

Mobilitätskomfort und Sicherheits- empfinden für die urbane Verkehrswende

Radfahren, Produkte und Services im Fokus

Radfahren, Zufußgehen, Planung, digitale Werkzeuge, Partizipation, Simulation

Céline Schmidt-Hamburger, Nina Haug, Nicolaj Motzer, David Agola, Martin Moser, Maximilian Heinke, Bernd Resch, Peter Zeile

*Das persönliche Sicherheitsempfinden und erwarteter Komfortverlust sind für viele potenziell am Radfahren interessierte Bürger*innen oftmals Hinderungsgründe sich aktiv für das Fahrrad, das Pedelec oder sogar für das Zufußgehen zu entscheiden. Zusätzlich spielen die mangelhafte Beschaffenheit von Radinfrastrukturen und diverse äußere Einflüsse (zum Beispiel: Wetter, Luftqualität) einen wichtigen Trumpf aus gegen die Wahl des Umweltverbundes und somit in die Karten der MIV-Nutzung. Für die Betrachtung dieser subjektiven Hemmnisse beim Umstieg auf das Rad spielt eine ganzheitliche Analyse von Einflussfaktoren auf das Sicherheitsempfinden und den Mobilitätskomfort der Radfahrenden eine immer wichtigere Rolle. Für die Untersuchung dieser hemmenden Faktoren bedarf es neuer, datengestützter Ansätze. In diesem Kontext können biostatistische Daten zur Wahrnehmung und kognitiven Aktivierung („Emotionswahrnehmung“) von Radfahrenden dabei helfen, Produkt- und Servicedemonstratoren zu entwickeln, Radinfrastrukturen und Verkehrsmanagementsysteme besser zu verstehen und schlussendlich einen wichtigen Baustein zur Steigerung von Sicherheit und Komfort der Radfahrenden darstellen. Diese Ansätze untersucht das vom BMDV im mFUND geförderte Projekt „Emotionswahrnehmung für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort“, ESSEM. Anhand der Beispieldommune Osnabrück erläutert der Artikel verschiedene Bausteine, wie mithilfe von Stressmessungen neue Einsichten zum Sicherheitsempfinden erzeugt werden können.*



Bild1: Alle Fahrten (orange) aus der zweimonatigen Erhebungsphase mit 60 Teilnehmenden in der Stadt Osnabrück. Die Teilnehmenden sammelten 1,5 Mio. Wegpunkte pro Sekunde, was einer Fahrzeit von knapp 417 Stunden entspricht. Erste Visualisierung von Stresshotspots mit KDE auf städtischer Ebene sind möglich. © KIT | ESSEM



Bild 2:
Hauptroutennetz
der Radfahren-
den auf der
linken Seite sowie
bevorzugte (grün)
und gemiedene
Routen (rot) in
Osnabrück.
© Bike Citizens

Biostatistische Stresserkennung „Emocycling“

Ein zentraler Baustein zur objektiven Einschätzung des subjektiven Sicherheitsempfindens von Personen ist die Nutzung von biostatistischen Daten. Die Anwendbarkeit ist niederschwellig, personenzentriert und zielgruppenübergreifend. Proband*innen erkunden ihre Stadt zu Fuß oder mit dem Fahrrad und sind dabei mit Sensoren ausgestattet, die die Hautleitfähigkeit, Hauttemperatur, Geoposition und Distanzen zu Objekten aufzeichnen.

Das Muster einer sogenannten „Stresssituation“ im Stadtraum ist dabei eindeutig in der Auswertung der biostatistischen Werte zu erkennen. Ein zuverlässiger Indikator ist in diesem Kontext der Anstieg von Hautleitfähigkeit und einem unmittelbar darauf folgenden Abfall der Hauttemperatur. Zur schnelleren und verständlicheren Kommunikation der Messergebnisse können sogenannte Kerndichteschätzungen (KDE) durchgeführt werden. Umgangssprachlich wird dieses Verfahren oftmals auch als „Heatmap“ bezeichnet. Solche Dichtekarten können für einzelne oder alle Proband*innen, beziehungsweise auch selektiv für bestimmte Personengruppen erzeugt werden. Sie visualisieren Stresspunkte an einer bestimmten Position innerhalb der Stadt (Bild 1). Darüber hinaus dienen diese Karten auch als Indikator für eine Fokusuntersuchung: Ist der Stress „infrastrukturbedingt“, so dass planerisch interveniert werden muss? Sind die vorherrschenden Verkehrsströme vor Ort verantwortlich für die gemessenen Stressreaktionen?

Ablauf Datenerhebungen in Osnabrück

Die Datenerhebungen von ESSEM finden im Projekt in den beiden Städten Osnabrück und Ludwigsburg statt. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der

ersten Phase in Osnabrück vorgestellt, die im September 2022 durchgeführt wurde. In einer Vorlaufphase wurden dabei zunächst über den damaligen Projektpartner Bike Citizens Nutzende der gleichnamigen App als Teilnehmende akquiriert. Mithilfe deren Analysetool gelang es, erste Einblicke über die genutzten Wege der Radfahrenden innerhalb der Stadt, Geschwindigkeiten sowie bevorzugte und gemiedene Strecken zu gewinnen (Bild 2). Nach einer Registrierung als Teilnehmer*in am Projekt konnten auf diese Weise von rund 350 Personen Daten gesammelt werden.

Aus diesem Pool wurden dann für die nachfolgende erste Erhebungsphase 30 Radfahrende ausgewählt, die jeweils zwei Wochen, während ihrer täglichen Wege geolokalisiert ihre Hautleitfähigkeit und Hauttemperatur zur Stress-Erkennung aufzeichneten. Begleitend dazu füllten die Teilnehmenden einen standardisierten Fragebogen aus, um dem Projekt parallel erste Erkenntnisse über die Stressexposition verschiedener Radfahrtypen zu gewähren.

Anhand der Stresskarte (Bild 3) werden beispielhaft drei interessante Orte mit verschiedenen Radführungsformen an Hauptverkehrsstraßen vorgestellt und es wird der Frage nachgegangen, ob es Korrelationen zwischen Stressniveaus und bestimmten Designlösungen gibt.

Abstand zu anderen Verkehrsteilnehmenden gleich Sicherheit?

Eine Frage, die bei der Diskussion um den Komfort beim Radfahren immer wieder auftaucht, ist die Frage nach den Abständen zu anderen Verkehrsteilnehmenden. Aber ist ein größerer Abstand auch wirklich immer „stressfreier“? Um dieser

Fragestellung nachzugehen, wurden drei Bereiche an Hauptverkehrsstraßen in Osnabrück exemplarisch ausgewählt (Bild 3 und Bild 4), die sich durch ihre Gestaltungslösungen stark unterscheiden. Eine detailliertere Ausführung ist bei *Schmidt-Hamburger et al. [1]* zu finden.

Zum einen ist das der Berliner Platz als zentraler Knoten an einer Ringstruktur, der durch eine extrem hohe KFZ-Belastung (Abendspitze mit 3 633 KFZ/h und 345 Fahrrädern/h), enge Radfahrstreifen (teilweise unter 1,5 m) und einer Vielzahl von Busspuren sowie einem hohen Fußgängeraufkommen gekennzeichnet ist.

die subjektive Sicherheit und die allgemeine Qualität des Radverkehrs insbesondere an Kreuzungen zu überdenken.

Ähnlich gestaltet und räumlich vergleichbar war in der Vergangenheit die Situation an der Kreuzung Lotter Straße/ Natruper Wall. Durch die Umwandlung einer Abbiegespur in eine ausgewiesene und geschützte Fahrspur für den Radverkehr sind hier jedoch deutlich weniger Stresspunkte gemessen worden. Leider liefert die Messkampagne hier keine Daten vor der Umgestaltung, die MOS-Analyse zeigt allerdings einige Anzeichen für eine Verbesserung des Belastungsniveaus im Vergleich zum Berliner

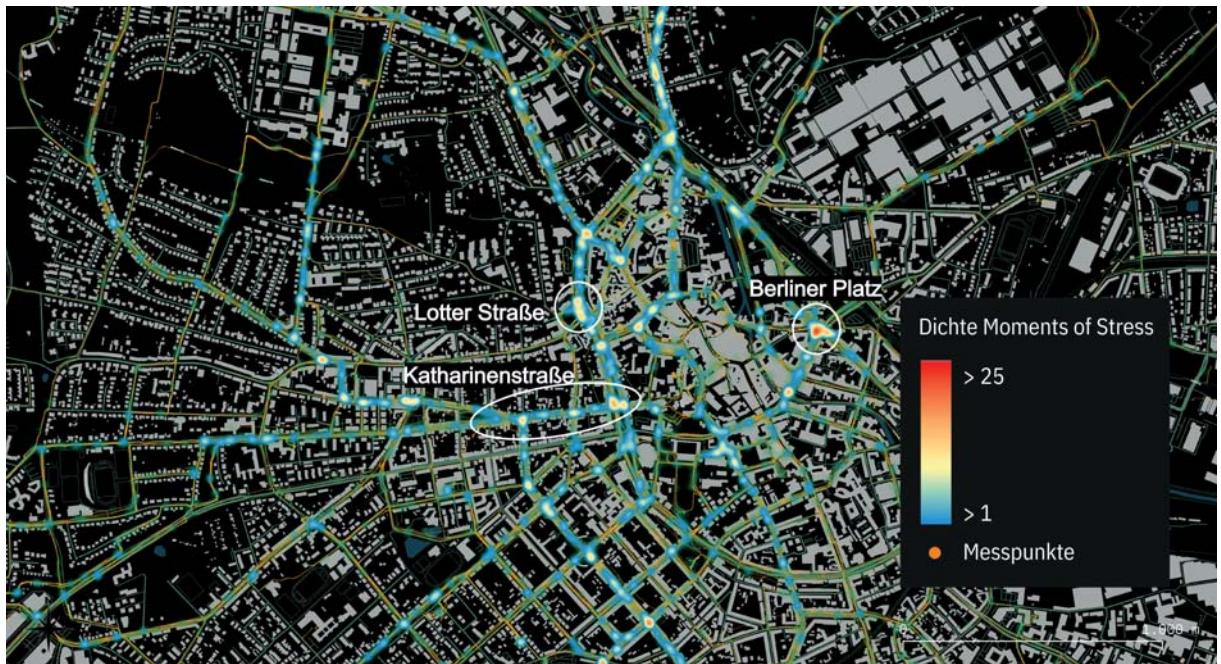


Bild 3:
Fokusbereiche auf
der Heatmap von
Osnabrück.
© KIT | ESSEM

Demgegenüber steht die Katharinenstraße als „Fahrradstraße“ mit Mischverkehr. Sie beginnt im Westen und endet am Innenstadtring. Die Innenstadt ist über eine Ampelschaltung erreichbar. Da diese Route von Radfahrenden gut angenommen ist, ist sowohl das Überholen in Spitzenzeiten als auch das Linksabbiegen nicht unproblematisch.

Als ein Beispiel für einen temporären Umbau aufgrund von hohem Verkehrsaufkommen und mangelnder objektiver Sicherheit ist der Bereich Lotter Straße /Natruper Wall zu nennen. Der Radweg wurde hier an den Fahrbahnrand verlegt und ist nun geschützt.

Der „Berliner Platz“ lässt sich als Standardbeispiel für die Gestaltung vieler großer Kreuzungen in deutschen Städten identifizieren. In der Vergangenheit wurden vielfach Gestaltungsentscheidungen durch Richtlinien wie die „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen“ RAST standardisiert. Die Dichte der Moments of Stress (MOS) in diesem Bereich legt nahe, die Entwurfsentscheidungen im Hinblick auf

Platz, was auf die Umgestaltung des nördlichen Abschnitts der Kreuzung zurückzuführen sein könnte.

Die Katharinenstraße zeigt recht interessante und aufschlussreiche Ergebnisse. Die Straße wurde zu einer Fahrradstraße umgestaltet, die zwar weiterhin den motorisierten Verkehr zulässt, aber dem Radverkehr Vorrang einräumt. Die in der Kampagne aufgenommenen Daten suggerieren, dass die Katharinenstraße auf verschiedenen Routen, die von Osten nach Westen führen, gut angenommen wird. Gleichzeitig herrschen hier trotzdem höhere Stresswerte vor. Ursächlich hierfür könnten die große Anzahl von PKW-Parkplätzen mit 45 °-Winkel, sowie die zahlreichen Einmündungen in Nord-Süd-Richtung sein.

Bei der Ursachenforschung, wer warum „Stress“ empfindet, werden die Teilnehmenden in einem weiteren Schritt in Radfahrttypen unterteilt und anschließend untersucht, inwieweit diesbezüglich Unterschiede in der Wahrnehmung der subjektiven Sicherheit identifiziert werden können.

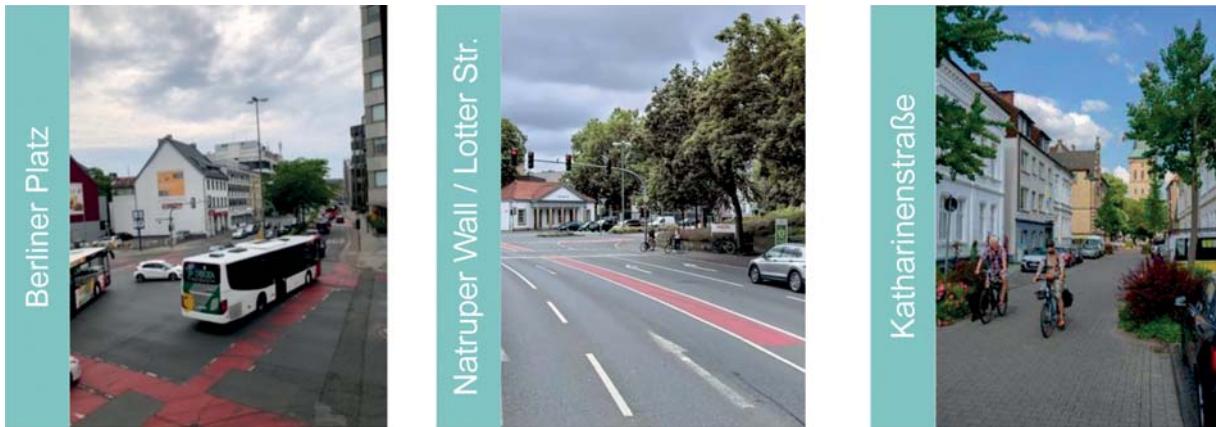


Bild 4:
Ansichten mit
Fahrradinfra-
struktur der
verschiedenen
Fokusbereiche.
© Heinke | ESSEM

Fragebögen – Beteiligte Radfahrtypen

Verschiedene persönliche Dispositionen diversifizieren den EmoCycling-Ansatz. So gibt es beispielsweise Unterschiede bei Personen, die in der Regel wenig Fahrrad fahren, beim Geschlecht, dem Reisezweck, dem Alter und der psychischen Konstitution der Personen bei der Bewertung von Stressoren [2]. Darüber hinaus ergeben sich aus biopsychologischer Sicht Hinweise darauf, dass genetische oder psychische Prädispositionen Stressreaktionen verstärken oder abschwächen können. In diesem Zusammenhang sind vor allem die Faktoren Persönlichkeit, Kontrollüberzeugungen und Risikotoleranz maßgebend [3, 4]. Diese Daten werden mittels standardisierter Fragebögen vor den Sensormessungen erhoben und in die Auswertung einbezogen. Dadurch sollen besonders gefährdete Gruppen in Bezug auf Stress identifiziert werden, um Erkenntnisse über Barrieren zur Gleichstellung von Radfahrenden zu gewinnen. Weitere Erkenntnisse können aus der Zunahme des Radfahrverhaltens gewonnen werden. Nach Geller [5] lassen sich Radfahrende in vier Gruppen einteilen: „die Starken und Furchtlosen“, „die Begeisterten und Souveränen“, „die Interessierten, aber Besorgten“ und „keine Chance, ganz egal wie“ [5]. Ein Überblick über die Merkmale

ist in **Tabelle 1** zu finden. Die Übergänge zwischen den Gruppen sind dynamisch zu betrachten. Auf diese Erkenntnisse aufbauend, zeigt **Tabelle 2** eine deskriptive Auswertung der Stichprobe von 26 Radfahrenden aus dem ersten Erhebungszeitraum 2022 in Osnabrück. Eine detailliertere Ausführung ist bei *Haug et al. [6]* und *Schmidt- Hamburger et al. [1]* zu finden.

Die Stressreaktionen der Radfahrtypen werden daraufhin in einem weiteren Schritt räumlich verortet, um festzustellen, ob es hier Unterschiede gibt, auf die gegebenenfalls auch planerisch eingegangen werden kann. Weiter dient dieser methodische Ablauf der Beantwortung der Fragestellung, ob mithilfe von Emotionsmessungen und Fragebögen auch Produkte evaluiert werden können, die die subjektive Sicherheit beim Radfahren erhöhen können.

Produktevaluation

Viel hilft viel – oder auch nicht? Die Auswahl an Radfahr-Equipment ist nahezu unendlich. Doch inwieweit unterstützen unterschiedliche Produkte das Sicherheitsempfinden von Radfahrenden tatsächlich? Dieser Frage wird im Rahmen einer Experimentalstudie innerhalb von ESSEM nachgegangen, bei der Radfahrende unter konstanten Rahmenbedingungen unterschiedliche „sicherheitsfördernde“

Tabelle 1:
Radfahrtypen
nach Geller [5].

Gruppe	Die Starken und Furchtlosen (Furchtlose Radfahrende)	Die Begeisterten und Souveränen (Alltagsradfahrende)	Die Interessierten aber Besorgten (Interessierte)	Keine Chance, ganz egal wie!
Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> ▪ stetige Radnutzung ▪ sicher und souverän 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ tägliche Nutzung ▪ souverän, mittleres Sicherheitsbedürfnis 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ unregelmäßige Nutzung ▪ besorgt um Sicherheit ▪ aufgeschlossen bzgl. Radfahren 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ keine Radnutzung
Fahrkönnen	tadellos	selbstbewusst, teilweise defensiv wegen Sicherheit	wenig souverän	schlechte Kontrolle über das Fahrrad, kaum Fahrpraxis
Stresstoleranz	hoch	mittel	niedrig	sehr niedrig

Variable/ Beschreibung	N _{Teilnehmende} = 26 (in %)	N _{MOS} = 11996 (in %)
Alter (> 45)	54	61
Geschlecht (weiblich)	46	46
Bildungsniveau, hoch	42	
Radfahrtypen		
Keine Chance, ganz egal wie!	0	0
Interessierte	27	22
Alltagsradfahrende	70	68
furchtlose Radfahrende	3	10
Antriebsart		
Muskelkraft	60	
Elektrisch	40	
Meist genutzte Rad-Typen		
Trekking Bike	42	
City Bike	31	
Auswertung Radverkehrsinfrastruktur Osnabrück		
sehr gut, gut	0	
befriedigend	12	
ausreichend	42	
mangelhaft	31	
ungenügend	15	
Big Five Persönlichkeit		
Extraversion (über Durchschnitt)	54	52
Neurotizismus (über Durchschnitt)	69	75
Offenheit (über Durchschnitt)	65	68
Gewissenhaftigkeit (unter Durchschnitt)	73	77
Verträglichkeit (unter Durchschnitt)	58	59
Kontrollüberzeugung		
Internal (unter Durchschnitt)	62	54
External (unter Durchschnitt)	81	54
Risikoaffine	62	59
Statistische Kennzahlen		
MW = 461 MOS; Median = 443 MOS		

Tabelle 2:
Exemplarische
Auswertung der
Stressmomente
nach Radfahrtypen sowie
weiteren Merkmalen.

Produkte einzeln oder in Kombination tragen. Die Erhebung biostatistischer Daten ermöglicht dabei die Erfassung des objektiv empfundenen Stresses, wohingegen nachfolgende Kurzbefragungen der Proband*innen Informationen zum subjektiven Sicherheitsempfinden liefern. Mittels statistischer Auswertungsverfahren lassen sich zum einen Informationen über die Kongruenz zwischen subjektivem und objektivem Sicherheitsempfinden gewinnen. Zum anderen kann so der grundsätzliche Beitrag sicherheitsfördernder Radfahrprodukte, aber auch deren spezifischen Kombinationen identifiziert werden. Eine Analyse erfolgt zudem nach diversen Nutzengruppen, zum Beispiel segmentiert nach

soziodemografischen Kriterien, aber auch solchen zum Mobilitätsverhalten und zu Persönlichkeitsmerkmalen. Dies erlaubt die Ableitung zielgruppenspezifischer Ergebnisse. Bei den ausgewählten Produkten handelt es sich um die folgenden: Radar mit Dashcam und Rücklicht, Überholabstandsmesser, Protektor-Rucksack, Sturzhelmsensor. Diese Produkte sind weniger als „Standard“-Sicherheitsprodukte, wie beispielsweise Helm oder Licht, zu charakterisieren, sondern vielmehr als Zusatzprodukte, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten beim Radfahren zu mehr Sicherheit beitragen sollen. Die Studie wird Anfang 2024 am Fraunhofer IAO in Stuttgart durchgeführt, mit den Ergebnissen kann gegen Mitte bis Ende des Jahres gerechnet werden.

Fazit

Die präsentierten Bausteine innerhalb des ESSEM-Projektes zeigen einmal mehr auf, dass die Messung von Emotionen sowohl für die Planung als auch für die Produktevaluation sehr große Potenziale und Chancen mit sich bringt. Was aber auch klar wurde ist, dass die Ergebnisse nicht immer eindeutig sind. Dies liegt zum einen an dem immer noch jungen Forschungsansatz und zum anderen an den sich im städtischen Kontext immer schneller wechselnden Rahmenbedingungen: Faktoren, wie zum Beispiel das Wetter mit Wind und Regen, oder aber auch die Verkehrsichte, sind stark veränderlich und tages-, beziehungsweise jahreszeitenabhängig. Labor-Bedingungen sind in der Realität schwer herzustellen. Durch die räumlich gut darzustellenden Ergebnisse werden zudem schnell Diskussionen über die Messbarkeit subjektiver Eindrücke angestoßen. Dies kann helfen, das Verständnis über die Ängste von Verkehrsteilnehmenden besser zu verstehen, und schließlich einen wichtigen Baustein zur aktiven Gestaltung der Verkehrswende beisteuern.

LITERATUR

- [1] Schmidt-Hamburger, C., Haug, N., Eltner, T., Zeile, P.: Urban Stress and Bicycle Infrastructure in the City of Osnabrück. Analysing well-being and infrastructure relationships in streetscapes through a triangulation approach. In: Schrenk, M., v. Popovich, V., Zeile, P., Elisei, P., Beyer, C., Ryser, J., Kaufmann, H. R. (Eds.): REAL CORP 2023 Proceedings/Tagungsband, (2023). CORP – Competence Center of Urban and Regional Planning. https://archive.corp.at/cdrom2023/papers2023/CORP2023_88.pdf
- [2] Schmidt-Hamburger, C., Zeile, P., Herbeck, J.: Stressstest Fußverkehr: Eine experimentelle Studie zur Messung des Stressempfindens Zufußgehender am Marienplatz in Stuttgart. In: Schrenk, M., v. Popovich, V., Zeile, P., Elisei, P., Beyer, C., Ryser, J., Kaufmann, H. R. (Eds.): REAL CORP 2022: Mobility, knowledge and innovation hubs in urban and regional development (2022)

- pp. 701 – 711). CORP – Competence Center of Urban and Regional Planning. <https://doi.org/10.48494/RE-ALCORP2022.0030>
- [3] *Schandry, R.*: Biologische Psychologie. Beltz, (2011).
- [4] *Kovaleva, A., Beierlein, C., Kemper, C. J., Rammstedt, B.*: Eine Kurzskala zur Messung von Kontrollüberzeugung: Die Skala Internale-Externale-Kontrollüberzeugung-4 (IE-4). GESIS Working Paper, (2012).
- [5] *Geller, R.*: Four Types of Cyclists. Portland Bureau of Transportation, Portland, Oregon, (2009).
- [6] *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*, Vol. 01, (2023) – Issue 01, Taylor & Francis Open Access. <http://doi.org/10.1080/21650020.2023.2267636>