwelteinflüsse (Verkehrsaufkommen, Jahreszeit, ...) während beider Untersuchungszeitpunkte möglichst vergleichbar sind und die Teilnehmenden bereits an die neue Verkehrsführung/-regelungen gewöhnt sind.



Abb. 12: Vorher - Nachher Vergleich einer niedrighschwelligen Maßnahme zur Verbesserung der Radverkehrsanlage am Osnabrücker Goethering

NUTZEN:

- Wirkung infrastruktureller Maßnahmen kann mess-/darstellbar gemacht werden
- Zu überprüfende Maßnahmen können Grundlage für Auswahl von Erhebungsdesign und möglicher Routenplanung sein

ZU BEACHTEN:

- Mindestens zwei Erhebungen notwendig
- Erhebungen müssen möglichst vergleichbar (Methodik, Rahmenbedingungen) sein

4.4 ZUSAMMENFASSUNG & LESSONS LEARNED

Von der untersuchten Methodik zur (systematischen) Erfassung von Stress im städtischen Radverkehr können sowohl die verkehrsplanerische Forschung als auch die unmittelbar Planenden profitieren. Die verschiedenen Ansätze zur praktischen Nutzung bieten schon heute eine Möglichkeit zur Veranschaulichung subjektiver Empfindungen im Radverkehr - weitere Entwicklungen, wie die im Projekt prototypisch entwickelten Ansätze für ein emotionsbasiertes Radrouting, sprechen darüber hinaus für die künftige Relevanz jener Daten für die Innovationsförderung. Je nach Anwendungsfall sind für die

Durchführung der Datenerhebung unterschiedliche Ressourcenaufwände erforderlich. In jedem Fall muss für die Vorbereitung (Konzeption, Kommunikation, Organisation), die Durchführung (Betreuung der Teilnehmenden und Technik) und die Nachbereitung (Datenmanagement, -auswertung, -verwertung) der Erhebungen möglichst ortskundiges Personal eingeplant werden. Durch die im Projekt entwickelte App zur Datenauswertung sind spezielle Kenntnisse auf dem Gebiet der Datenverarbeitung nicht länger notwendig. Für die Verwertung der Daten sind hingegen weiterhin Fachkenntnisse im

Bereich von Geoinformationssystem beziehungsweise der Interpretation georeferenzierter Daten notwendig. Problematisch für die niedrighschwellige Anwendung in der Praxis ist zum heutigen Zeitpunkt, die benötigte technische Ausrüstung. Die Nutzung der im Projekt verwendeten Sensoren und Smartphones ist mit nicht vernachlässigbaren Kosten verbunden. So mittelfristig keine finanziellen und personellen Ressourcen für die wiederholte Nutzung der Geräte vorgehalten werden kann, bietet sich für die (kommunale) Verkehrsplanung eine Kooperation mit Hochschulen an, die über die entsprechende techni-

sche und wissenschaftliche Ausrüstung verfügen. Durch die anhaltende Weiterentwicklung von kommerziellen Wearables könnten sich durch weitere Forschungsvorhaben niedrighschwelligere Möglichkeiten zur Erhebung mittels des Emotion-Sensing Ansatzes ergeben.

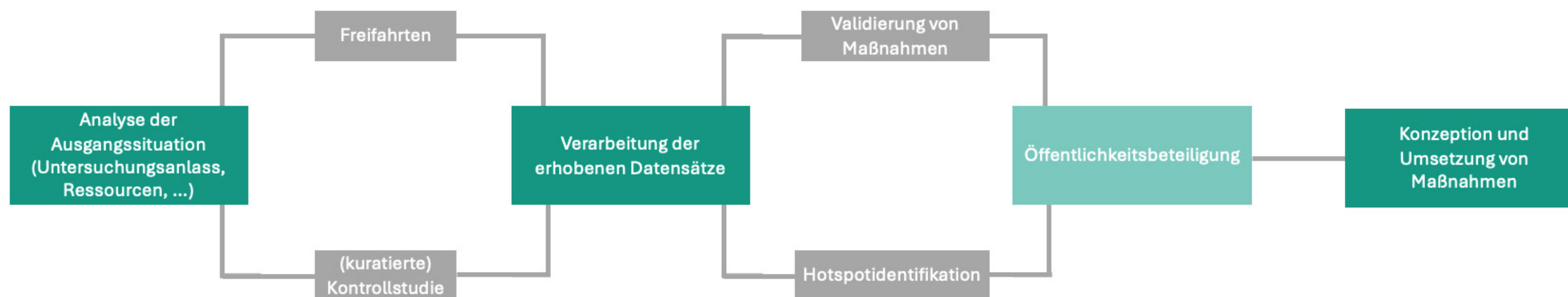


Abb. 13: Darstellung der mögliche Schritte für verkehrsplanerische Emotion-Sensing Erhebungen und deren anschließenden Auswertung

IMPRESSUM

Universität Stuttgart
Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement - IAT

Keplerstraße 7
70174 Stuttgart

In Zusammenarbeit mit
Stadt Osnabrück
Karlsruher Institut für Technologie
- Fachgebiet Stadtquartiersplanung,
Paris-Lodron Universität Salzburg
Outdooractive AG

Forschungsprojekt
ESSEM
01/2022 - 12/2024

Stuttgart, den 20.12.2024

