

Decoding Stress – ein interdisziplinärer Stressforschungsansatz zur Förderung qualitätsvoller öffentlicher Stadträume für den Rad- und Fußverkehr

Nina Haug, Peter Zeile, Markus Nepl

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

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

(Prof. Markus Nepl, Karlsruher Institut für Technologie KIT, STQP, markus.nepl@kit.edu)

1 ABSTRACT

Wie nehmen wir Stadträume wahr, wenn wir mit dem Fahrrad oder zu Fuß unterwegs sind? An welchen Orten in der Stadt fühlen wir uns wohl, respektive unwohl und gestresst? Welche spezifischen Faktoren beeinflussen dabei unsere Emotionen? Und vor allem: Wie können diese Einflussfaktoren für die Planung entschlüsselt werden?

Ausgehend von den Emo-Cycling-Stressmessungen der Urban Emotions Initiative untersucht die Studie „Decoding Stress“ auffallende Stress-Hotspots für Radfahrende im urbanen Kontext. Im Fokus steht dabei die Entwicklung eines interdisziplinären und multimodalen Analyseansatzes zur Erweiterung der Stressorenanalyse. In diesem Zusammenhang greift die Studie zum einen auf bereits vereinzelt in der Radverkehrsforschung zur Anwendung kommende, digitale Analysetools und Open-Data-Ansätze zurück. Darüber hinaus beschäftigt sich der vorgestellte Forschungsansatz intensiv mit der Erweiterung der Methodik um einen bislang vorwiegend im Bereich der Architektur- und Stadtplanung bekannten, analogen Werkzeugkasten. Innerhalb eines experimentellen Rahmens erprobt die Studie dabei die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Mappings und fotografischen Annäherungen, sowie deren Kombination. Im Kontext der Ursachenforschung des Stressempfindens von Radfahrenden soll damit ein holistischer Analyseansatz erprobt werden, der quantifizierbare „harte“ Faktoren und qualifizierbare „weiche“ Faktoren gleichermaßen berücksichtigt. Die gewonnenen Erkenntnisse leisten einen Beitrag dazu, die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Stadt- und Verkehrsplanung zu fördern und schließlich gemeinsame Lösungsansätze für qualitätsvolle und menschengerechte öffentliche Stadträume zu erarbeiten.

Im Rahmen dieses Beitrags werden erste Ergebnisse der experimentell im Untersuchungsgebiet der Karlsruher Innenstadt durchgeführten Stressorenanalyse vorgestellt. Der Beitrag evaluiert die durchgeführten Analysen sowohl inhaltlich, als auch methodisch und skizziert darüber hinaus erste Lösungsansätze.

Keywords: Emotion Sensing, Stadtplanung, Stressorenanalyse, öffentlicher Raum, Radverkehrsforschung

2 EINLEITUNG

Seit der Errungenschaft des Autos und dem damit verbundenen autogerechten Umbau unserer Städte in den 60er Jahren hat sich das Mobilitätsverhalten unserer Gesellschaft stark verändert. Trotz der unveränderten Beliebtheit des Autos, das in Deutschland immer noch für rund 57 Prozent aller Wege genutzt wird (BMVI, 2018), gewinnen aktive Mobilitätsformen, wie zum Beispiel das Fahrrad, vor allem in den urbanen Ballungsgebieten zunehmend an Bedeutung. Aber auch erst kürzlich neu hinzugekommene Verkehrsmittel wie Pedelecs, E-Roller und Lastenräder stellen in den Städten nicht nur neue Mobilitätsangebote dar, sondern konfrontieren den öffentlichen Raum auch mit ganz neuen Herausforderungen. So beginnt sich die zunehmende Überlastung unserer öffentlichen Räume in Form von Staus, Luftverschmutzungen und steigenden Unfallzahlen allerdings auch immer negativer auf die Lebensqualität in den Städten auszuwirken.

Durch diese Entwicklung sehen sich sowohl die Politik, als auch die Verwaltung und Planung nunmehr dazu aufgefordert, sich diesem Problem zu stellen und nachhaltige, menschengerechte Lösungen für die Mobilität in unseren Städten zu entwickeln. Im Rahmen der Diskussion um die Reduktion des Autoverkehrs und die damit verbundene „Rückeroberung“ öffentlicher Räume durch den Menschen ist es dabei vor allem der Langsamverkehr, also der Rad- und Fußverkehr, der im urbanen Raum als eine flächensparende, gesunde und vor allem klimafreundliche Form der Mobilität (BMDV, 2022), eine Schlüsselrolle einnimmt.

Dass der Faktor Urbanität diesbezüglich eine wichtige Rolle spielt, lässt sich an der aktuellen Aufteilung des bundesweiten Modal Splits nach Raumtypen (BMVI, 2018) gut erkennen. In Abbildung 1 werden die Langsamverkehrsanteile (Rad- und Fußverkehr) im Vergleich zu den restlichen Verkehrsmitteln (Auto und ÖPNV) dargestellt. Festzustellen ist dabei, dass der Anteil des Langsamverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen in Metropolen bei überdurchschnittlichen 42 Prozent liegt, wohingegen er in

ländlichen Regionen im dörflichen Raum nur rund 24 Prozent beträgt. Dieser extreme Unterschied lässt sich zum einen durch das vielfältige und gut erreichbare Angebot im urbanen Raum begründen. Denn ganz nach dem Leitbild der 15-Minuten-Stadt (Kurth, 2021) werden aktive Mobilitätsformen vorrangig innerhalb solcher Raumtypen genutzt, in denen die Wegstrecken nur wenige Kilometer betragen.

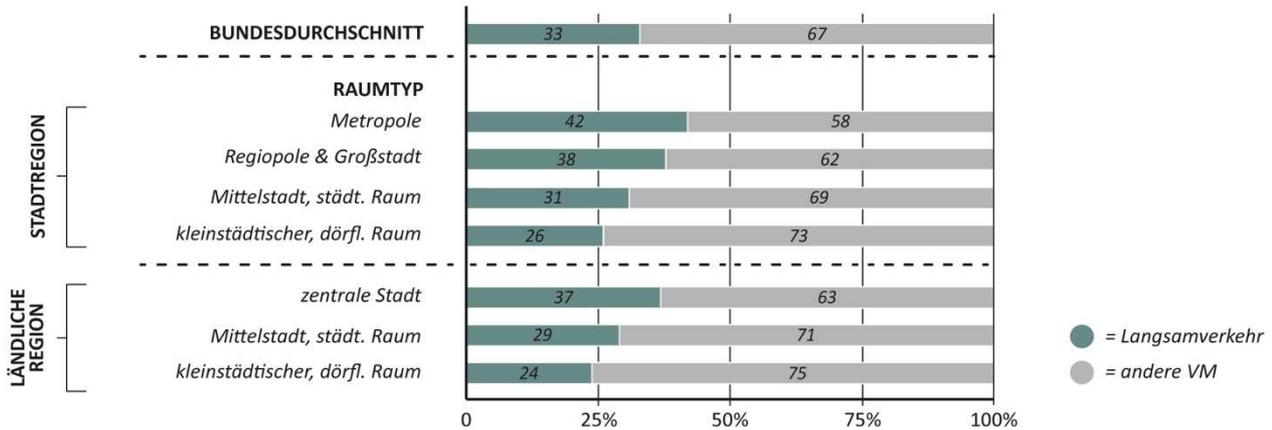


Abb. 1: Langsamverkehrsanteile im Modal Split nach Raumtypen. (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle BMVI, 2018)

Darüber hinaus wird die Entscheidung der Nutzerinnen und Nutzer für oder gegen das Fahrrad, beziehungsweise das Zufußgehen, jedoch maßgeblich auch von Aspekten des Wohlbefindens und Sicherheitsempfindens beeinflusst. In diesem Kontext konstatiert auch der Nationale Radverkehrsplan 3.0, dass sich eine Person nur dann für ein Verkehrsmittel entscheidet, wenn sie dieses subjektiv als sicher einstuft (BMDV, 2022). Hinsichtlich der Förderung aktiver Mobilitätsformen in der Stadt ist es daher essentiell, stressfreie Räume für den Rad- und Fußverkehr zu gestalten. Es erscheint daher evident, dass der Identifikation und Untersuchung von neuralgischen Stresspunkten für den Rad- und Fußverkehr eine Schlüsselrolle zugeschrieben werden muss. In diesem Kontext stellt die Methode des Emotion Sensings, beziehungsweise auf das Fahrradfahren bezogen die EmoCycling-Methode, seit einigen Jahren eine echte Innovation in der Stadtplanung (Polis Magazin, 2022) dar. Mithilfe dieser innovativen Stressmessungen ist es schließlich gelungen, das subjektive Empfinden von Probanden während ihrer Bewegung durch die Stadt anhand biostatistischer Marker objektiv messen zu können (Höffken et al., 2014; Zeile et al., 2014). Die Ergebnisse der Messungen werden als Heatmaps visualisiert und geben standortgenau Auskunft darüber, an welchen Punkten die Probanden Stress, respektive keinen Stress empfunden haben. Über die Ursachen, die die physiologisch messbare Stressreaktion bei den Probandinnen und Probanden ausgelöst hat, kann nach diesem Verfahren jedoch keine Aussage getroffen werden.

Die notwendige und auf diesen Erkenntnissen aufbauende Ursachenforschung (Stressorenanalyse) befindet sich hingegen noch in den Anfängen. Die Mehrheit der in diesem Kontext angeführten Studien fokussieren sich dabei jedoch auf eine reine Analyse der Verkehrssituation, wie beispielsweise der Untersuchung von Führungsformen und Spurbreiten. Vereinzelt wird auch auf „digitalen“ Analysetools, meist in Form von Entwicklungen aus der Sensorik, zurückgegriffen. Diese berücksichtigen allerdings ausschließlich quantifizierbare „harte“ Faktoren und können im Rahmen einer Ursachenforschung nur ein sehr fragmentarisches Bild der Situation liefern. Im Gegensatz dazu macht es sich der Ansatz der hier vorgestellten Studie zur Aufgabe, den Einfluss qualifizierbarer „weicher“ Faktoren und die damit verbundenen Einsatzmöglichkeiten „analoger“ Analysemethoden zu erforschen. Mithilfe eines multimodalen und interdisziplinären Ansatzes soll es dadurch ermöglicht werden, die spezifischen räumlichen Situationen der identifizierten Stress-Hotspots ganzheitlich zu betrachten und dabei nicht nur verkehrsplanerische, sondern auch stadträumliche Faktoren zu berücksichtigen.

3 STAND DER FORSCHUNG

3.1 Stressmessungen mithilfe der EmoCycling-Methode

Im Gegensatz zu Ansätzen, die mit rein qualitativen Befragungen arbeiten und die bewusst von den Probanden wahrgenommenen Gefühle abfragen, werden beim EmoCycling die menschlichen Emotionen

anhand ihrer nahezu unverfälschbaren körperlichen Reaktion gemessen (Polis Magazin, 2022). Damit leistet die EmoCycling-Methode einen Beitrag zur Operationalisierung von Emotionen in der Planung.

3.1.1 Physiologische Stressreaktion des menschlichen Körpers

Empfindet ein Mensch Stress, so schüttet der Körper Hormone aus, die bestimmte Teile des Nervensystems (HHN-Achse und autonomes Nervensystem) aktivieren. Damit versucht der Körper, den Stress auszugleichen und den Zustand der Homöostase, also einen „stabilen“ Zustand, wiederherzustellen. Für diese Anpassung verändert der Körper mitunter die Herzrhythmus, Schweißdrüsenaktivität und die Hauttemperatur (Chrousos et al., 1988; Boucsein, 1988; Kreibitz, 2010). Diese messbaren physiologischen Signale können eindeutig in Verbindung mit der Reaktion des menschlichen Körpers auf eine Stresssituation gebracht werden (Karthikeyan et al., 2013) und können als Indikatoren dienen. Heutige Messungen im Kontext des Emotion Sensings greifen hauptsächlich auf die Elektrodermale Aktivität (EA) zurück, die als empfindlichster und zuverlässigster Marker für eine emotionale Erregung (Kyriakou, Resch, et al., 2019) gilt.

3.1.2 Methodik, Setting und Auswertung

Die Ursprünge der EmoCycling-Methode gehen auf Christian Nold zurück, der für seine „emotionalen Kartografien“ im Jahr 2009 ein eigenes „Bio-Mapping“-Gerät (Nold, 2009) entwickelte. Damit wurde es erstmals möglich, die messbaren Stress-, beziehungsweise Erregungszustände georeferenziert innerhalb eines situativ-räumlichen Kontexts aufzuzeichnen und visualisieren. In den späten 2000er Jahren wurden die Methode dann von der Urban Emotions Initiative an der TU Kaiserslautern und der Universität Heidelberg mit einem ähnlichen Aufbau erprobt und erste Stadtkartierungen vorgenommen (Zeile et al., 2010). Später wurde dieser Ansatz vor allem am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und der Paris Lodron Universität Salzburg (PLUS) weiterentwickelt. Schnell konnte im Rahmen dieser ersten Annäherungen festgestellt werden, dass sich die Methode mit der sekundengenauen Messung des emotionalen Zustands der Probanden auch bestens für die Anwendung im Kontext des Fahrradfahrens (Höffken et al., 2014) eignet.



Abb. 2: Heatmap als Ergebniskarte der EmoCycling-Messungen in Karlsruhe (links) und Setting mit Smartband Emaptica E4 und Smartphone (rechts). (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle Cape Reviso)

Das Setting der seither als „EmoCycling“ bekannten Methodik wurde daraufhin weiter optimiert und erzielte schnell einen Durchbruch in der Radverkehrsforschung. Die Messungen werden nunmehr lediglich mithilfe eines Sensorarmbandes (Empatica E4) und einem Smartphone durchgeführt (Zeile et al., 2021; Zeile et al., 2022; Werner et al., 2019). Das Sensorarmband misst dabei die Vitaldaten der Probanden (Hautleitfähigkeit und Hauttemperatur), synchronisiert diese mithilfe des Smartphones mit den dazugehörigen GPS-Daten und sammelt sie in einer App. Das Auswertungsmuster ist seit den Anfängen der Methodik unverändert: Eine Stressreaktion, auch Moment of Stress (MOS) genannt, wird dann identifiziert, wenn direkt nach einem Reiz ein temporärer Anstieg der Hautleitfähigkeit in Kombination mit einem Absinken der Hauttemperatur messbar ist.

Die ausgewerteten Datensätze werden daraufhin mithilfe eines Geoinformationssystems (GIS) georeferenziert dargestellt und in Form einer Heatmap visualisiert. Über die verwendete Farbcodierung der Heatmap kann dann ausgewertet werden, in welcher Intensität und an welcher geografischen Position die Probanden Stress, beziehungsweise keinen Stress empfunden haben. Die entsprechend der Farbcodierung rot

dargestellten Punkte, sogenannte „Hot-Spots“, symbolisieren dabei eine Konzentration der gemessenen Stressmomente, wohingegen in den blau dargestellten Bereichen verhältnismäßig weniger Stressmomente gemessen wurden.

3.2 Stressorenanalyse

3.2.1 Ursachenforschung mithilfe „digitaler“ Analysemethoden aus der Radverkehrsforschung

Die Disziplin der Verkehrsplanung gilt mit ihrem Feld der Radverkehrsforschung als Vorreiter der Stressorenanalyse. Vor allem was das sensorengestützte Messen verkehrsspezifischer Faktoren anbelangt, kann hier mittlerweile auf ein verhältnismäßig großes Methodenspektrum zurückgegriffen werden. Zu nennen sind hier beispielsweise Entwicklungen wie der OpenBikeSensor (OpenBikeSensor, 2023) zur Abstandsmessung bei Überholvorgängen, beziehungsweise sein Pate, der Radmesser (Tagesspiegel, 2018). Aber auch experimentelle Ansätze, wie der Einsatz von Eye-Tracking-Geräten zur Überprüfung der Blickerfassung von Beschilderungen (Walther et al., 2022) kommen in ersten Studien zum Einsatz. Im Rahmen der Radverkehrsforschung der BMDV-Stiftungsprofessur Radverkehr wurde an der Hochschule Karlsruhe in diesem Zusammenhang ein „SensorBike“ (Temmen, 2020) als standardisiertes Messfahrrad entwickelt, das sowohl über fest verbaute Messinstrumente verfügt, als auch situationsspezifisch mit Sensoren ergänzt werden kann. Zu den fest verbauten Sensoren des SensorBikes zählen neben einem Leistungsmesser, Vitalsensoren, Beschleunigungs- und Erschütterungssensoren, einem Abstandsmesser und Kameras auch Sensoren zur Erhebung spezifischer Umweltfaktoren. Dabei gelingt es vor allem durch die Verknüpfung der verschiedenen Datensätze, neue Erkenntnisse für die Stressorenanalyse zu generieren.

3.2.2 Ursachenforschung mithilfe von Crowdsourcing-Ansätzen

Durch die zunehmend auch im Freizeit-Radsport ankommende Digitalisierung konnten in den letzten Jahren neue Möglichkeiten zur partizipativen Datenerfassung und -auswertung in der Radverkehrsforschung (Lißner et al., 2018) entwickelt werden. In diesem Kontext bietet primär das Smartphone, das mittlerweile nahezu flächendeckend in der Bevölkerung verbreitet ist, als ein ubiquitärer und multifunktionaler Sensor (Eckart et al., 2020) mannigfaltige Möglichkeiten, um spezifische Bewegungs- und Umweltdaten zu erheben. Verschiedene, meist frei verfügbare Applikationen bieten hier eine sehr niederschwellige Anwendungsmöglichkeit. Darüber hinaus konnten auch durch die wachsende Beliebtheit sozialer Sport-Netzwerke erste Erfolge in der Nutzung von Big Data in der Radverkehrsforschung erzielt werden. So untersuchte zum Beispiel ein Forschungsprojekt der Technischen Universität Dresden (Lißner et al., 2018) im Jahr 2017 die Anwendungsmöglichkeiten von Radverkehrsdatensätzen der Provider „Strava“ und „BikeCitizens“ in der Evaluation kommunaler Radverkehrsnetze. Mithilfe der Analysefunktionen der beiden Plattformen gelang es dem im Rahmen des Nationalen Radverkehrsplans geförderte Forschungsprojekt, wichtige Erkenntnisse für die Stressorenanalyse zu generieren. So konnten zum Beispiel die analysierten Fahrgeschwindigkeiten und die Wartezeiten an Ampeln direkt mit gemiedenen, beziehungsweise bevorzugten Streckenabschnitten in Beziehung gesetzt werden.

3.3 Analyseansätze aus der Stadtforschung

Wie die vorangegangene Untersuchung zeigt, ist im Feld der Stressorenanalyse bislang eine starke Ausrichtung auf verkehrsspezifische Faktoren und deren Erhebung mithilfe von digitalen Analysemethoden zu beobachten. Die Einsatzmöglichkeiten von analogen, beziehungsweise grafisch und visuell arbeitenden, Analysemethoden, wie sie aus der Stadtforschung und -planung bekannt sind, bleiben in diesem Kontext noch weitestgehend unerforscht.

3.3.1 Umweltpsychologische Grundlagen zur Wahrnehmung von Stadträumen

Die Disziplinen der Umweltpsychologie und Raumwahrnehmung definieren die Stadt als eine äußerst komplexe Umwelt mit einem hohen Reizvolumen für den Menschen (Mehrabian, 1987). Bei seiner Bewegung durch die Stadt nimmt der Mensch in seinem Unterbewusstsein davon deutlich mehr wahr, als ihm bewusst ist. Er ist stetig damit beschäftigt, sich ein inneres Bild dieser komplexen Umwelt anzufertigen (Lynch, 1965). Zurückzuführen ist dieser Vorgang der inneren Verbildlichung auf sein natürliches Bedürfnis nach Orientierung, beziehungsweise der Notwendigkeit eines Bezugssystems, das für seine ursprüngliche Lebensweise überlebensnotwendig war. Wir Menschen beziehen unsere Wahrnehmung von Stadt, respektive

unser Bild der Stadt, deshalb noch heute auf uns bekannte, wiederkehrende und klar ablesbare Elemente und aktivieren zur Wahrnehmung unserer Umwelt unterbewusst all unsere Sinne. Je nachdem, ob dabei eine positive oder negative Wahrnehmung der Umgebungsreize überwiegt, empfinden wir Sicherheit und Wohlbefinden oder Unbehagen (Mehrabian, 1987). In unseren heutigen urbanen Stadträumen sind wir jedoch einer solch enormen Masse an Reizen ausgesetzt, dass sich die Auswirkungen von einzelnen Reizen auf unser Empfinden kaum noch herausfiltern lassen. Es wird daher in der Umweltpsychologie immer das Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren und dessen Auswirkungen auf das menschliche Empfinden betrachtet, beziehungsweise eine Art von „Rauschen“ mitberücksichtigt.

3.3.2 Analysemethoden aus der Stadtforschung

Die Stadtforschung steht als ein interdisziplinäres Forschungsfeld im engen Zusammenhang sowohl mit der Geografie, der Anthropologie, der Soziologie und der Ethnologie, als auch mit einigen anderen raumbezogenen Forschungsfeldern (Pelger et al., 2021). Im Kontext ihres Forschungsgegenstandes ist diese Interdisziplinarität notwendig, um das komplexe Raumgefüge Stadt nicht nur beschreibend in ihrer Theorie, sondern auch in ihrer Dynamik als ein sich stetig verändernder Raum zu durchdringen. In der Erforschung von Stadt gibt es deshalb kein vordefiniertes Forschungsdesign, wie es in anderen wissenschaftlichen Disziplinen Usus ist, sondern es wird sich meist an einer Kombination unterschiedlicher Methoden bedient (Eckardt, 2014).

Innerhalb der Stadtforschung kann somit auf einen breiten Fächer an Analysemethoden und entsprechender Darstellungsmöglichkeiten zurückgegriffen werden, die je nach Umfang und Art der Aufgabe ganz unterschiedliche Analyseaspekte und Detailtiefen bearbeiten können. Mitunter sind dabei Interviews, Beobachtungen, Kartierungen, Mappings, Fotografien und künstlerische Annäherungen als gängige Methoden (Eckardt, 2014) zu nennen. Die mithilfe dieser visuellen und grafischen Methoden entstehenden Analysegrafiken können im Rahmen komplexer Aufgabenstellungen dabei helfen, die Grenzen des digital Erfassbaren, beziehungsweise quantitativ Messbaren zu überwinden.

In diesem Zusammenhang geht es bei der Erforschung von Stadträumen jedoch nicht nur um eine Erhebung und Analyse vorhandener raumbezogener Daten, sondern immer auch um ein In-Beziehung-Setzen der Daten (Pelger et al., 2021). Im Rahmen von Mixed-Methods-Ansätzen können so zum Beispiel durch die Kombination von räumlichen Darstellungen mit anderen Datensätzen, respektive Werkzeugen, wie zum Beispiel abstrahierten Illustrationen oder fotografischen Annäherungen, neue Erkenntnisse gewonnen werden.

STRASSENTYP	RAUM, MASSSTÄBLICHKEIT & SYMBOL	GESCHWINDIGKEIT
Mittelalterliche Straße		5 km/h
Hauptstraße		5 bis 32 km/h
Geschäftsstraße		56 km/h
Geschäftsstraße in Las Vegas		56 km/h

LEGENDE SYMBOLELEMENTE	 Symbol	W Schrift	 Architektur
---------------------------	--	------------------	---

Abb. 3: Schnittanalyse verschiedener Straßenräume im Vergleich zu Las Vegas in Bezug auf Raum, Maßstab, Symbol und Geschwindigkeit. (Eigene Darstellung nach Venturi et al., 1979; Beschriftung und Anordnung der Ursprungsgrafik verändert)

Abbildung 3 zeigt in diesem Kontext eine frühe analytische Annäherung Robert Venturis Ende der 70er Jahre (Venturi et al., 1979), die im Kontext der Analyse von Straßenräumen und Symbolik der Geschäftsstadt Las Vegas durchgeführt wurde. Dabei kombiniert Venturi nach dem Mixed-Method-Ansatz eine Schnittanalyse mit der abstrahierten Darstellung der vor Ort beobachteten Symbolik und den Bewegungsgeschwindigkeiten. Durch die vergleichende Darstellung und die Kombination der analysierten

Inhalte wird in der Analysegrafik die Beziehung zwischen verschiedenen Bewegungs-, beziehungsweise Fahrgeschwindigkeiten und der daran angepassten Dimension von Stadträumen und Symbolen deutlich.

4 ANWENDUNG DES INTERDISZIPLINÄREN STRESSFORSCHUNGSANSATZES

4.1 Bezug zu den Projekten der Urban-Emotions-Initiative

Vor dem Hintergrund der Analyse von Stresspunkten im urbanen Kontext, gliedern sich die Forschungen der vorliegenden Studie im Kontext der Urban Emotions Initiative ein. Die Studie unterstützt dabei insbesondere das aktuelle NRVP-Projekt „Cyclist and Pedestrians on Real and Virtual Shared roads“, kurz: „Cape Reviso“ (Zeile et al., 2021), in der experimentellen Weiterentwicklung der Stressorenanalyse. Sowohl inhaltlich, als auch methodisch sollen mit der Studie Erkenntnisse gewonnen werden, wie die bislang rein auf infrastrukturelle Faktoren konzentrierte Ursachenforschung des Projekts in Richtung einer ganzheitlichen Stadtraumanalyse weiterentwickelt werden kann.

4.2 Aufbau und Ablauf der Studie in der Untersuchungsstadt Karlsruhe

Der interdisziplinäre Ansatz der Studie wird seit April 2023 im Rahmen erster experimenteller Untersuchungen zunächst in der Stadt Karlsruhe erprobt.

4.2.1 Datengrundlage der Untersuchungen: EmoCycling-Heatmap

Als eine wichtige Grundlage dient der Studie die Stress-Heatmap aus dem Urban Emotions Projekt „Cape Reviso“ (Zeile et al., 2021), die als Ergebniskarte von zwei EmoCycling-Messungen im Winter 2021/22 entstanden ist. Dabei wurden die Stressreaktionen von insgesamt 17 Radfahrenden auf einer vorgegebenen Route gemessen. Nach Abzug einiger fehlerhafter Datensätze konnten bei dieser Erhebung 26 Tracks gesammelt werden und dabei 1121 Moments of Stress detektiert werden. Die entstandene Heatmap dient der Studie als ein erster Überblick über die neuralgischen Stress-Hotspots für Radfahrenden in Karlsruhe. Die auffallende Ballung der Stressmomente am Berliner Platz im Bereich des KIT-Campus ist der Start- und Endpunkt der Route und muss als Fehler in der Auswertung von den Betrachtungen ausgenommen werden.

4.2.2 Strukturanalyse der Untersuchungsstadt Karlsruhe

Im weiteren Verlauf setzt die Studie die Ergebniskarte der Stressmessungen in Beziehung mit den Strukturelementen der Stadt Karlsruhe (siehe Abbildung 4). Methodisch werden dabei frei verfügbare Datensätze der Plattform OpenStreetMap zu verschiedenen Themenbereichen, wie zum Beispiel zu Freiraumnetz, Baustruktur und Nutzungsverteilungen, in einem GIS-Programm inhaltlich und grafisch aufbereitet. Durch das Rückkoppeln der verschiedenen Strukturelemente mit dem Layer der EmoCycling-Heatmap sollen für das weitere Vorgehen der Studie Untersuchungsräume identifiziert werden, die nicht nur innerhalb der Stressmessungen auffallend waren, sondern denen auch stadtstrukturell und -räumlich eine besondere Bedeutung beizumessen ist.



Abb. 4: Überlagerung der EmoCycling-Heatmap mit prägenden Strukturelementen und Nutzungen der Stadt Karlsruhe. (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap, Heatmap nach Datenquelle Cape Reviso)

In diesem Zusammenhang werden neben den meist auch in anderen Städten häufig an großen Kreuzungspunkten auftretenden Stresspunkten in der „Fächerstadt“ Karlsruhe insbesondere die räumlichen Schnittstellen zu den prägenden „Strahlen“ als Hotspots identifiziert. Zu erwähnen sind in diesem Kontext der Bereich um den Ludwigsplatz im Westen, der ringförmig verlaufende Zirkel, der Rondellplatz im Zentrum, sowie das Gebiet um den Kronenplatz und das Durlacher Tor im Osten. Insbesondere in den belebten und hochfrequentierten Bereichen des Zentrums, in denen sich eine Vielzahl an Nutzungen ballen, konnten dabei vermehrt Stressmomente gemessen werden. Auch in diesem Kontext ist der Bereich um den Ludwigsplatz auffallend, an dem sich darüber hinaus nicht nur das Radwege- und Schienennetz kreuzt, sondern auch die wichtige Nord-Süd-Achse der Karlstraße verläuft.

4.2.3 Auswahl eines Untersuchungsgebiets als Experimentierfeld für die Stressorenanalyse

Aufgrund des besonderen Anspruchs der Studie, die Wahrnehmung von Stadträumen und die damit verbundenen „weichen“ Faktoren in den Fokus der Stressorenanalyse zu rücken, fällt die Wahl des ersten Untersuchungsgebiets für die Studie auf den Bereich rund um den Karlsruher Ludwigsplatz. Die Route führt dabei von Westen über den Stephanplatz und die Karlstraße über den Ludwigsplatz weiter nach Osten. Die Abgrenzung des Untersuchungsraums und der Routenverlauf sind in Abbildung 5 zu sehen. Neben den stadtstrukturell prägenden Elementen, dem Verlauf wichtiger Fahrradrouen und der hohen Frequentierung können in diesem Gebiet verschiedene Raumansprüche und -konflikte beobachtet werden.



Abb. 5: Das Untersuchungsgebiet Karlsruhe Ludwigsplatz als Zoom-In der Strukturanalyse (links) und im Luftbild (rechts) mit Route. (Quelle: Eigene Darstellung nach Datenquelle OpenStreetMap und Google Satellite, Heatmap nach Datenquelle Cape Reviso)

4.2.4 Identifikation potentieller Einflussfaktoren

Im Rahmen der Studie „Decoding Stress“ wurde beginnend im Mai 2023 auf dem Untersuchungsgebiet des Ludwigsplatzes dann zunächst mit der Identifikation und Analyse verschiedener Einflussfaktoren begonnen.

POOL POTENTIELLER STRESSFAKTOREN					
BAULICHE FAKTOREN	FREIRAUMSPEZIF. FAKTOREN	GESTALTERISCHE FAKTOREN	VERKEHRSSPEZIF. FAKTOREN	BEWEGUNGSSPEZIF. FAKTOREN	SENSUELLE FAKTOREN
Bauliche Dichte	Versiegelung	Fassadengestaltung	Parkierung (Auto/Rad)	Eindeutigkeit der Orientierung	Sichtfeld
Art der Nutzung	Windströme	Farbigkeit & Materialität	Führungsform	Bewegungslinien	Temperatur-empfinden
Querschnitt des Stadtraums	Bezug zu Freiräumen	Symbolik	Verkehrsaufkommen	Bewegungskonflikte & Beinaheunfälle	Beleuchtung
Erdgeschoss-nutzungen	Bäume & Verschattung	Möblierung	Querungssituation		Geräusche & Lärm
		Bodenbeschaffenheit & Qualität			Gerüche

Abb. 6: Auswahl-Pool potentieller Stressfaktoren zur experimentellen Analyse im Untersuchungsgebiet Karlsruhe Ludwigsplatz.

In einer ersten Annäherung wurde in diesem Zusammenhang ein Pool (siehe Abbildung 6) aus verschiedenen Themengebieten und potentiellen Stressfaktoren definiert, bei denen von einer Einflussnahme auf das subjektive Empfinden von Radfahrenden bei der Bewegung durch den Untersuchungsraum ausgegangen werden kann, beziehungsweise vermutet wird. Dabei wurden neben beispielsweise baulichen, gestalterischen

und freiraumspezifischen Faktoren auch sensorische Faktoren, wie zum Beispiel die Wahrnehmung von Gerüchen, Geräuschen und Lärm als zu untersuchende Faktoren identifiziert.

4.2.5 Experimentieren mit adäquaten „analoger“ Analysemethoden

Aufbauend auf diesem Pool zu untersuchender Faktoren experimentiert der in der Studie erprobte Ansatz intensiv mit der Entwicklung adäquater „analoger“ Analysemethoden und deren Übersetzungsmöglichkeiten. Neben den intensiven Vor-Ort-Untersuchungen mithilfe von Mappings, Skizzen und fotografischen Dokumentationen, die sehr spezifisch auf die Analyse der jeweiligen Stressfaktoren zugeschnitten sind, konnte dabei insbesondere mit der Übersetzung der Analyseergebnisse in schematische „Stressorenabwicklungen“ erste Erkenntnisse generiert werden. Durch die anschließende Gegenüberstellung in der „Stressorenmatrix“ (Abbildung 7) können die verschiedenen Einflüsse der analysierten Faktoren auf das Stressempfinden, beziehungsweise auch mögliche Korrelationen zwischen den einzelnen Faktoren auf diese Weise vergleichsweise einfach identifiziert werden.

4.3 Erste Ergebnisse der Studie

Im Juni 2023 konnten mit dem erarbeiteten Methodenbaukasten erste Ergebnisse präsentiert werden. Die Vor-Ort-Erhebungen fanden in einem Zeitraum von zwei Wochen im Untersuchungsgebiet Ludwigsplatz statt und behandelten insgesamt 23 potentielle Stressfaktoren. In Abbildung 7 wird die Stressorenmatrix exemplarisch mit den Stressorenabwicklungen von drei analysierten Faktoren gezeigt und mit den Ergebnissen der Stressmessungen verglichen. Für jeden Faktor wurden dabei unterschiedliche Farbcodierungen, Symbole und Bewertungsskalen angesetzt.

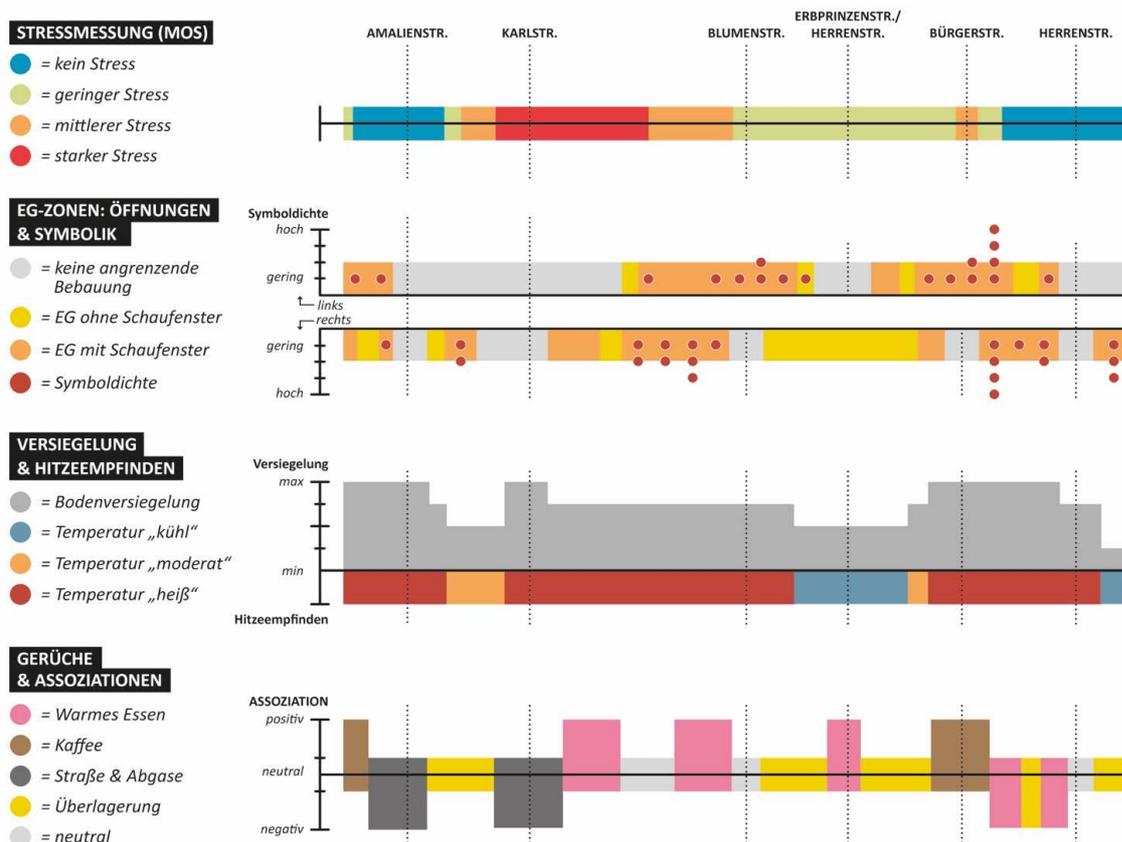


Abb. 7: Auszug aus der Stressorenmatrix: Vergleichende Darstellung der Stressmessungen mit den analysierten Faktoren Öffnungen & Symbolik, Versiegelung & Hitzeempfinden, Gerüche & Assoziationen.

Die Analyse der Erdgeschosszonen untersucht die angrenzende Bebauung des definierten Streckenabschnitts hinsichtlich ihrer Öffnungen und Schaufensterflächen. Darüber hinaus wurde auch die Symboldichte in den Erdgeschosszonen untersucht, die zum Beispiel in Form von Werbeplakaten, Leuchtreklamen und Aufstellern auf die Wahrnehmung Einfluss nehmen können. Bei der Darstellung in der Abwicklung wurde die linke und rechte Seite der Straße getrennt voneinander betrachtet.

Als eine weitere Analyse wurde die Versiegelung der Bodenflächen in Kombination mit dem subjektiven Hitzeempfinden untersucht. Im Anfangsbereich der Route weist der Bodenbelag des Stadtraums dabei einen hohen Versiegelungsgrad auf und wird als sehr heiß wahrgenommen. Im Bereich des Stephanplatz wird die Versiegelung durch Baumscheiben und Beete punktuell aufgebrochen und das Temperaturempfinden deutlich abgesenkt. Nach der Überquerung der hochversiegelten Karlstraße wird die Waldstraße dann größtenteils mit Kopfsteinpflaster fortgeführt, das im Bereich des Ludwigsplatzes erneut punktuell aufgebrochen wird und für Abkühlung sorgt. Die Fortführung der Route auf der Erbprinzenstraße weist schließlich wieder einen höheren Versiegelungsgrad und äquivalent dazu ein stärkeres Hitzeempfinden auf.

Der letzte Stressfaktor, der in der dargestellten Matrix analysiert wurde, betrifft die olfaktorische Wahrnehmung des Stadtraums und analysiert die wahrnehmbaren Gerüche und ihre positive, beziehungsweise negative Assoziation. Hierbei ist auffallend, dass um die Kreuzungspunkte zur Amalienstraße und Karlstraße starke Abgasgerüche wahrnehmbar sind, die negativ assoziiert werden. Im Bereich des Ludwigsplatzes sind dann vorwiegend positiv konnotierte Essensgerüche der Gastronomie wahrnehmbar, die große Bereiche auf dem Platz einnimmt. An der Einmündung zur Bürgerstraße ist darauf folgend intensiver Kaffee-Geruch positiv wahrzunehmen. Im darauf folgenden Abschnitt vermischen sich die Essensgerüche verschiedener Imbisse und werden größtenteils negativ assoziiert.

Auch, wenn die Analysen noch zu einem sehr frühen Zeitpunkt der Studie vorgenommen wurden und in der Abbildung nur ausschnitthaft dargestellt sind, lassen sich in der Auswertung im direkten Vergleich zu den Ergebnissen der Stressmessungen erste vorläufige Thesen zu etwaigen Abhängigkeiten aufstellen. Faktoren wie negativ wahrgenommene Gerüche, ein hohes Hitzeempfinden durch starke Versiegelung der Bodenflächen, sowie auch ablenkend hohe Schaufenster- und Symboldichten zeigen sich zum aktuellen Stand der Untersuchung als potentielle Einflussfaktoren.

4.4 Ausblick

Die Studie „Decoding Stress“ befindet sich aktuell noch in den Anfängen. In einem nächsten Schritt sollen die bis dato identifizierten Stressfaktoren und die exemplarisch im Untersuchungsgebiet Ludwigsplatz angewendeten Analysemethoden deshalb zunächst weiter erprobt und die Erhebungen systematisiert werden. In diesem Zusammenhang sollen die angeführten Analysen in einem zweiten Untersuchungsgebiet innerhalb der Stadt Karlsruhe wiederholt und entsprechend adaptiert werden. Es ist dabei zu klären, ob die im Rahmen der ersten Untersuchungsergebnisse getroffenen Annahmen über die Korrelationen zwischen den einzelnen Stressfaktoren dann auch in anderen Untersuchungsgebieten zu beobachten sind.

In einer nächsten Arbeitsphase soll der entwickelte Ansatz zur Stressorenanalyse dann auch in weiteren Untersuchungsstädten zur Anwendung kommen. Perspektivisch sollen mit dem entwickelten Ansatz nicht nur die Einfluss nehmenden Stressoren identifiziert werden, sondern dadurch auch zukünftige Stellschrauben für die Planung benannt werden können. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen damit einen Beitrag dazu leisten, Lösungsansätze für die Gestaltung qualitätsvoller und menschengerechter öffentlicher Stadträume zu erarbeiten.

5 DISKUSSION

Mit den ersten Ansätzen der vorgestellten Studie „Decoding Stress“ wurde eine Methodik entwickelt, die es ermöglicht, Aspekte der Stadt- und Raumwahrnehmung in die Stressorenanalyse miteinzubeziehen. Damit wird ein Beitrag dazu geleistet, das subjektive Empfinden des Menschen bei seiner Bewegung durch die Stadt zu erforschen und ihn erstmals auch in den Fokus der retrospektiven Stressorenanalyse zu rücken. Aus diesem Verständnis heraus bleibt das Subjekt, also der seine Umgebung wahrnehmende und verarbeitende Mensch, ein wichtiger Teil der Methodik. Es ist ihr Anspruch, unsere subjektive Raumwahrnehmung zu erfassen und zu objektivieren, ohne dabei jedoch die subjektive Komponente vollständig zu eliminieren. Die in den Stressorenabwicklungen analysierten Faktoren können deshalb zwar nicht als vollumfänglich objektiv angesehen werden, vielmehr soll mit der entwickelten Methodik jedoch das Zusammenspiel aus objektiven und subjektiven Komponenten systematisiert und vergleichbar gemacht werden.

In diesem Kontext bleibt schließlich auch die Frage nach der Anwendbarkeit des Methodenansatzes in der Praxis zu stellen. Bis dato gestalten sich die Erhebungen und Auswertungen der Studie noch sehr zeitintensiv. Im weiteren Verlauf bleibt deshalb zu klären, inwieweit sich die Erfassung der Stressfaktoren, sowie die Darstellung in der Stressorenabwicklung, beziehungsweise in der Stressorenmatrix, zukünftig

systematisiert werden könnte. Dabei könnten Crowdsourcing-Ansätze, beziehungsweise digitale Erfassungstools eine Schlüsselrolle spielen, um die Methodik schließlich für die Planung zu einem anwendbaren Tool zu transferieren.

6 REFERENCES

- BOUCSEIN, W.: Elektrodermale Aktivität: Grundlagen, Methoden und Anwendungen. Springer Berlin, Heidelberg, 1988.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR DIGITALES UND VERKEHR (BMDV): Fahrradland Deutschland 2030 – Nationaler Radverkehrsplan 3.0. Berlin, 2022. Abgerufen am 23.04.2023 von https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/nationaler-radverkehrsplan-3-0.pdf?__blob=publicationFile
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI): Ergebnisbericht Mobilität in Deutschland (MiD) 2017. Bonn, 2018. Abgerufen am 10.04.2023 https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/archive/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf
- CHROUSOS, G. P., LORIAUX, D. L., & GOLD, P. W.: Mechanisms of Physical and Emotional Stress. Erschienen in: *Advances in Experimental Medicine and Biology*, Volume 245. Springer Verlag, 1988.
- ECKART, F.: Stadtforschung – Gegenstand und Methoden. Erschienen in: *Stadtforschung*. Wiesbaden, 2014.
- ECKART, J., MERK, J.: Die sensorbasierte Vermessung des Radverkehrs: Analyse des Radverkehrs mit einem SensorBike mit ubiquitären Sensoren. Erschienen in: *Lecture Notes in Informatics (LNI)*, Gesellschaft für Informatik. Bonn, 2021
- HÖFFKEN, S., WILHELM, J., GROSS, D., BERGNER, B. S., & ZEILE, P.: EmoCycling – Analysen von Radwegen mittels Humansensorik und Wearable Computing. Erschienen in: *Real CORP 2014: Plan it smart – Clever solutions for smart cities*, S. 851–860. Wien, 2014.
- KURTH, D.: In 15 Minuten zur Europäischen Stadt? Erschienen in: *Bauwelt*, Ausgabe 19.2021, Berlin, 2021.
- KARTHIKEYAN, P., MURUGAPPAN, M., & YAACOB, S.: Multiple physiological signal-based human stress identification using non-linear classifiers. Erschienen in: *Elektronika ir Elektrotechnika*, Vol. 19, No. 7, S. 80–85. Kaunas, 2013.
- KREIBIG, S.: Autonomic nervous system activity in emotion: A review. Erschienen in: *Biological Psychology*, Volume 84, Issue 3, 2010. S. 394–421.
- KYRIAKOU, K. & RESCH, B.: Spatial Analysis of Moments of Stress Derived from Wearable Sensor Data. Erschienen in: *Advances in Cartography and GIScience of the International Cartographic Association*, 2. Wien, 2019.
- 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. Erschienen in: *Sensors*, Vol. 19, No. 17. Basel, 2019
- LISSNER, S., FRANCKE, A. & BECKER, T.: Big Data im Radverkehr. Ergebnisbericht: Mit Smartphones generierte Verhaltensdaten im Radverkehr. Technische Universität Dresden. Dresden, 2018. Abgerufen am 30.03.2023 von <https://tud.qucosa.de/api/qucosa%3A31011/attachment/ATT-0/?L=1>
- LYNCH, K.: Das Bild der Stadt. *Bauwelt Fundamente* 16, Berlin, 1965.
- MEHRABIAN, A.: Räume des Alltags – Wie die Umwelt unser Verhalten bestimmt. Frankfurt am Main, 1987.
- NOLD, C.: Emotional cartography: Technologies of the self. London, 2009.
- OPENBIKESENSOR: Dokumentation OpenBikeSensor, 2023. Abgerufen am 02.05.2023 von <https://www.openbikesensor.org/docs/user-guide/>
- PELGER, D., KELLING, E. & STOLLMANN, J.: Multiskalares Mapping. Erschienen in: *Handbuch qualitative und visuelle Methoden der Raumforschung*. Bielefeld, 2021.
- POLIS MAGAZIN: Für mehr Gefühl in der Planung. Erschienen in: *Polis - Magazin Für Urban Development*, Vol. 03/2022. Wuppertal, 2022.
- TAGESSPIEGEL: Radmesser, 2018. Abgerufen am 02.05.2023 von <https://interaktiv.tagesspiegel.de/radmesser/>
- TEMMEN, M.: Messen mit SensorBikes – Wie der Alltagsradverkehr von der Digitalisierung im Radsport profitieren kann. Erschienen in: *Fahrradlabor Hochschule Karlsruhe*, S. 9-14. Karlsruhe, 2022.
- VENTURI, R., SCOTT BROWN, D. & IZENOUR, S.: Lernen von Las Vegas – Zur Ikonographie und Architektursymbolik der Geschäftsstadt. *Bauwelt Fundamente* 53, Wiesbaden, 1979.
- WALTHER, N., PILS, M., TREFZGER, M. & SCHLEGEL, T.: Vergleich des Blickverhaltens von Rad- und E-Scooterfahrenden auf Fahrradstraßen: Analyse einer Eye-Tracking-Studie in Bezug auf Verkehrsschilder und Straßenmarkierungen. Erschienen in: *Fahrradlabor Hochschule Karlsruhe*, S. 27-37. Karlsruhe, 2022.
- WERNER, C., RESCH, B. & LOIDL, M.: Evaluating Urban Bicycle Infrastructures through Intersubjectivity of Stress Sensations Derived from Physiological Measurements. Erschienen in: *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2019, 8(6), 265. MDPI AG. 2019.
- ZEILE, P., EXNER, J.-P., HÖFFKEN, S., & STREICH, B.: Menschen als Messfühler - Die Kombination von Geowebmethoden und Sensorik. Erschienen in: *REAL CORP 2010: Cities for everyone – Liveable, Healthy, Prosperous. Promising vision or unrealistic fantasy?* S. 419–426. Wien, 2010.
- ZEILE, P., HAUG, N., SCHMIDT-HAMBURGER, C., BENGEL, S., & MOTZER, N.: Emotion Sensing für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort – Das BMDV-Projekt ESSEM. Erschienen in: *REAL CORP 2022: Mobility, Knowledge and Innovation Hubs in Urban and Regional Development*, S. 259-268. Wien, 2022.
- ZEILE, P., RESCH, B., EXNER, J.-P., SAGL, G., SUMMA, A.: Urban Emotions – Kontextuelle Emotionsinformationen für die Räumliche Planung auf Basis von Echtzeit- Humansensorik und Crowdsourcing-Ansätzen. Erschienen in: *Angewandte Geoinformatik – Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg*. Salzburg, S. 664–669. Salzburg, 2014.
- ZEILE, P., OBST, T., DEMBSKI, F., DRESCHER, J., CINAR, Ö. & WÖSSNER, U.: Radfahren und Zufußgehen auf realen und virtuellen Flächen – Das NRVP-Projekt Cape Reviso. Erschienen in: *REAL CORP 2021: Cities 20.50 Creating Habitats for the 3rd Millenium smart – sustainable – climate neutral*. S. 613-622. Wien, 2021.