

Emotionswahrnehmung für Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort

Analyse von humansensorischen Messungen und Korrelation mit Umgebungsparametern

Emotion Sensing for Bicycle Safety and Mobility Comfort

Analysis of Human Sensor Measurements and Correlations with Contextual Parameters

Nicolaj Motzer¹, Peter Zeile², Bernd Resch³, Nina Haug², Céline Schmidt-Hamburger², Martin Moser³, Frank Otte⁵, Maximilian Heinke⁵, Carolina Mazza⁶, Mira Kern¹, Peter Klein⁷

¹Universität Stuttgart · nicolaj.motzer@iat.uni-stuttgart.de

²Karlsruher Institut für Technologie KIT

³Universität Salzburg

⁴Harvard University, Cambridge

⁵Stadt Osnabrück

⁶Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V. (ADFC), Berlin

⁷User Interface Design GmbH, Ludwigsburg

Zusammenfassung: Wie sicher sich Menschen beim Radfahren fühlen, hat einen Einfluss darauf, ob sie sich dafür entscheiden, das Fahrrad zu nutzen. Dabei existieren eine Reihe von Faktoren, die das Sicherheitsempfinden beeinflussen. Neben externen Einflüssen sind es fehlende oder schlechte Radverkehrsanlagen, die entweder zu wenig Platz oder Schutz bieten. Im Rahmen des Forschungsprojektes ESSEM, gefördert vom Ministerium für Digitalisierung und Verkehr, wird ein innovativer Forschungsansatz realisiert, bei dem mithilfe von erhebender Daten das Stresslevel von Fahrradfahrer:innen quantifiziert wird. Die Datengrundlage bietet weitreichende Potenziale, um Implikationen für die Radinfrastrukturoptimierung, aber auch Produktentwicklung und -evaluation zu ermitteln.

Schlüsselwörter: Emotionswahrnehmung, Humansensorik, Fahrradsicherheit

Abstract: *When cycling, peoples safety perception influence whether they decide to use a bicycle. There are several factors that influence the perception of safety. Besides external factors, these include a lack of or poor cycling facilities that either offer too little space or protection. To quantify the perceived stress level while cycling, the research project ESSEM, funded by the Federal Ministry for Digital and Transport, starts with the collection of biostatistical data within an innovative approach. The data base offers potentials to determine implications for the optimization of cycling infrastructure, but also for product development and evaluation.*

Keywords: *Emotion sensing, human sensing, bicycle safety*

1 Motivation

Fahrradmobilität erfährt eine steigende Relevanz im Mobilitätssystem und hat u. a. durch die Corona-Pandemie zusätzlich an Bedeutung gewonnen. Dies spiegelt auch die Entwicklung des Modal Splits im deutschen Personenverkehr wider: 2021 erreichte das Fahrrad als Haupt-

verkehrsmittel einen Höchstwert (KIT, 2021). Als Alternative zum motorisierten Individualverkehr (MIV) und als Ergänzung zum öffentlichen Personennahverkehr entlastet das Fahrrad die Umwelt und kann die Gesundheit fördern (BMDV, 2022). Die Schattenseite des gesellschaftlichen Trends zeigen Unfallstatistiken: Die Zahl verunglückter Radfahrer:innen ist im Jahr 2019 gegenüber dem Jahr 2010 um ca. 33 % gestiegen. Der MIV ist hierbei der häufigste Unfallgegner (Statistisches Bundesamt, 2022). Auch das subjektive Sicherheitsempfinden, der Zustand von Straßeninfrastruktur und witterungsbedingte Einflüsse wirken hemmend auf Verlagerungspotenziale zugunsten des Fahrrades.

Im Projekt ESSEM werden in Ludwigsburg und Osnabrück Wechselbeziehungen zwischen Mensch, Umwelt und Fahrrad untersucht. Dies geschieht durch die Erhebung, Verschneidung und Auswertung differenzierter Datenquellen. Die Ergebnisse fließen in die kommunale Radverkehrsplanung sowie in die Entwicklung radbezogener Produkte ein. Die Basis des Projekts bilden Erhebungen biostatistischer Daten, sog. Emotion-Sensing-Daten, während der Radnutzung. Mittels dieser können Stresspunkte identifiziert sowie zeitlich und räumlich verortet werden. Auf diese Weise wird u. a. die Identifikation von Gefahrenstellen in der Radinfrastruktur ermöglicht, wodurch gezielt Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden können.

2 Stand der Forschung

Die digitale „räumlich-emotionale“ Kopplung in Stadtanalysen wurde 2009 von Nold als „emotionale Kartografie“ entwickelt. Durch das objektive Messen und gleichzeitige Verorten physiologischer Körperreaktionen entstand dadurch eine neue Art der Psychogeografie. Wesentlicher Bestandteil war dabei ein eigens entwickeltes „Bio Mapping“-Gerät, das die elektrodermale Aktivität (EDA) misst. Mit einem Global Navigation Satellite System (GNSS) werden aufgezeichnete Positionsdaten gespeichert und als Karte visualisiert (Nold 2009). Da Silva et al. (2013) kombinierten Wearables mit Kameras, um die Stresszustände von Fußgänger:innen zu untersuchen. Andere Arbeiten in diesem Kontext existieren bspw. von Layeb & Hussein (2016), die eine eigene Stress-Identifikations-Software entwickeln. Zeile et al. (2016) enthüllten die häufigsten Auslöser für Stressreaktionen für Radfahrer:innen mithilfe einer Kombination aus Wearables, Kameras und einer Smartphone-basierten Anwendung.

Durch Mixed-Method-Ansätze werden zuverlässigere und umfassendere Ergebnisse als singular angewandte Messtechniken geliefert, da sich die verwendeten Methoden gegenseitig ergänzen und ihre jeweiligen Mängel teilweise abmildern können (Resch et al., 2020). Beispiele hierfür sind die elektrodermale Aktivität (EDA) mit einer kurzzeitigen Veränderung der Hautleitfähigkeitsreaktion (Skin Conductance Response – SCR) und Hauttemperatur ST (Kyriakou & Resch et al., 2019) sowie die Herzratenvariabilität (HRV) (Jähne-Raden et al., 2017), kombiniert mit quantitativen und qualitativen Ergebnissen aus georeferenzierten Befragungen. Allgemein sind im Kontext Radverkehr und Stress verschiedene Indices, wie z. B. „Level of Traffic Stress“ (Mekuria et al., 2012), konzeptionelle Anbindungen der Wegbeschaffenheit über die Messung von Erschütterungswerten (Nuñez et al., 2018) sowie Routing-Optionen (Steiger et al., 2016), vorhanden. Eine zentrale Plattform und eine Schnittstelle für alle Methoden in diesem Kontext existierten momentan nicht.

3 Stand der Forschung

3.1 Forschungsfragen

Ziel der gegenständlichen Forschungsarbeit ist die differenzierte Untersuchung thematischer Säulen. Die Basis hierfür bilden Erhebungen von Emotion-Sensing-Daten. Konkret werden folgende Forschungsfragen adressiert:

1. *Welche Faktoren beeinflussen die empfundene Sicherheit von Radfahrer:innen?* Hierbei sollen Faktoren, wie z. B. Wetter, Infrastruktur, Fahrradausstattung sowie Persönlichkeitsmerkmale und deren Einflussgrößen auf das Sicherheitsempfinden, untersucht werden.
2. *Welche Anforderungen bestehen an die städtische Radinfrastruktur und das umweltsensitive Verkehrsmanagement (UVM) hinsichtlich der Sicherheit von Radfahrer:innen?* Dazu sollen Gefahrenstellen identifiziert und die Auswirkungen durch veränderte Rahmenbedingungen, wie z. B. Straßenführung, untersucht werden.
3. *Welche Anforderungen ergeben sich für die Produkt- und Serviceentwicklung hinsichtlich des Sicherheitsempfindens von Radfahrer:innen?* Hierbei soll untersucht werden, inwieweit sicherheitsfördernde Produkte und Services, wie z. B. eine spezifische Navigationsfunktion, entwickelt werden können, die einen Beitrag für ein höheres Sicherheitsempfinden leisten. Zudem soll der Einfluss sicherheitsfördernder Produkte hinsichtlich des Sicherheitsempfindens identifiziert werden.

3.2 Ziele

Innerhalb des Forschungsprojekts sind drei wesentliche Zieldimensionen definiert und werden methodisch bearbeitet.

1. *Identifikation von Stresspunkten in der Radinfrastruktur sowie Handlungsempfehlungen zur Optimierung und Übertragbarkeit auf das UVM.* Mittels der erhobenen Emotion-Sensing-Daten wird durch die Identifikation von Gefahrenstellen in der Fahrradinfrastruktur ein wesentlicher Beitrag zur Bekämpfung von Verkehrsunfällen mit Fahrradbeteiligung geleistet. Ziel ist die Ableitung von Empfehlungen zu Anpassungen der Radinfrastruktur in den Modellkommunen.
2. *Weiterentwicklung eines Algorithmus zur Erkennung von Stressmomenten.* Die Erforschung und Weiterentwicklung eines hochgenauen Algorithmus für die zuverlässige Erkennung von Stressmomenten in physiologischen Messungen durch EDA, HRV und ST ist als weiteres Ziel definiert. Darüber hinaus sollen räumliche und zeitliche Korrelationen von Stressmomenten mit unterschiedlichen Umgebungsparametern untersucht werden.
3. *Entwicklung und Evaluation sicherheitsfördernder Produkte.* Zum einen soll unter Einbeziehung der Stressmomente ein Navigationsdemonstrator mit der Funktion eines stressfreien Routings, das sog. Emo-Routing, entwickelt werden. Ein weiteres Ziel ist die Identifikation des Einflusses sicherheitsfördernder Produkte auf das Sicherheitsempfinden von Radfahrer:innen innerhalb eines Experiments. Bei den Produkten handelt es sich um ein Fahrradradar mit Kamera und Rücklicht, Airbag-Rucksack, Sturzhelmsensor und Überholabstandssensor.

3.3 Methodischer Ablauf

Die iterativen Erhebungswellen biostatistischer Daten in den Modellkommunen umfassen verschiedene Erhebungsphasen. Diese sind wie folgt skizziert:

Für die im Jahr 2022 in den Partnerstädten durchgeführte *Initialerhebung* konnten rund 300 Teilnehmer:innen über eine eigens initiierte Kampagne akquiriert werden, die ihre täglichen Fahrten mit dem Fahrrad mittels der App *Bike Citizens* aufzeichneten. Die gesammelten Datensätze lieferten erste Routendaten für die beiden Städte. Dieser Proband:innenpool bildete die Grundlage für die *Erhebungsphase I*. Die Auswahl potenzieller Proband:innen erfolgte anhand Geschlecht, Alter, Fahrleistung, Radtyp-Nutzung sowie persönlichem Sicherheitsempfinden beim Radfahren. Ziel war die Erreichung einer heterogenen Zusammensetzung der 60 Teilnehmer:innen, deren Sicherheitsempfinden auf ihren alltäglichen Fahrten in *Erhebungsphase I* untersucht wird.

In der *Erhebungsphase I* (2022 und 2023) liegt der Fokus auf der Erhebung von Positions- und humansensorischen Daten, die über das Sensorband Empatica E4 und eine eigens konzipierte und implementierte eDiary-App gemessen werden (Petutschnig et al., 2022). Zu erwartende jahreszeitliche Schwankungen werden durch die Aufteilung der Erhebungszeiträume in jeweils eine Jahreszeit entgegengewirkt. Begleitende Online-Fragebögen zur Erhebung von Persönlichkeitsmerkmalen, Nutzungsverhalten sowie Sicherheitsempfinden dienen der besseren Beschreibung der Stichprobe. Die Datenerhebung und Verarbeitung in der eDiary-App geschieht nach den von Kounadi und Resch (2018) formulierten „Geoprivacy by Design“-Guidelines.

Die *Erhebungsphase II* (vrs. 2024) entspricht der *Erhebungsphase I* und integriert bzw. erprobt zusätzlich den entwickelten Produktdemonstrator, d. h. die Navigationsfunktion stressfreies Emo-Routing.

Außerdem findet im Rahmen der *Produktevaluationsstudie* eine Datenerhebung biostatistischer Daten statt (2023). Bei dieser wird das genannte Sensorsetting ebenfalls zum Einsatz kommen.

4 Methodik der Datenerhebung und -auswertung

4.1 Datenerhebung

Zur Erreichung der Ziele werden qualitativ als auch quantitativ Daten zum persönlichen Sicherheitsempfinden erhoben und mit kontextuellen Daten angereichert. Dabei werden zum einen physiologische Messdaten durch eine sensorbasierte, körpernahe Messung von an der Stressreaktion beteiligten Faktoren (z. B. EDA, Hauttemperatur, Herzfrequenz, Herzratenvariabilität) erhoben. Zum anderen erfolgt die Erhebung des subjektiven Stressempfindens mithilfe einer eDiary-App (In-situ-Beobachtungen) und eines georeferenzierten Post-hoc-Fragebogens. Eine zusätzliche Vorab-Onlineumfrage erfasst Angaben zu Persönlichkeitsmerkmalen, Fahrradausstattung, Zustand des Fahrrads, persönliche Sicherheitsausstattung sowie Routenpräferenzen und subjektives Sicherheitsempfinden. Mithilfe der GNSS-Trajektorien-/Fahrtdaten werden Fahrtenhäufigkeiten, Routenwahl und Wartezeiten aufgezeichnet.

Die Partnerstädte liefern für die Analyse des Straßennetzwerkes neben Katasterinformationen auch Daten der Induktionszählschleifen an Ampeln und Fahrradzählstellen, mit deren

Hilfe Rückschlüsse auf verschiedene Fahrzeugtypen möglich sind. Fehlende Informationen zur Radfahrumgebung werden über die OpenStreetMap-API genutzt. Angedacht sind auch die Integration der Wegeneigung über Open-Data-Portale sowie Wetterdaten, die über das Open-Data-Webportal des Deutschen Wetterdienstes bereitgestellt werden, zur Korrelation mit Emotion-Sensing-Daten.

4.2 Stressdetektion und räumliche Hot Spots

Zur Erkennung von Stressmomenten in den erhobenen physiologischen Daten wird ein regelbasierter Algorithmus verwendet (Kyriakou et al., 2019). Dieser weist einen Stressmoment aus, wenn es zu einem Anstieg der EDA in Verbindung mit fallenden ST-Werten kommt. Darüber hinaus wird aktuell die Erkennung von HRV-Anomalien in den Algorithmus integriert sowie die Kombination mit einem Machine-Learning-basierten Algorithmus (Long Short Term Memory – LSTM) erforscht, um die Verlässlichkeit der Stresserkennung zu erhöhen. Da die extrahierten Stressmomente jeweils mit einem Zeitstempel und einer Geoposition, die aus einem Smartphone-GNSS-Empfänger stammt, versehen sind, können sie sowohl räumlich als auch zeitlich analysiert werden.

In der räumlichen Analyse wird ein normalisiertes Stressattribut, also das Verhältnis zwischen der Anzahl von Stressmomenten und der Anzahl der insgesamt gemessenen physiologischen Werte innerhalb eines bestimmten Radius, räumlich geclustert (Kyriakou & Resch, 2019). Dafür wird die Getis-Ord G_i^* -Methode verwendet, die Attributcluster im geografischen Raum erkennt. So können folglich Hot Spots, also die Häufung von Stressmomenten, und Cold Spots, die Häufung von „Entspannungsmomenten“, räumlich identifiziert und kartiert werden.

Diese sensorbasierten Stressmomente werden dann mit dem subjektiven Stressempfinden von Proband:innen ergänzt. Hierzu wird sowohl auf standardisierte, quantitative Fragebögen, sowie auf georeferenzierte Ex-post-Fragebögen, in denen die Stressmomente kartografisch verortet und textuell beschrieben werden, zurückgegriffen.

Im nächsten Schritt werden die Stress Hot und Cold Spots mit unterschiedlichen Umgebungsvariablen wie z. B. Straßenzuständen, Wetterbedingungen, Grünraumdaten, Topografie oder Fahrradverkehrsvolumen korreliert. Dadurch wird eine qualitative Interpretierbarkeit der Ergebnisse für die Stadt- und Mobilitätsplanung möglich. Aufbauend können konkrete Umsetzungs- und Umgestaltungsmaßnahmen in der Praxis identifiziert werden.

5 Erste Ergebnisse

Mithilfe der von Bike Citizens entwickelten Analysefunktionen können aus den gesammelten Spuren der rund 350 Nutzer:innen in der jeweiligen Modellkommune verschiedene Radverkehrsdaten ausgewertet werden. Beispiele sind die Durchschnittsgeschwindigkeit pro Straßenabschnitt, die Wartezonen wie z. B. an Lichtsignalanlagen, den Aktionsradius sowie die Intensität und Attraktivität des Straßenabschnitts im Vergleich zum Gesamtnetz. Diese Daten ermöglichen erste Aussagen über bevorzugte und gemiedene Routen (Abb. 1).

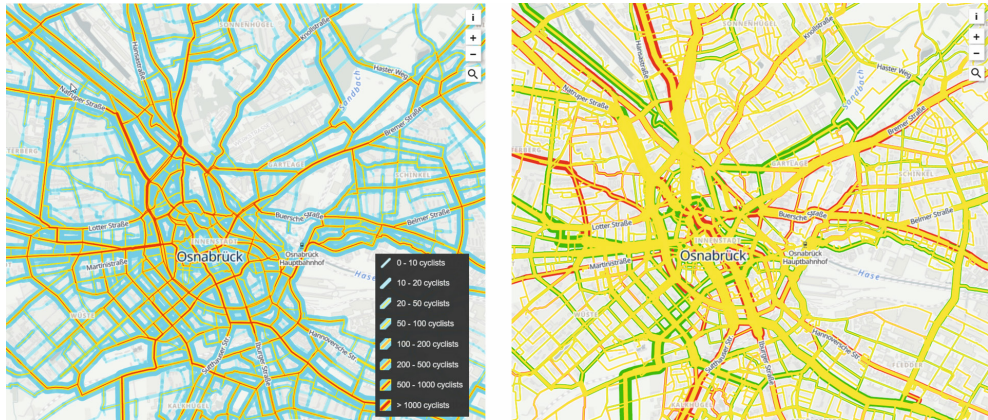


Abb. 1: Ergebnisse der Initialdatenerhebung in Osnabrück: Haupttroutennetz (links) und Attraktivität (rechts) mit in Rot markierten gemiedenen und in Grün gekennzeichneten tatsächlich bevorzugten Strecken im Vergleich. Grundlage hierfür ist die Differenz zwischen der Anzahl der tatsächlichen Radfahrenden und einer fiktiven, auf Basis der kürzesten Strecke berechneten Anzahl.

Es fällt auf, dass in Osnabrück insbesondere die Routen, die in die Innenstadt führen intensiv genutzt werden. Bevorzugt werden dabei von den Radfahrer:innen vor allem diejenigen Routen, die als Fahrradstraße oder als Tempo-30-Zone ausgewiesen sind. Im Vergleich dazu werden der südwestliche Innenstadtring sowie einige Bundesstraßen, die teilweise mehrspurig verlaufen, gemieden.

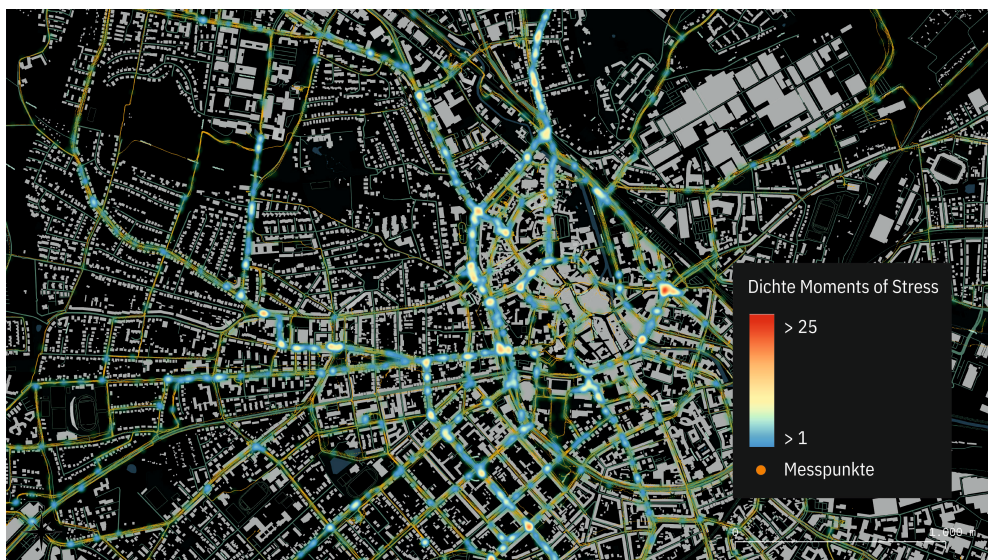


Abb. 2: Heatmap der identifizierten Stresspunkte in Osnabrück

Die *Erhebungsphase I* in Osnabrück mit 28 Teilnehmer:innen lieferte 568 Rohdatensätze mit GNSS- und biostatistischen Daten, aus denen 480 vollständig aggregierte Ergebnisdateien generiert werden konnten. Im Gegensatz zu den in Kapitel 2 genannten Studien integrierten die Proband:innen die Messungen zur Detektion ihrer objektiven Stresspunkte in ihre tägliche Routine. Sie konnten sich frei bewegen und auch die Geräte nach einer kurzen technischen Einführung jeweils selbstständig anlegen und starten. Im Ergebnis waren 84,5 % aller Messungen erfolgreich und es konnten über 643.000 Wegpunkte und 16.433 Stresspunkte über den von Kyriakou & Resch et al. (2019) entwickelten Algorithmus identifiziert werden (siehe Abb. 2). Ein Abgleich mit Unfallstatistiken, Fragebögen und die weiterführende räumliche Analyse der normalisierten Stressattribute nach Getis-Ord G_i^* steht derzeit noch aus. An 25 der bis dato ermittelten Schwerpunkte im Zentrum von Osnabrück sind Detailanalysen zur Radinfrastruktur in Arbeit und dienen als Grundlage für mögliche Verbesserungen.

6 Ausblick

Innerhalb des ersten Projektjahres von ESSEM konnte der Grundstein für weitere Projekt-schritte gelegt werden. Diese betreffen insbesondere die Durchführung der Datenerhebungen sowie erste Analysen der Emotion-Sensing-Daten. Interessant ist hierbei insbesondere, ob bereits geplante baulich-verkehrliche Veränderungen wie Geschwindigkeitsreduktionen auf bestimmten Straßen oder die Installation von Pop-up Radwegen eine Veränderung in den Stressmessungen hervorrufen. Die Datenverwertung erfolgt sukzessive in den o. g. Hauptsträngen – Radinfrastrukturoptimierung und UVM sowie Produktenentwicklung und -evaluation. Die Basis für die Algorithmusentwicklung, u. a. für das Emo-Routing, wurde dafür geschaffen. Kurzfristig sind weitere Erhebungen und Analysen der Daten in Ludwigsburg und Osnabrück geplant. Dies ermöglicht eine Anreicherung der bereits erhobenen Daten und damit präzisere und aussagekräftigere Ergebnisse. Die Verschneidung mit kontextuellen Daten macht zudem eine räumlich holistische Bewertung der kommunalen Radinfrastruktur möglich und leistet einen wesentlichen Beitrag in der Methodenentwicklung mit Neuheitscharakter. Zudem wird der beschriebene Mixed-Method-Ansatz erstmalig im Kontext der Produktentwicklung bzw. -evaluation erprobt.

Literatur

- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) (2022). *Fahrradland Deutschland 2030 – Nationaler Radverkehrsplan 3.0*. Bundesministerium für Digitales und Verkehr. Retrieved from https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/nationaler-radverkehrsplan-3-0.pdf?__blob=publicationFile.
- Da Silva, A. N. R., Aguiar, F. O., Zeile, P., Papastefanou, G., & Bergner, B. S. (2013). Smart sensing and barrier free planning: Project outcomes and recent developments. In: N. Pinto, J. Tenedório, A. Antunes, & J. Cladera (Eds.), *Technologies for Urban and Spatial Planning: Virtual Cities and Territories* (pp. 93–112). IGI Global. Retrieved from <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-4349-9.ch005>.
- Jähne-Raden, N., Marschollek, M., Kulau, U., & Wolf, L. (2017). Poster Abstract: HeartBeat the Odds-A Novel Digital Ballistocardiographic Sensor System. In: *Proceedings of the 15th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems*. Retrieved from <https://doi.org/10.1145/3131672>.

- Karlsruher Institut für Technologie – KIT (2021). *Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2020/2021: Alltagsmobilität und Fahrleistung, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur*.
- Kounadi, O., & Resch, B. (2018). A Geoprivacy by Design Guideline for Research Campaigns That Use Participatory Sensing Data. *Journal of Empirical Research on Human Research Ethics*, 13(3), 203–222. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/1556264618759877>.
- 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. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/s19173805>.
- Kyriakou, K., & Resch, B. (2019). Spatial Analysis of Moments of Stress Derived from Wearable Sensor Data. *Advances in Cartography and GIScience of the ICA*, 2, 1–8. Retrieved from <https://doi.org/10.5194/ica-adv-2-9-2019>.
- Layeb, S., & Hussein, F. (2016). Identification of stress situations in urban space when biosensors capture emotions. In: *Proceedings of The First International Conference on Advances in Sensors, Actuators, Metering and Sensing Identification, Venice, Italy* (pp. 24–28).
- Mekuria, M. C., Furth, P. G., & Nixon, H. (2012). *Low-Stress Bicycling and Network Connectivity*. Retrieved from http://scholarworks.sjsu.edu/mti_all.
- Nold, C. (2009). *Emotional cartography: Technologies of the self*. Retrieved from <http://emotionalcartography.net>.
- Núñez, J., Teixeira, I., Silva, A., Zeile, P., Dekoninck, L., & Botteldooren, D. (2018). The Influence of Noise, Vibration, Cycle Paths, and Period of Day on Stress Experienced by Cyclists. *Sustainability*, 10(7), 2379. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/su10072379>.
- Petutschnig, A., Reichel, S., Mechurova, K. and Resch, B. (2022) An eDiary App Approach for Collecting Physiological Sensor Data from Wearables together with Subjective Observations and Emotions. *Sensors*, 22(16), 6120. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/s22166120>.
- Resch, B., Pütz, I., Bluemke, M., Kyriakou, K., & Miksch, J. (2020). An Interdisciplinary Mixed-methods Approach to Analysing Urban Spaces: The Case of Urban Walkability and Bikeability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ijerph17196994>.
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2022). *Verkehrsunfälle Zeitreihen 2021*, 139. Retrieved from https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Publikationen/Downloads-Verkehrsunfaelle/verkehrsunfaelle-zeitreihen-pdf-5462403.pdf?__blob=publicationFile.
- Steiger, E., Rylov, M., & Zipf, A. (2016). Echtzeitverkehrslage basierend auf OSM-Daten im OpenRouteService. *AGIT – Journal Für Angewandte Geoinformatik*, (2). Retrieved from <https://doi.org/10.14627/537622038>.
- Zeile, P., Resch, B., Loidl, M., & Petutschnig, A. (2016). Urban Emotions and Cycling Experience – Enriching Traffic Planning for Cyclists with Human Sensor Data. *GI_Forum – Journal for Geographic Information Science*, 4(1), 204–216. Retrieved from https://doi.org/10.1553/giscience2016_01_s204.