

STRESS UND EMOTIONEN IN DER AKTIVEN MOBILITÄT MESSEN POTENZIALE UND GRENZEN DER HUMANSENSORIK FÜR DIE VERKEHRSPPLANUNG

Dissertation

Linda Dörrzapf



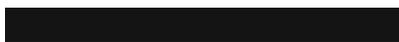
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

DISSERTATION

**Stress und Emotionen in der aktiven Mobilität messen
Potenziale und Grenzen der Humansensorik für die Verkehrsplanung
ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer Doktorin der
Technischen Wissenschaften
Raumplanung und Raumordnung unter der
Leitung von**

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Martin Berger
E280-05 Forschungsbereich Verkehrssystemplanung (MOVE)
Institut für Raumplanung

Begutachtung durch
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Reutter
Prof. Dr. Angela Francke
eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung
von
Dipl.-Ingⁱⁿ Linda Dörrzapf



Wien, 07.02.2023

Vorwort & Danksagung

Vor mehr als 10 Jahren fand in „Bau 1“ meiner Heimatuniversität, der TU Kaiserslautern, eine kleine Studie statt. Ausgestattet mit einem Armbandprototyp sollten zwei kurze, stark kontrastierende Videos angeschaut werden: Möwen, die am Strand über die Brandung segelten, begleitet von einem gedämpften Meeresrauschen; und als zweiter Film eine chirurgische Beinamputation. Dabei sollte untersucht werden, ob das Armband eine Veränderung der Hautleitfähigkeit und der Hauttemperatur erfasst, um danach Stress – ausgelöst durch den zweiten Film – ableiten zu können. Als Teilnehmende dieser Studie war mir zum einen nicht ganz klar, was der Forscher nun genau messen würde und zum zweiten noch weniger, dass diese Methode für meine Dissertation Jahre später eine wesentliche Bedeutung haben wird. Dr. Peter Zeile, damals wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Kaiserslautern, hatte die Vision, mit diesen Armbändern, „(Un-)Wohlfühlorte“ in der Stadt und Mobilität zu identifizieren. Ich ließ mich von seiner Begeisterung für das Thema als studierende Hilfskraft inspirieren. Warum wir bestimmte Dinge in der Stadt wahrnehmen und wie wir uns bei der Fortbewegung darin fühlen, hat mich bereits als angehende Raumplanerin interessiert und tut es heute noch. Diese „Emotionen“ auch noch messbar zu machen, war eine Forschungsrichtung, die viele Potenziale erkennen ließ. Ein paar Jahre später und an einer weiteren Technischen Universität, diesmal in Wien, konnte ich dieses Thema dank meines Betreuers und Vorgesetzten Prof. Martin Berger weiter aufgreifen und bearbeiten. So entstanden aus der oben beschriebenen initialen Studie mit Armbandprototypen mehrere Forschungs Kooperationen und -projekte und letztendlich auch diese Dissertation mit dem Titel „Stress und Emotionen in der aktiven Mobilität messen – Potenziale und Grenzen der Humansensorik für die Verkehrsplanung“.

An dieser Stelle möchte ich allen Menschen danken, die mich bei der Anfertigung meiner Dissertation unterstützt haben.

Besonders danken möchte ich Prof. Martin Berger für die hervorragende Betreuung und Unterstützung bei der Umsetzung der gesamten Arbeit sowie für seine pragmatische Haltung. Er verhalf mir immer wieder dazu, mein Vorgehen zu reflektieren, die Arbeit mit verschiedensten Ideen voranzubringen und neue Denkansätze anzustoßen.

Des Weiteren möchte ich Dr. Peter Zeile für die Motivation, den langjährigen fachlichen und freundschaftlichen Austausch und die Unterstützung meinen herzlichen Dank aussprechen.

Ich danke außerdem allen Interviewpartner*innen für ihre Zeit, die wertvolle Gespräche und den spannenden Input.

Nicht zuletzt gilt mein Dank auch den Kolleg*innen an der TU Wien und meinen Freund*innen für ihre tatkräftige Unterstützung und Aufmunterung. Insbesondere danke ich Sebastian Hör, einem langjährigen guten Freund, für sein präzises und humorvolles Korrekturlesen meiner Arbeit. Ebenso ergeht ein großer Dank an meine Kollegin Vanessa Södl-Niederecker für den regelmäßigen kraftgebenden Austausch zu den Höhen und Tiefen einer Dissertation sowie ihr wertvolles Feedback zu meiner Arbeit.

Meinem Vater danke ich für die Geduld und das zurückhaltende Nachfragen zum Fortschritt meiner Arbeit. Danke an meine Mutter, die sicherlich stolz wäre.

Besonderer Dank ergeht an meinen Freund Robert Großauer für seine Ermutigung, seinen Zuspruch und seine vielfältige Unterstützung. Dein Rückhalt und Optimismus gaben mir viel Kraft – besonders in mühsamen Phasen. Lieber Robert, danke!

Kurzfassung

*Radfahrer*innen, die sich an Autos vorbeischlängeln, geschnitten und angehupt werden. Fußgänger*innen, die bei kurzen Ampelphasen über Straßen hetzen und sich in der nächsten verkehrsberuhigten Zone über die schattenspendenden Bäume freuen. Lärm und visuelle Eindrücke, die an uns herandrängen und bis zum Ziel an unseren Gemütern haften bleiben. Aktive Mobilität ist mehr als eine Fortbewegung, die dem Zweck dient, um von A nach B zu kommen. Sie ist zugleich gesund und gefährlich, befreiend und restriktiv, alltäglich und freizeithlich, entspannend und nervenaufreibend. Es ist ein Auf und Ab, ein Wechselbad, nicht nur der positiven Emotionen, sondern auch des Stresses.*

Stress und Emotionen werden insbesondere im Zuge der Reurbanisierung vermehrt diskutiert. Es geht um Wohlbefinden, Stressfreiheit und im weitesten Sinne (mentale) Gesundheit der städtischen Bevölkerung in ihrem Alltag und in ihrer Fortbewegung. Gerade Menschen, die sich mit dem Rad oder zu Fuß bewegen, haben unmittelbar Kontakt zur gebauten Umgebung und den diversen Einflüssen, die auf sie wirken: Lärm, Hitze, Abgase, andere Menschen und Verkehrsmittel. Aktive Mobilität gewinnt im Zuge der Klimakrise und angestrebten Mobilitätswende an Bedeutung und wurde zum Ziel nachhaltiger Stadt- und Verkehrsplanung. Diese erkennt auch zunehmend die Relevanz der Wechselbeziehung „Mensch–Raum“ und der subjektiven, emotionsbezogenen Faktoren der Mobilität als wesentlichen Aspekt des Mobilitätsverhaltens. In der Mobilitätsforschung werden diese Faktoren in Mobilitätserhebungen aufgegriffen. Von Mobilitätstagebüchern, über Befragungen und GPS-Tracking bis hin zur **sensorbasierten Erfassung von Emotionen bei der aktiven Mobilität** reicht die große Bandbreite, ohne dabei ein umfassendes Bewertungsinstrument erreicht zu haben. Insbesondere letztere, auch **Humansensorik** genannt, umfasst die Messung physiologischer Signale mithilfe von Sensoren. Diese physiologischen Signale (wie Änderungen der Hautleitfähigkeit) können Aufschlüsse über ein (negatives) Erlebnis (z. B. beim Zufußgehen oder Radfahren) geben und somit subjektive Erlebnisse quantifizierbar machen. Ein kurzes Stressmoment kann sich physiologisch als ein selbst wenige Sekunden dauerndes Schwitzen zeigen und wird dadurch messbar. Somit wird das Unsichtbare und das Subjektive von Emotionen und Stress sichtbar und objektiv. Diese Messmethoden der Humansensorik sind aber noch weit entfernt vom Einsatz im praktischen (verkehrs-)planerischen Feld. Gründe dafür variieren zwischen unzureichenden technischen Lösungen, hohem Aufwand und der Frage nach der Verlässlichkeit der Daten. Hinzu treten noch ethische und datenschutzrechtliche Anforderungen, die besonderer Aufmerksamkeit und Klärung bedürfen. Dennoch birgt die Methode enorme Potenziale für planerische Prozesse und bringt auf Basis objektiver, evidenzbasierter Daten eine neue Perspektive für die Verkehrsplanung ein. Es stellt sich dennoch die Frage, nachdem alle Daten erfasst, alle Technologien ausprobiert und viele (Human-) Sensoren eingesetzt wurden, was in der Planung anwendbar ist und als Neugestaltung im Raum umgesetzt werden kann, um die aktive Mobilität im Hintergrund der Mobilitätswende zu fördern.

Ziel der Arbeit war es u. a., (a) relevante Theorien und Begriffe der Emotionspsychologie, Stadt- und Verkehrsplanung in Bezug auf Stress und Emotionen und deren Genese einzuordnen und zu beschreiben. Emotionen wurden im Kontext des urbanen Raumes und aktiven Mobilität aus Sicht der Verkehrs- und Stadtplanung sowie der Psychologie beschrieben und eingeordnet. Ein weiteres Ziel bestand darin, (b) die internationale Forschung zum Thema Humansensorik zu analysieren, um u. a. Lücken der Anwendbarkeit als Anknüpfungspunkte der eigenen Forschung zu identifizieren. (c) Methoden der Humansensorik mit Fokus auf die Hautleitfähigkeit wurden aufgezeigt und anhand von Fallbeispielen in eigenen realisierten Forschungsprojekten analysiert. Abschließend wurden (d) die Methode der Humansensorik mit Expert*innen reflektiert und Potenziale für die Planung und Gestaltung von öffentlichen Räumen

eruiert (kritische Auseinandersetzung, Chancen, Potenziale, Anwendungsanforderungen).

Methodisches Vorgehen: Bei der Arbeit wurde ein Methodenmix angestrebt, der auf einem explorativen Forschungsansatz basiert, da die Arbeit einen neuen oder bislang wenig erforschten Sachverhalt erkundet. Neben der Darstellung der Genese der Humansensorik und einer systematischen Literaturanalyse verdeutlicht die Analyse von zwei Fallstudien inkl. Befragung der Teilnehmer*innen (realisierte Forschungsprojekte, n = 67 und n = 5) die Anwendung im forschungsbezogenen Feld. Als wesentliche qualitative Methode wurden darauf aufbauend leitfadengestützte Expert*innen-Interviews realisiert. Dabei lag ein Fokus auf der Rolle von Emotionen und Stress in Forschung und Praxis sowie auf der Anwendbarkeit der Humansensorik in (Verkehrs-) Planungsprozessen.

Die **Ergebnisse** lassen sich entlang der Ziele wie folgt zusammenfassen:

A. Emotionen und Stress sind in der Verkehrsplanung nach wie vor ein Randthema, gewinnen aber zunehmend an Bedeutung. Neue (nachhaltige) Fortbewegungsmittel und die Bedeutung der aktiven Mobilität als Beitrag zur Mobilitätswende eröffnen neue Fragestellungen zu den subjektiven, emotionalen Faktoren der Mobilität, die bisher nur rudimentär betrachtet wurden. Humansensorik – entstanden vor ca. 10 Jahren – setzt als neue Forschungsrichtung daran an und bietet das Potenzial, Emotionen und Stress, die von physiologischen Daten abgeleitet wurden, in Verbindung mit der gebauten Umwelt in die Verkehrsplanung einzubinden. Dennoch besteht die Herausforderung der unklaren Begrifflichkeiten und der unzureichend integrierten Theorien der einzelnen Disziplinen.

B. Bei der Analyse des nationalen und internationalen Felds zu Humansensorik lässt sich feststellen, dass bisherige Studien Grenzen aufweisen, wobei bereits eine deutliche Genese von den ersten Vorhaben zu bemerken ist. Dies lässt auch Rückschlüsse auf eine künftige Entwicklung zu. Folgende Limitationen lassen sich erkennen: a) keine Zufallsauswahl der Teilnehmer*innen, b) geringe Stichprobengröße, c) keine medizinisch zertifizierten Wearables, d) keine ergänzenden Nutzer*innen-Befragungen und e) keine bzw. intransparente ethische Abklärung. Darüber hinaus lassen sich eine unzureichende analytische Tiefe und Potenzialausschöpfung der Methode feststellen.

C. Die zwei untersuchten Fallbeispiele (FB) konnten die in der Literaturanalyse identifizierten Lücken teilweise aufgreifen und Schwerpunkte auf die Nutzer*innen, die Visualisierung und die ethischen Belange legen. Dahingehend wurde in FB 1 – mit dem Ziel, kritische Stellen entlang des Fußwegs zu identifizieren – u. a. erkannt, dass a) die Präsentation der Ergebnisse über eine Visualisierungsplattform, die verschiedene Datenquellen (u. a. Stressdaten) zusammenführt, für das Forschungsteam und auch für praktische Planer*innen als nützlich erachtet wurde, b) beim Vergleich der verschiedenen Datenquellen manche konsistent sind aber nicht immer übereinstimmen, c) sich überwiegend gehaffene, gut gebildete Teilnehmer*innen bereiterklärt haben, bei den Feldtests mitzumachen und d) Wearables am Handgelenk von den Teilnehmer*innen als weniger störend betrachtet wurden, als der Brustgurt. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass diese eher akzeptiert werden.

In FB2 wurde die Anwendbarkeit der tragbaren Geräte für Kinder getestet, um ggf. verkehrssicherheitsrelevante Mängel am Schulweg aufzuzeigen. Dahingehend wurde u. a. erkannt, dass a) die Wearables grundsätzlich für Kinder geeignet sind und die Datenerfassung möglich ist und b) diese von Eltern und Kindern selbstständig bedient werden können, aber c) u. a. aufgrund der geringen Stichprobe keine verkehrsplanerischen Handlungsanforderungen aus den Daten ableitbar waren. Darüber hinaus konnten d) die ethischen Belange umfassend geklärt werden.

D. Die Expert*innen-Interviews verdeutlichten, dass Mehrwert und Chancen der Humansensorik gesehen werden, insbesondere in der „Sichtbarmachung“, der Objektivität der Daten und der möglichen Vergleichbarkeit. Humansensorik kann von der zunehmenden Bedeutung der aktiven Mobilität profitieren, sowie von mehr massentauglichen Wearables und dem Bedarf an einer höheren Datendichte für planerische Entscheidungen. Die konzeptionelle Verschneidung der Humansensorik mit einem Planungsprozess zeigt, dass die Methode der Humansensorik in verschiedenen Schritten anknüpfen kann. So bieten sich unter anderem die Erhebung von Mängeln, die Identifikation von kritischen Stellen in der Fuß- und Radinfrastruktur und die Vorher- Nachher-Untersuchung von infrastrukturellen Planungen an. Wesentliche Anwendungsbereiche der Methode werden insbesondere in der Verkehrssicherheit gesehen. Doch die Humansensorik ist von einem praktischen Einsatz noch weit entfernt und es bedarf noch Grundlagen- bzw. anwendungsbezogene Forschung sowie interdisziplinäre Zusammenarbeit. Damit Daten aus der Humansensorik eine stärkere Berücksichtigung in der Planung finden, müssen (seitens Nutzer*innen, Praxis) die Akzeptanz erhöht, die Anwendung der Technologie, die Schnittstellen zum Smartphone und die Zugänglichkeit der Daten (auf Forscher*innenseite) vereinfacht sowie der Zugang zu den Wearables erleichtert werden (günstiger, praktischer, „mainstream tools“ auf Nutzer*innenseite). Es wird sich zeigen müssen, inwiefern das Thema der Humansensorik in der Forschungslandschaft präsent bleibt, sich etabliert und sich die Diffusion in die Verkehrsplanung gestaltet.

Abstract

Cyclists that weave past cars, get cut off and honked at. Pedestrians that rush across streets at short traffic lights and appreciate the shady trees in the nearest traffic-calmed zone. Noise and visual impressions that rush up to us and stay in our minds until we reach our destination. Active mobility is more than mobility that serves the purpose of getting from point A to point B. It is both healthy and dangerous, liberating and restrictive, mundane and recreational, relaxing and nerve-wracking. It is an up and down, a roller coaster, not only of positive emotions but also of stress.

Stress and emotions are increasingly the subject of research, particularly within the scope of reurbanisation. Reurbanisation concerns well-being, freedom from stress and, in the broadest sense, the (mental) health of the urban population in their everyday life and in their mobility. Cyclists and pedestrians, in particular, have direct contact with the built environment and the diverse influences that affect them: noise, heat, emissions, other people and means of transport. Active mobility is gaining importance in the wake of the climate crisis and the desired mobility turnaround, and has become the goal of sustainable urban and transportation planning. The latter is also increasingly recognising the relevance of the interaction between people and space, as well as the subjective, emotion-related factors of mobility as an essential aspect of mobility behaviour. In mobility research, these factors are taken up in mobility surveys. From mobility diaries, surveys and GPS tracking, to **sensor-based recording of emotions in active mobility**, a wide range of methods has been used, without resulting in the creation of a comprehensive assessment tool. The latter, also called **“human sensory assessment”**, involves the measurement of physiological signals using sensors. These physiological signals (such as changes in skin conductance) can provide information about a (negative) experience (e.g., walking or cycling) and thus make subjective experiences quantifiable. A brief moment of stress can show up physiologically as a sweat lasting but a few seconds, thus becoming measurable. In this way, the invisible and the subjective aspects of emotions and stress become visible and objective. However, these measurement methods of “human sensory assessment” are still far from being used in the practical (transportation) planning field. Reasons for this vary from insufficient technical solutions, the high effort required and the question of data reliability. In addition, there are ethical and data protection requirements that need particular attention and clarification. Nevertheless, the method holds enormous potential for planning processes and brings a new perspective to transportation planning on the basis of objective, evidence-based data. After all the data has been collected, all technologies have been tried, and many (human) sensors have been used, the question remains: What is applicable in planning and can be implemented as a redesign in space to promote active mobility in the background of the mobility transition?

The **aims of the work** were, among others, (a) to classify and describe relevant theories and concepts of emotion psychology, urban and transport planning in relation to stress and emotions and their genesis. Emotions were described and classified in the context of urban space and active mobility from the perspective of traffic and urban planning and psychology. A further goal was (b) to analyse international research on the topic of “human sensory assessment” in order to identify, among others, gaps in applicability as a starting point for own research. (c) Methods of “human sensory assessment” with a focus on skin conductivity were presented and analysed on the basis of case studies (own, realised research projects). Finally, (d) the method of “human sensory assessment” was reflected with experts and potentials with regard to the planning and design of public spaces (critical examination, chances, potentials, application requirements).

Methodological approach: The work aimed to employ a mix of methods based on an explorative research approach, given that the work explores a novel or, thus far, little-researched issue. In addition to the presentation of the genesis of “human sensory assessment” and a systematic literature analysis, the analysis of two case studies including interviews with participants (realised research projects, $n = 67$ and $n = 5$) illustrates the application in the research-related field. As an essential qualitative method, guideline-based interviews with experts were realised. Their focus lay on the role of emotions and stress in research and practice, as well as on the applicability of “human sensory assessment” in (transportation) planning processes.

The **results** can be summarised along the objectives as follows:

A. Emotions and stress remain a marginal issue in transportation planning, but are gaining importance. New (sustainable) means of transport and the importance of active mobility as a contribution to the mobility turnaround open up new questions on the subjective, emotional factors of mobility, which have thus far only been considered rudimentarily. “Human sensory assessment” – a field which emerged about 10 years ago – addresses these issues as a new research direction and bears the potential to bring emotions and stress derived from physiological data in connection with the built environment into transportation planning. Nevertheless, the process faces the challenges of unclear terminology and insufficiently integrated theories across disciplines.

B. Analysing the national and international field on “human sensory assessment”, it can be observed that previous studies show limitations, with a clear genesis already noticeable from the initial projects. This also allows conclusions to be drawn about future developments. The following limitations can be identified: a) no random selection of participants, b) small sample size, c) no medically certified wearables, d) no supplementary user surveys and e) lack of or intransparent ethical clarification. In addition, it is possible to identify insufficient analytical depth and exploitation of the method’s potential.

C. The two case studies examined were able to partially address the identified gaps in the literature review and focus on users, visualisation and ethical concerns. In this regard, FB 1 – with the goal of identifying critical locations on the footpath – recognised, among other things, that a) the presentation of results via a visualisation platform, which brings together different data sources (including stress data) was considered useful for the research team and also for practical planners, b) when comparing the different data sources, some are consistent but do not always agree, c) participants who agreed to take part in the field tests were mostly affluent and well-educated, and d) wearables on the wrist were considered less annoying than the chest strap by the participants. Therefore, it can be concluded that they are more likely to be accepted.

In FB2, the applicability of the wearable devices for children was tested in order to identify any traffic safety-related deficiencies on their way to school. In this regard, the study recognised, among other things, that a) the wearables are fundamentally suitable for children and that data collection is possible and that b) they can be operated independently by parents and children, but c) no traffic planning action requirements could be derived from the data, for example, due to the small sample. In addition, d) ethical concerns could be fully addressed.

D. The expert interviews made clear that the added value and opportunities of “human sensory assessment” are seen, especially as regards visualisation, data objectivity and potential comparability. “Human sensory assessment” can

benefit from the increasing importance of active mobility, as well as from more wearables suitable for mass use and the need for higher data density for planning decisions. The conceptual intersection of “human sensory assessment” with a planning process shows that the method can tie in with different steps. For example, possible applications include the survey of deficiencies, the identification of critical points in the pedestrian and bicycle infrastructure and the before and after examination of infrastructural planning. Major applications of the method are seen particularly in traffic safety. However, “human sensory assessment” is still far from being used in practice, and basic or applied research as well as interdisciplinary collaboration is still needed. In order for data from “human sensory assessment” to be taken into greater account in planning, its acceptance must be increased (on the part of users, practice), the technology, smartphone interfaces and data accessibility must be simplified (on the researchers’ side), and access to wearables must be made easier (cheaper, more practical, “mainstream tools” on the users’ side). It remains to be seen to what extent the topic of “human sensory assessment” will remain present in the research landscape, establish itself and diffuse into transport planning.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort & Danksagung.....	5
Kurzfassung.....	7
Abstract	10
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	17
Glossar	20
Abkürzungsverzeichnis.....	21
Bildquellen.....	22
1 Einleitung.....	24
1.1 Forschungsgegenstand und Hintergrund.....	24
1.2 Motivation und Erkenntnisinteresse	25
1.3 Forschungsfragen und Ziele der Arbeit.....	27
1.4 Aufbau und konzeptioneller Rahmen der Arbeit.....	29
1.5 Forschungsansatz und Methoden.....	30
2 Emotionen und Stress in der Stadt- und Verkehrsplanung.....	34
2.1 Emotionen in der Psychologie.....	35
2.1.1 Emotion und Emotionsbegriff.....	35
2.1.2 Emotionstheorien.....	36
2.1.3 Das Konzept „Stress“.....	38
2.1.4 Physiologische Veränderungen messen – Grundlagen.....	40
2.1.5 Bedeutung physiologischer Veränderung für die Messung von Emotionen.....	46
2.1.6 Die Emotionsmessung vom Labor in die reale Umgebung.....	46
2.1.7 Zwischenfazit: Emotionen aus der psychologischen Perspektive & Hürden.....	49
2.2 Emotion in der Planung – Ursprünge und Genese.....	50
2.2.1 Wahrnehmungsgeographie und das Bild der Stadt	52
2.2.2 Humansensorik – Erfassung von „Emotionen“ über physiologische Parameter	55
2.2.3 Von Stadt- und Umweltpsychologie zu Neurourbanismus?	61
2.2.4 Zwischenfazit aus planerischer Perspektive	63
2.3 Emotion in der Mobilitätsforschung	64
2.3.1 Zufriedenheitsforschung – Subjektives Wohlbefinden in der Mobilität.....	65

2.3.2	Emotionen während der Mobilität	67
2.3.3	Ausgewählte Methoden der Zufriedenheits- und Mobilitätsforschung.....	68
2.3.4	Operationalisierungsansätze der subjektiven Faktoren der Mobilität.....	69
2.3.5	Exkurs Walkability & Bikeability	71
2.3.6	Potenziale der Humansensorik für die Mobilitätsforschung?	73
2.3.7	Zwischenfazit: Emotionen aus der Perspektive der Mobilitätsforschung	75
3	Systematische Literaturanalyse: Humansensorik und aktive Mobilität.....	78
3.1	Motivation und Ziele der analysierten Studien	80
3.2	Die Forschungsdesigns.....	82
3.3	Die Forscher*innen – ein interdisziplinäres Feld	88
3.4	Herangehensweisen der Datenauswertung	89
3.5	Identifizierte Stressoren	94
3.6	Grenzen und Ansatzpunkte der (eigenen) Forschung	95
3.7	Fazit aus der systematischen Literaturanalyse	100
4	Beschreibung und Analyse der Fallstudien.....	104
4.1	Methode der Fallstudienanalyse	104
4.2	Übersicht der Fallstudien	107
4.3	Fallstudie 1: Wohlfühlen beim Gehen	109
4.3.1	Motivation und Ziele des Forschungsprojektes.....	109
4.3.2	Das Forschungsdesign	109
4.3.3	Datenauswertung.....	114
4.3.4	WebClient zur Visualisierung der Ergebnisse.....	114
4.3.5	Ausgewählte Ergebnisse	116
4.3.6	Nutzer*innen-Akzeptanz	126
4.3.7	Stakeholder*innen-Workshop	131
4.3.8	Abschließende Betrachtung und aktueller Stand.....	132
4.4	Fallstudie 2: Kinder und Stress am Schulweg.....	133
4.4.1	Motivation und Ziele der Studie	133
4.4.2	Das Forschungsdesign	134
4.4.3	Datenauswertung.....	138
4.4.4	Ausgewählte Ergebnisse	138

4.4.5	Rückkoppelung mit dem Ethik-Komitee der Technischen Universität Wien.....	141
4.4.6	Abschließende Betrachtung.....	144
4.5	Gemeinsamkeiten & Unterschiede der Fallstudien	145
5	Reflexion – Einsatz der Humansensorik in der Verkehrsplanung	152
5.1	Methode der Expert*innen-Interviews	152
5.1.1	Auswahl der Expert*innen	152
5.1.2	Operationalisierung und Leitfaden	153
5.1.3	Qualitative Inhaltsanalyse.....	155
5.2	Trends mit Relevanz für den Einsatz von Humansensorik.....	156
5.3	Lücke von Forschung und Planungspraxis – Planungsrealität öffentlicher Räume.....	158
5.4	Mehrwert und Chancen beim Einsatz von Humansensorik in der Planungspraxis.....	161
5.5	Anwendungsbereiche der Humansensorik.....	163
5.5.1	Exemplarisches Planungsmodell.....	163
5.5.2	Anwendungsbereiche der Humansensorik	165
5.6	Anwendungsanforderungen der Humansensorik in der Planung von öffentlichen Räumen.....	169
5.6.1	Formalisierte Planungsschritte vs. iterative Forschung.....	169
5.6.2	Aufwand vs. Wirtschaftlichkeit	171
5.6.3	Verantwortung und forschungsethische Ansprüche	173
5.6.4	Bewusstsein für Humansensorik – Diffusion in die Gemeinden.....	174
5.6.5	Kommunikation und Kommunizierbarkeit	178
5.6.6	Anwender*innenfreundlichkeit der Wearables	180
5.6.7	Ansprüche verschiedener (Expert*innen-)Gruppen	180
6	Synthese & Fazit.....	184
6.1	Synthese und Erkenntnisse der eigenen Forschung und Empirie.....	184
6.2	Abschließende Betrachtung	189
7	Diskussion & Forschungsbedarf	192
7.1	Methodendiskussion	192
7.1.1	Systematischen Literaturanalyse	192
7.1.2	Fallstudienanalyse	192
7.1.3	Expert*innen-Interviews.....	193
7.2	Forschungsbedarf	194

7.3	Inhaltliche Diskussion.....	196
7.3.1	Thematische Dimension: Zwischen Anwendung und Planungsproblem	196
7.3.2	Konzeptionelle Dimension: Humansensorik zwischen verschiedenen Disziplinen und vielen Daten	197
7.3.3	Methodische Dimension: Von der Humansensorik als Methode zur Methodologie?	199
7.3.4	Prozessuale Dimension: Der Weg zu den Emotionsdaten	199
7.3.5	Technologische Dimension: Dynamik des Marktes und technologischen Entwicklung.....	201
7.3.6	Gesellschaftliche (& philosophische) Dimension: Was ist Stress und ist Stress so schlecht?	201
7.4	Ausblick.....	202
7.4.1	Gesellschaftliche Trends zu Citizen Science und Selbstvermessung.....	202
7.4.2	Daten, Technologien und Marktentwicklung	203
7.4.3	Zukunft der Forschung zur Humansensorik.....	204
7.4.4	Bedeutung öffentlicher Räume und des Klimawandels für Humansensorik.....	205
	Literaturverzeichnis	207
	Anhänge	221
	Zu Kapitel 2.....	221
	Anhang I: Stressoren	221
	Zu Kapitel 4.....	222
	Anhang II: Fragebogen und Mental Maps aus Walk & Feel (FB 1).....	222
	Anhang III: Screenshots WebClient	231
	Anhang IV: Walkability Index Untersuchungsgebiete	233
	Anhang V: Fußgänger*innen-Typen	235
	Anhang VI: Schulwegetagebuch (Beispiel).....	236
	Anhang VII: Interview-Leitfaden für Kinder & Eltern zum Feldtest	237
	Anhang VIII: Manual Verwendung Wearables – Informationen für Eltern	238
	Zu Kapitel 5.....	242
	Anhang IX: Übersicht Expert*innen	242
	Anhang X: Leitfaden Expert*innen-Interview (Beispiel Planungspraxis).....	245
	Anhang XI: Kostenaufstellung.....	247
	Lebenslauf.....	248

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit (eigene Darstellung).....	29
Abbildung 2: Forschungsansatz der Arbeit (eigene Darstellung).....	30
Abbildung 3: Weitere Daten aus den Fallbeispielen (eigene Darstellung).....	32
Abbildung 4: Zusammenhänge der Forschungsrichtungen (eigene Darstellung).....	34
Abbildung 5: Emotionen in der Alltagsvorstellung (eigene Darstellung).....	37
Abbildung 6: Emotionen als integratives Modell (eigene Darstellung nach Faller, 2006).....	38
Abbildung 7: Ein Stressmodell (eigene Darstellung nach Gerrig & Zimbardo, 2008).....	39
Abbildung 8: Verlauf einer Hautleitfähigkeitsreaktion (eigene Darstellung nach Schandry, 1998).....	42
Abbildung 9: Intensität von Gefühlen und physiologischen Veränderungen nach Emotionsinduktion (nach Metaanalyse von Lench, 2011); eigene Darstellung nach Schmidt-Atzert et al. (2014).....	44
Abbildung 10: Übersicht über smarte Wearables und Devices (© Lukas Philippovich für das Projekt Walk & Feel)	48
Abbildung 11: Taxonomie von Wearables auf drei Ebenen, eigene Darstellung nach Kamišalić et al. (2018)	48
Abbildung 12: Disziplinen und Forschungsrichtungen rund um Emotionen und gebaute Umwelt als schematische Skizze im zeitlichen Verlauf (eigene Darstellung).....	51
Abbildung 13: Visualisierung der Befragungen und Kartenskizzen aus den Feldbegehungen (Lynch, 1960).....	53
Abbildung 14: Greenwich Emotion Map (links) und Google Earth KML mit Teilnehmer*in-Anmerkungen (rechts) (Nold, 2009).....	56
Abbildung 15: Heatmap zu den identifizierten „Arousals“ (Zeile et al., 2016).....	57
Abbildung 16: Prototypischer Forschungsprozess der Humansensorik.....	59
Abbildung 17: Induktive und deduktive Vorgehensweise der Humansensorik, sowie Mischformen (eigene Darstellung).....	60
Abbildung 18: Boxplots der Werte für den Mobilitätsfaktor nach Pendelart (Singleton, 2019).....	66
Abbildung 19: Satisfaction with Travel Scale (de Vos et al., 2015).....	68
Abbildung 20: Übersicht Wegesammler-App 2.0 (Quelle: Android App Store, 2022).....	69
Abbildung 21: Operationalisierungsansatz der subjektiven und objektiven Wahrnehmung der Mobilität (eigene Darstellung).....	70
Abbildung 22: Walkability-Faktoren (adaptierte Darstellung nach Ewing & Handy, 2009).....	72
Abbildung 23: Level of Traffic Stress, Grafik von Alta Planning + Design (2017).....	73
Abbildung 24: Anknüpfungspotenziale zwischen Mobilitätsforschung, Zufriedenheitsforschung und Humansensorik (eigene Darstellung).....	74
Abbildung 25: Flow-Diagramm zur Auswahl der Studien (eigene Darstellung).....	79
Abbildung 26: Ansätze der Forschungsmotivation und -tätigkeit (eigene Darstellung).....	81
Abbildung 27: Literaturmap der 18 Publikationen der Literaturanalyse (eigene Darstellung nach Litmaps).....	88
Abbildung 28: Anzustrebende Ansätze der Forschungsmotivation und -tätigkeit (eigene Darstellung).....	101
Abbildung 29: Anknüpfungen der Fallbeispiele an die Literaturanalyse, Synthese aus Tabelle 8 (eigene Darstellung).....	102
Abbildung 30: Vorgehensweise der Fallstudienanalyse (eigene Darstellung).....	105
Abbildung 31: Walk & Feel-WebClient – Übersicht verschaffen (Brozca et al., 2020).....	115

Abbildung 32: Walk & Feel-WebClient – Stresspunkte anzeigen (Brozca et al., 2020).....	115
Abbildung 33: Walk & Feel-WebClient – Walkability-Index darstellen (Brozca et al., 2020)	116
Abbildung 34: Wohlempfinden beim Spaziergang (links) und Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer*innen (rechts) in der Seestadt (eigene Darstellung)	117
Abbildung 35: Walk & Feel-WebClient – Seestadt (Quelle: PRISMA solutions)	118
Abbildung 36: Seestadt (Aufnahme Teilnehmer*in).....	118
Abbildung 37: Walk & Feel-WebClient – Seestadt (Quelle: PRISMA solutions)	119
Abbildung 38: Seestadt (Aufnahme Teilnehmer*in).....	119
Abbildung 39: Wohlempfinden beim Spaziergang (links) und Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer*innen (rechts) in Salzburg Süd (eigene Darstellung).....	120
Abbildung 40: Walk & Feel-WebClient – Salzburg Süd (Quelle: PRISMA solutions)	121
Abbildung 41: Salzburg Süd (Aufnahme Teilnehmer*in).....	121
Abbildung 42: Walk & Feel-WebClient – Salzburg Süd (Quelle: PRISMA solutions)	122
Abbildung 43: Salzburg Süd (Aufnahme Teilnehmer*in).....	122
Abbildung 44 Wohlempfinden beim Spaziergang (links) und Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer*innen (rechts) in Salzburg Lehen (eigene Darstellung)	123
Abbildung 45: Walk & Feel-WebClient – Salzburg Lehen (Quelle: PRISMA solutions).....	124
Abbildung 46: Salzburg Lehen (Aufnahme Teilnehmer*in)	124
Abbildung 47: Walk & Feel-WebClient – Salzburg Lehen (Quelle: PRISMA solutions).....	125
Abbildung 48: Salzburg Lehen (Aufnahme Teilnehmer*in)	125
Abbildung 49: Häufigkeit Zufußgehen (eigene Darstellung)	127
Abbildung 50: Einstellung Zufußgehen (eigene Darstellung).....	127
Abbildung 51: Fußgänger*innentypen (eigene Darstellung)	127
Abbildung 52: Anlegen Sensor (n = 67) (eigene Darstellung).....	128
Abbildung 53: Tragen bequem (n = 67) (eigene Darstellung).....	128
Abbildung 54: Denken an Sensor (n = 67) (eigene Darstellung).....	129
Abbildung 55: Beim Gehen eingeschränkt (eigene Darstellung).....	129
Abbildung 56: Zwei Sets der Manikins mit emotionaler Valenz (li.) und Erregung (Arousal) (re.) (Grafik von Bradley & Lang, 1994)	136
Abbildung 57: Errechnete MOS für Teilnehmer*in „Hase“ (Grafik erstellt von z_Gis, Uni Salzburg)	139
Abbildung 58: Stressdichte für Teilnehmer*in „Hase“ (Grafik erstellt von z_Gis)	140
Abbildung 59: Ablauf Operationalisierung (eigene Darstellung).....	154
Abbildung 60: Adaptiertes Planungsmodell nach Schönwandt (1999) (eigene Darstellung).....	165
Abbildung 61: Themenfelder & Anwendungsbereiche der Humansensorik (eigene Darstellung)	166
Abbildung 62: Modell Planungsprozess nach Schönwandt (1999) mit Einsatz der Humansensorik (eigene Darstellung)	168
Abbildung 63: Forschungsprozess und geschätzter Aufwand entsprechend der Einflussfaktoren (eigene Darstellung)	172
Abbildung 64: Diffusionsmodell adaptiert nach Berger et al. (2011) (eigene Darstellung).....	175
Abbildung 65: Diffusionsrichtungen der Humansensorik (eigene Darstellung).....	176

Abbildung 66: Diffusionshemmnisse der Humansensorik (eigene Darstellung).....	177
Abbildung 67: Diffusionschancen der Humansensorik (eigene Darstellung).....	178
Abbildung 68: Kommunikation in der Raumplanung am Beispiel Humansensorik (eigene, modifizierte Darstellung nach Koschitz & Arras, 1990).....	179
Abbildung 69: Beispiele für Daten und Indikatoren für die Operationalisierung.....	195

Tabelle 1: Übersicht der Metastudie nach Kreibitz (2010); Pfeile zeigen eine erhöhte (↑), verringerte (↓) oder keine Änderung der Aktivierung von der Basislinie (-) oder sowohl Erhöhungen als auch Verringerungen zwischen Studien (↓↑).....	43
Tabelle 2: Übersicht der Metastudie nach Kreibitz (2010); Pfeile zeigen eine erhöhte (↑), verringerte (↓) oder keine Änderung der Aktivierung von der Basislinie (-) oder sowohl Erhöhungen als auch Verringerungen zwischen Studien (↓↑).....	45
Tabelle 3: Übersicht ausgewählter Methoden mit Emotions- und Planungsbezug	55
Tabelle 4: Charakteristika der induktiven und deduktiven Vorgehensweise	61
Tabelle 5: Übersicht der identifizierten Studien.....	87
Tabelle 6: Identifizierte Studien mit Analysemethoden, Grenzen und identifizierte Stressoren	93
Tabelle 7: Übersicht der identifizierten Stressoren, *aus Groß & Zeile (2016); ** aus Teixeira et al. (2020); *** aus Mellinger (2022).....	94
Tabelle 8: Grenzen und Ansatzpunkte aus der Literaturanalyse (*Ansatz eigene Forschung)	99
Tabelle 9: Gegenüberstellung der Fallbeispiele.....	108
Tabelle 10: Erhebungsmethoden und verwendete Werkzeuge	110
Tabelle 11: Übersicht Testtage und Teilnehmer*innenzahl.....	112
Tabelle 12: Übersicht Testgebiete und Kriterien	114
Tabelle 13: Vergleich Sozio-Demographie der Teilnehmer*innen, Projekt und Bevölkerung Österreich (Quelle: Statistik Austria 2021)	126
Tabelle 14: Vergleich Fußgänger*innen-Typen und Akzeptanz (Zustimmung: sehr stark ++, stark +, mittel ~, weniger -, gar nicht --)	130
Tabelle 15: Erhebungsmethoden und verwendete Werkzeuge	135
Tabelle 16: Übersicht Labor- und Feldtest.....	137
Tabelle 17: Ethische Aspekte FB 2.....	143
Tabelle 18: Vergleich FB 1 und FB 2.....	150
Tabelle 19: Überblick Trends, adaptiert nach Berger et al. (2011).....	158
Tabelle 20: Ansprüche aus verschiedenen Perspektiven (angelehnt an Holodeck-Bericht) – nicht wichtig, + wenig wichtig, ++ wichtig, +++ sehr wichtig	180
Tabelle 21: Auswahl an Forschungsbedarfen.....	194
Tabelle 22: Dimensionen der Diskussion.....	196

Glossar

Begriffe	Beschreibung
Aktive Mobilität	In der Arbeit ein Überbegriff für eine Fortbewegung, die zu Fuß oder mit dem Rad stattfindet. Im weiteren Sinne schließt aktive Mobilität auch Tretroller, Inlineskates etc. ein, die ebenfalls mit eigener Muskelkraft angetrieben werden (Synonyme sind nichtmotorisierter Verkehr oder Langsamverkehr (Schweiz)) (Schwedede, 2018).
Aktiviertheit	„Aktiviertheit ist die Erregung von neuronalen und psychologischen Prozessen durch innere und äußere Reize“. Diese kann auf drei Ebenen erfasst werden: 1. Physiologische Ebene, 2. Psychische Erregung, 3. Verhaltensaktivierung (Trimmel, 2015).
Autonomes (auch vegetatives) Nervensystem (ANS)	Das ANS steuert u. a. lebenswichtige Organfunktionen (z. B. Atmung, Stoffwechsel), die unbewusst ablaufen und gering beeinflussbar sind (Haensch, 2022).
Citizen Science	Keine einheitliche Definition; ein Definitionsversuch des Grünbuchs Citizen Science Strategie: „Citizen Science beschreibt die Beteiligung von Personen an wissenschaftlichen Prozessen [...] Dabei kann die Beteiligung in der kurzzeitigen Erhebung von Daten bis hin zu einem intensiven Einsatz von Freizeit bestehen, um sich gemeinsam mit Wissenschaftlerinnen bzw. Wissenschaftlern und/oder anderen Ehrenamtlichen in ein Forschungsthema zu vertiefen“ (GEWISS, 2016).
Citizen (oder) Participatory Sensing	„Beim Participatory Sensing sammelt eine Menge von Personen in einer Datensammelkampagne mithilfe weitverbreiteter mobiler Endgeräte orts- oder raumbezogene, häufig auch zeitbezogene, Messwerte, Daten oder Informationen, welche mit den eingebauten Mechanismen des mobilen Endgeräts erfasst werden können.“ Die Bewegung im Raum ist dabei eine wesentliche Komponente (Abecker et al., 2012).
Crowdsourcing	Auslagerung von Teilaufgaben an eine Gruppe Freiwilliger (bekanntes Beispiel: Wikipedia) (Howe, 2009).
Elektrodermale Aktivität (EDA)	Die elektrodermale Aktivität beschreibt die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit der Haut (Vögele, 2008a). Überbegriff von u. a. Hautleitfähigkeit und Hauttemperatur.
Emotion	Emotionaler Zustand, nicht Disposition; kurze Dauer und objektgerichtet (Hess, 2018).
Emotions-/Stressdaten	Die Ableitung einer Emotion bzw. Stress aus physiologischen Daten. „Emotions- und Stressdaten“ sind es erst, wenn die körperlichen Reaktionen ausgewertet und eine Erregung identifiziert wurde (vgl. Interview P. Zeile).
Erregung (Arousal)	Emotionsdimension der Erregung (aktiviert – ruhig; oder auch stressig – wenig stressig), welche subjektiv bewertet werden kann (Herbert, 2019).
Gefühl	Nicht-affektiv: Fähigkeit („Ballgefühl“) oder Eigenschaft („Pflichtgefühl“); Eindrücke („Gefühl der Vertrautheit“) (Mees, 2006). Affektiv: Gefühlszustand (Emotion, Stimmung, Empfindung); emotionale Reaktion auf einen situativen Reiz (Mees, 2006).
Hautleitfähigkeit (HLF)	HLF ist der bevorzugte Indikator der EDA und die elektrische Leitfähigkeit der Haut, die beim Anlegen einer elektrischen Spannung gemessen werden kann (Schandry, 1998).
Hauttemperatur (HT)	HT ist ebenfalls ein Indikator der EDA und kann auch Aufschluss über eine emotionale Reaktion geben (Kreibig, 2010).
Humansensorik	Überbegriff für die Messung von physiologischen Parametern zur Ableitung von Stress mit Bezug auf die gebaute Umwelt (vgl. Interviews P. Zeile; B. Resch).

Kognition	Wahrnehmung und Bewertung von Umweltreizen und daraus erlebte Emotion (Hammerl et al., 1993).
Korrelation	Korrelation prüft, ob es eine Beziehung zwischen zwei Variablen gibt. Verändern sich zwei Variablen gemeinsam, ist nicht unbedingt von einem Kausalzusammenhang auszugehen (Portal für statistisches Wissen, 2022)
Regressionsanalyse	Bei der Regression wird eine Gleichung erstellt, die eine Variable auf Basis einer anderen Variable vorhersagen kann. https://statistikgrundlagen.de/ebook/chapter/regression/
Stressmomente; (Moments of Stress – MOS)	Stressmomente bezeichnen in dem Kontext kurze Perioden, die als körperliche Reaktion (z. B. Schwitzen) messbar sind. Diese physiologischen Daten (Kombination aus HLF und HT) kombiniert mit dem geographischen Ort, ergeben die Stressmomente (Kyriakou et al., 2019).
Sensor	Generell: Bauteil, das bestimmte physikalische oder chemische Eigenschaften erfasst. Hier: Gerät bzw. Bauteil eines Wearables, das körperliche Veränderungen (wie Hautleitfähigkeit) erfasst.
Stress	Fußt auf den Emotionen Ärger und Frust, stark abhängig von vorhandenen Ressourcen zur Bewältigung des Stresses (Trimmel, 2015).
Subjektives Erleben	„Zustand, in dem eine Person ein bestimmtes Gefühl erlebt“ (Kleinginna & Kleinginna, 1981).
Teilnehmer*innen	Teilnehmer*innen bezeichnet die Menschen, die bereit waren, bei den Feldtests (Befahrungen oder Begehungen) von verschiedenen Strecken ausgestattet mit Sensoren, Kamera etc. teilzunehmen.
Ubiquitous/Pervasive Computing	Wachsender Trend: In alltägliche Objekte werden zunehmend Mikroprozessoren implementiert, damit sie Informationen kommunizieren können (z. B. intelligente Stromzähler, Wearables) (Weiser, 1991).
Valenz	Die Valenz ist der emotionale Wert, der mit einem Reiz verbunden ist; die Qualität des emotionalen Erlebens, d. h. wie positiv oder negativ sich jemand bei der Betrachtung eines Objektes fühlt (Herbert, 2019).
Wahrnehmung	Aufnahme und Weiterverarbeitung von Reizen mithilfe von Rezeptoren (Sinneszellen) (Kiesel & Spada, 2018).
Wearable	Gerät zur Messung körperlicher Reaktionen, das am Körper getragen wird (Bendel, 2022, n. Gabler Wirtschaftslexikon).

Abkürzungsverzeichnis

EDA	Elektrodermale Aktivität (als Oberbegriff von HLF u. HT)
EKG	Elektrokardiogramm
FB	Fallbeispiel
GPS	Global Positioning System, dt. Globales Positionsbestimmungssystem
HLF	Hautleitfähigkeit
HT	Hauttemperatur
HRV	Herzratenvariabilität
TN	Teilnehmer*innen

Bildquellen

Fotos Kapitelseiten

Kapitel 1: eigene Aufnahme

Kapitel 2: eigene Aufnahme

Kapitel 3: WebClient Walk & Feel (PRISMA solutions GmbH)

Kapitel 4: eigene Aufnahme

Kapitel 5: eigene Aufnahme

Kapitel 6: eigene Aufnahme

Kapitel 7: eigene Aufnahme

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



KAPITEL 1

EINLEITUNG

1 Einleitung

1.1 Forschungsgegenstand und Hintergrund

Emotionen sind im Zuge der Reurbanisierung ein zentrales Thema geworden. In Städten gewinnen im Zuge der Reurbanisierung Themen wie Lebensqualität, Gesundheit und Wohlbefinden immer mehr an Bedeutung (Zukunftsinstitut, 2022b). Dabei spielt insbesondere der Stress als negative Emotion städtischer Bewohner*innen eine wesentliche Rolle: Zum einen können Dichte und Reize den Stress städtischer Bewohner*innen erhöhen (Adli & Schöndorf, 2020). Zum anderen werben Städte mithilfe von gefühlsgeladenem Marketing um Bewohner*innen und Anerkennung (Eckardt, 2013). Der Einfluss der gebauten Umwelt auf das Wohlempfinden und die Gesundheit war in der Psychologie und teilweise in der Stadtplanung ein wichtiger Forschungsgegenstand – allerdings weniger in der Verkehrsplanung (Flade, 2000). Als direkt Betroffene der Wirkungen der gebauten Umwelt ist das Wohlbefinden in der aktiven Mobilität besonders relevant. Diese gewinnt gerade im Hinblick auf die Klimakrise an Relevanz und ist eine wesentliche Säule der Mobilitätswende (Deffner, 2018; VCÖ, 2016). Zufußgehen und Radfahren sind gesund, nachhaltig, platzsparend und emissionslos. In vielen europäischen Städten hat sich die aktive Mobilität seit den 1990er Jahren als Reaktion auf die Auswirkungen der autogerechten Stadt als wesentliches Ziel der Verkehrsplanung entwickelt.

Die große Bedeutung der aktiven Mobilität lässt sich allerdings nur teilweise in der Entwicklungsdynamik des Modal Splits erkennen. Während beispielsweise in Wien der Fußwege-Anteil zwischen 1995 und 2013/2014 von 33 % auf 25 % zurückgegangen ist, stieg der Anteil im Jahr 2021 wieder auf 35 % (*Österreich Unterwegs 2013/2014*, 2016; Wiener Linien, 2021)¹. Der Radverkehrsanteil stagniert bei ca. 9 % in Wien (ebd.). Zum Vergleich liegt in Kopenhagen dieser Wert weit über 30 % (Stadt Kopenhagen, 2017). Gründe für die zurückhaltende Entwicklung sind vielfältig und zumeist politisch-gesellschaftlich begründet, was sich in zögerlich umgesetzten gestalterischen und verkehrlichen Maßnahmen bis hin zu unbekanntem Kenngrößen der aktiven Mobilität niederschlägt (Deffner, 2018; Sauter, 2010). Insbesondere der Fußverkehr wird statistisch häufig nicht oder unzureichend erfasst (BMLFUW & BMVIT, 2015).

Gleichzeitig werden die subjektiven Wahrnehmungen von Mobilität und Emotionen von Fußgänger*innen und Radfahrer*innen zunehmend diskutiert, sind aber als Kenngröße den objektiven Faktoren der Mobilität meist untergeordnet (Rammert, 2021). Methodische Ansätze wie Mobilitätstagebücher, Befragungen, Tracking bis hin zur sensorbasierten Erfassung von Emotionen bei der Fortbewegung bieten erste Möglichkeiten, die Zusammenhänge zwischen Emotionen und Mobilitätsverhalten besser zu verstehen. Insbesondere Letzteres beschäftigt Forscher*innen seit mehr als einem Jahrzehnt und zielt darauf ab, Emotionen bzw. Stress über Körperparameter abzuleiten, um kritische Stellen beim Zufußgehen oder Radfahren zu identifizieren (Dörrzapf et al., 2019; Zeile et al., 2016). Emotionen schlagen sich in spezifischen physiologischen Parametern wie Hauttemperatur, Hautleitfähigkeit oder Herzratenvariabilität nieder (Kanjo et al., 2015; Kreibitz, 2010). Diese Veränderungen in der Aktivität des autonomen Nervensystems (siehe Glossar) sind mit Sensoren vorwiegend als Stress messbar (wobei sich hier Psycholog*innen und Mediziner*innen uneinig sind, welche Emotion nun wirklich messbar ist).

Diese Methode, auch **Humansensorik** genannt, bietet große Potenziale, Emotionen objektiv und quantifizierbar

¹ Zu berücksichtigen ist allerdings die Vergleichbarkeit der Datenquellen, die eventuell unterschiedliche Erhebungsmethoden und somit Ergebnisse hervorgebracht haben.

messbar zu machen. Diese Daten könnten als Entscheidungsgrundlage für planerische Prozesse dienen. Anwendungsfelder ergeben sich im Bereich der Verkehrssicherheit, zur Bestimmung der Mobilitätskomforts durch die Identifikation kritischer und stressiger Stellen beim Zufußgehen und Radfahren (Mellinger, 2022; Zeile et al., 2016). Nachdem alle „Emotionsdaten“ erfasst wurden, stellt sich dennoch die Frage, was davon in der Verkehrsplanung anwendbar ist und welchen Mehrwert die Humansensorik für die Planung und Gestaltung von Räumen entfaltet.

1.2 Motivation und Erkenntnisinteresse

Die wesentliche Motivation und das Erkenntnisinteresse bestehen darin, die Genese der Humansensorik aufzuzeigen, aktuelle Stoßrichtungen anhand von Fallbeispielen zu beschreiben und die Potenziale der Humansensorik für die Planungspraxis zu analysieren. Dabei geht die Arbeit weit über den aktuellen Stand der Forschung hinaus, da es bisher keinen umfassenden Blick – insbesondere unter Berücksichtigung interdisziplinärer Einflüsse auf das Thema – gibt und der Mehrwert für die Verkehrsplanung in der gegenwärtigen Literatur nur rudimentär Beachtung findet. Die Forschungsergebnisse können dabei als Ausgangspunkt für weitere Forschungstätigkeiten dienen und Anknüpfungspunkte sowie Ideen für die Integration der Humansensorik in die Verkehrsplanung bieten.

Entwicklungspfade und theoretische Hintergründe der Humansensorik: Die Entwicklung der Humansensorik hat verschiedene Pfade genommen und wurde von unterschiedlichen Disziplinen geprägt. Um zu verstehen, wo die Forschung aktuell steht, ist die Darstellung der Genese wichtig. Emotionen und Stress sind bereits lange ein Thema im wissenschaftlichen Diskurs der Stadt- und Verkehrsplanung. Gleichzeitig ist die Einordnung der Begriffe schwierig, da sie meistens nur am Rande betrachtet werden und sich auch die Bedeutung je nach planerischer Stoßrichtung verändert hat. Auch die Psychologie, die sich hauptsächlich mit der Erforschung von Emotionen als Teil des menschlichen Erlebens und Verhaltens beschäftigt, diskutiert nach wie vor Emotionstheorien und ob Emotionen über physiologische Parameter eindeutig messbar sind. In der Verkehrsplanung sind Emotionen und Stress nur ein vages Konstrukt, das auf das Mobilitätsverhalten wirkt und in der planerischen Praxis berücksichtigt werden sollte. Die Frage stellt sich allerdings nach dem „Wie“. Besonders Fußgänger*innen und Radfahrer*innen sind die unmittelbar Betroffenen der gebauten Umwelt, da sie ihren Einflüssen direkt ausgesetzt sind. Insbesondere Fußgänger*innen sind in Daten zur aktiven Mobilität in Mobilitätserhebungen unterrepräsentiert, auch finden die Bedürfnisse dieser Nutzer*innengruppe hinsichtlich Emotionen und Stress wenig Berücksichtigung (Flade, 2000; Sauter, 2010). Das Interesse hinsichtlich der Themen Stress in städtischen Gebieten bedingt durch klimatische Veränderungen (z. B. Hitzestress, Hitzeinseln), gleichbleibende Emissionen (Stress durch Lärm und Abgase, Verkehrskonflikte) sowie sozialer Stress (viele Menschen in überfüllten, öffentlichen Räumen) wächst jedoch zunehmend. Im deutschsprachigen Raum hat sich der Begriff der Humansensorik zunehmend etabliert, welcher aber kein Fachterminus bzw. auf dem Gebiet der Stadt- und Verkehrsplanung nicht umfassend bekannt ist. Daher ist es wichtig, den Begriff in den Disziplinen und Entwicklungspfaden einzuordnen.

Aktueller Stand und Stoßrichtung der Humansensorik: In den vergangenen zehn Jahren hat sich mit der Humansensorik eine Forschungsrichtung entwickelt, die sich mit der Emotions- bzw. Stressmessung in Kontext der aktiven Mobilität beschäftigt und es wurden einige Studien dazu publiziert. International wurde Hautleitfähigkeit als ein Indikator für Stress erforscht und Rückschlüsse auf das Erlebte während des Zufußgehens oder des Radfahrens gezogen. Humansensorik ist ein Begriff aus dem deutschsprachigen Raum. Im Englischen finden andere Begriffe wie

u. a. „measuring emotions/stress/comfort“ Verwendung, was es nochmals erschwert, den aktuellen Forschungsstand zu greifen. Eine systematische Übersicht zu den realisierten Studien und Ergebnissen wurde bisher nicht realisiert. Diese ist jedoch wichtig, um Forschungslücken zu identifizieren. Viele Studien verharren in „Methodentests“ oder in Pilot- und Machbarkeitsstudien. Die Darstellung der angewandten Forschungsdesigns, des Vorgehens bei der Datenauswertung, der identifizierten Stressoren und der Grenzen der Forschung aus den analysierten Studien bieten Anknüpfungspunkte für die in dieser Arbeit darlegten Fallbeispiele. In den zwei vertiefenden Fallbeispielen werden die identifizierten Forschungslücken, insbesondere zur Nutzungsfreundlichkeit und ethischer Belange, aufgegriffen.

Rolle der Humansensorik in der verkehrsplanerischen Praxis: Die Rolle der Humansensorik in der Verkehrsplanung ist noch nicht gänzlich geklärt. Auch wenn es nach Aussagen der Expert*innen zum einen möglich ist, Auslöser einer körperlichen Reaktion zu identifizieren und in einen räumlichen Kontext zu bringen und zum anderen, Potenziale für die Verkehrsplanung als zusätzlicher „Daten-Layer“ gesehen werden, fließen diese Erkenntnisse nicht oder sehr langsam in die Planung ein. Chancen und Anwendungsanforderungen sind vielfältig und bedürfen einer genauen Betrachtung. Auch Integrationsmöglichkeiten in planerische Prozesse sind noch zu wenig definiert. Einerseits widersprechen sich die Forscher*innen noch in der Grundsatzfrage nach der Ursache und Wirkung der gebauten Umwelt auf Stress und Emotionen. Andererseits konnte sich bisher keine einheitliche Methodik etablieren, die in Datenerhebung, Analyse und Visualisierung konsistent ist. Die Arbeit soll auch eine kritische Auseinandersetzung mit der Humansensorik darstellen und Hürden aufzeigen, die bisher wenig thematisiert wurden. Diese offenen Fragestellungen werden in folgenden Forschungsfragen nochmals konkretisiert.

1.3 Forschungsfragen und Ziele der Arbeit

Die Forschungsfragen und Ziele leiten sich aus der zuvor beschriebenen Motivation der Arbeit ab und stellen sich wie folgt dar:

Forschungsfrage	Ziele	Hypothese	Kapitel
<p>1. Was sind die theoretischen Hintergründe von Emotionen und Stress aus Sicht der Psychologie, Stadt- und Verkehrsplanung und Mobilitätsforschung?</p> <p>1.1 Wie gestaltet sich die Genese der Humansensorik?</p>	<p>Relevante Theorien zu Emotionen und Stress aus den relevanten Disziplinen erörtern:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Emotionstheorien der Psychologie beschreiben, Messmethoden physiologischer Parameter und aktuellen Diskurs aufzeigen - Theorien zu Emotionen in der Mobilitätsforschung (und im speziellen Stress sowie Wohlbefinden in der (aktiven) Mobilität) identifizieren, Hürden aufzeigen - Theorien und Strömungen der emotionsbezogenen Stadt- und Verkehrsplanung sowie die Genese der Humansensorik einordnen und beschreiben 	<p>Emotionen und Stress sowie insbesondere Humansensorik sind in der Stadt- und Verkehrsplanung nach wie vor ein Randthema.</p>	2
<p>2. Was ist der aktuelle Stand der Humansensorik mit Fokus auf aktive Mobilität und physiologische Parameter in der Forschung?</p> <p>2.1 Welche (planungsrelevanten) Stressoren der aktiven Mobilität können abgeleitet werden?</p> <p>2.2 Welche Grenzen und Lücken lassen sich identifizieren?</p>	<p>Bisherige Forschung an der Schnittstelle Emotion/Stress und aktive Mobilität anhand von</p> <ul style="list-style-type: none"> - systematischer Literaturanalyse zu Radfahren und Fußgänger*innen in Zusammenhang mit Emotion, Stress, Hautleitfähigkeit beleuchten; methodisches Vorgehen, Forschungsinteresse und Ergebnisse erarbeiten - Forschungsdesigns und aus der systematischen Literaturanalyse identifizierte Stressoren sowie Ansätze von Verräumlichung und Verortung von Auslösern von Emotionen und Stress („Stressoren“) als planungsrelevante Ergebnisse analysieren - Grenzen und Lücken der Anwendbarkeit und Forschung als Anknüpfungspunkte der eigenen Forschung (Fallbeispiele und Reflexion mit Expert*innen) identifizieren 	<p>Die bisherigen internationalen Studien weisen Limitationen auf (z. B. geringe Stichprobengröße, fragliche Repräsentativität etc.). Die Nutzer*innenperspektive und deren Bedürfnisse sowie die ethischen Anforderungen werden nur rudimentär betrachtet.</p>	3
<p>3. Wie wird die Humansensorik zur Untersuchung der aktiven Mobilität konkret angewendet?</p> <p>3.1 Welche vertiefenden Einblicke bieten die Fallbeispiele?</p> <p>3.2 Welche Anforderungen ergeben sich aus Sicht der Nutzer*innen (z. B. Anwendbarkeit, ethische und datenschutzrechtliche Belange)?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vorgehen, Forschungsdesign und Ergebnisse anhand von zwei Fallbeispielen aufzeigen - Vertiefende Fallstudien beschreiben, analysieren und vergleichen (projektbezogene Fallstudien) - Nutzer*innenperspektive und ethische Belange als vertiefenden Fokus darlegen und analysieren 	<p>Die Ergebnisse der Fallstudienanalyse ergeben ähnliche Herausforderungen wie die der systematischen Literaturanalyse, aber es lassen sich auch Weiterentwicklungen und neue Erkenntnisse ableiten.</p>	4

<p>4: Welche Potenziale und Grenzen hat die Methode der Humansensorik für die Planung und Gestaltung von Räumen?</p> <p>4.1 Welchen Mehrwert und Chancen bieten die Methoden der Humansensorik aus Sicht der (Verkehrs-)Planung?</p> <p>4.2 Welche Anforderungen und Anwendungsfälle ergeben sich aus und für die Planungspraxis?</p>	<p>Potenziale der Humansensorik für die Planungspraxis entlang von gesellschaftlichen, technologischen und planungsbezogenen Trends aufzeigen und</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mehrwert, Grenzen und Chancen der Humansensorik für die Planung eruieren - Anforderungen, Themenfelder und Anwendungsbereiche aufzeigen und reflektieren - Perspektive und künftige Potenziale, Trends sowie Forschungsbedarf diskutieren 	<p>Humansensorik hat einen Mehrwert (Stichwort: evidenzbasierte Daten) für die Planung und Gestaltung von Räumen aus der verkehrsplanerischen Perspektive</p>	<p>5</p>
--	---	---	-----------------

1.4 Aufbau und konzeptioneller Rahmen der Arbeit

In der folgenden Abbildung wird der Aufbau der Arbeit umrissen, der sich in sieben Kapitel untergliedert. Aufbauend auf die Einführung bzw. die Fragestellungen werden die theoretischen Hintergründe (**Kapitel 2**) spezifiziert, welche sich in Emotionen und Stress aus den drei Perspektiven Psychologie, Planung und Mobilitätsforschung zusammensetzen, um die Ursprünge der Humansensorik und dessen fokussierte Methode, die Messung der Hautleitfähigkeit (siehe Glossar) zu untermauern. Aufbauend darauf erfolgt in **Kapitel 3** eine ausführliche, systematische Literaturanalyse, die sich an den Schnittstellen zwischen HLF, aktiver Mobilität, Stress und Emotionen bewegt.

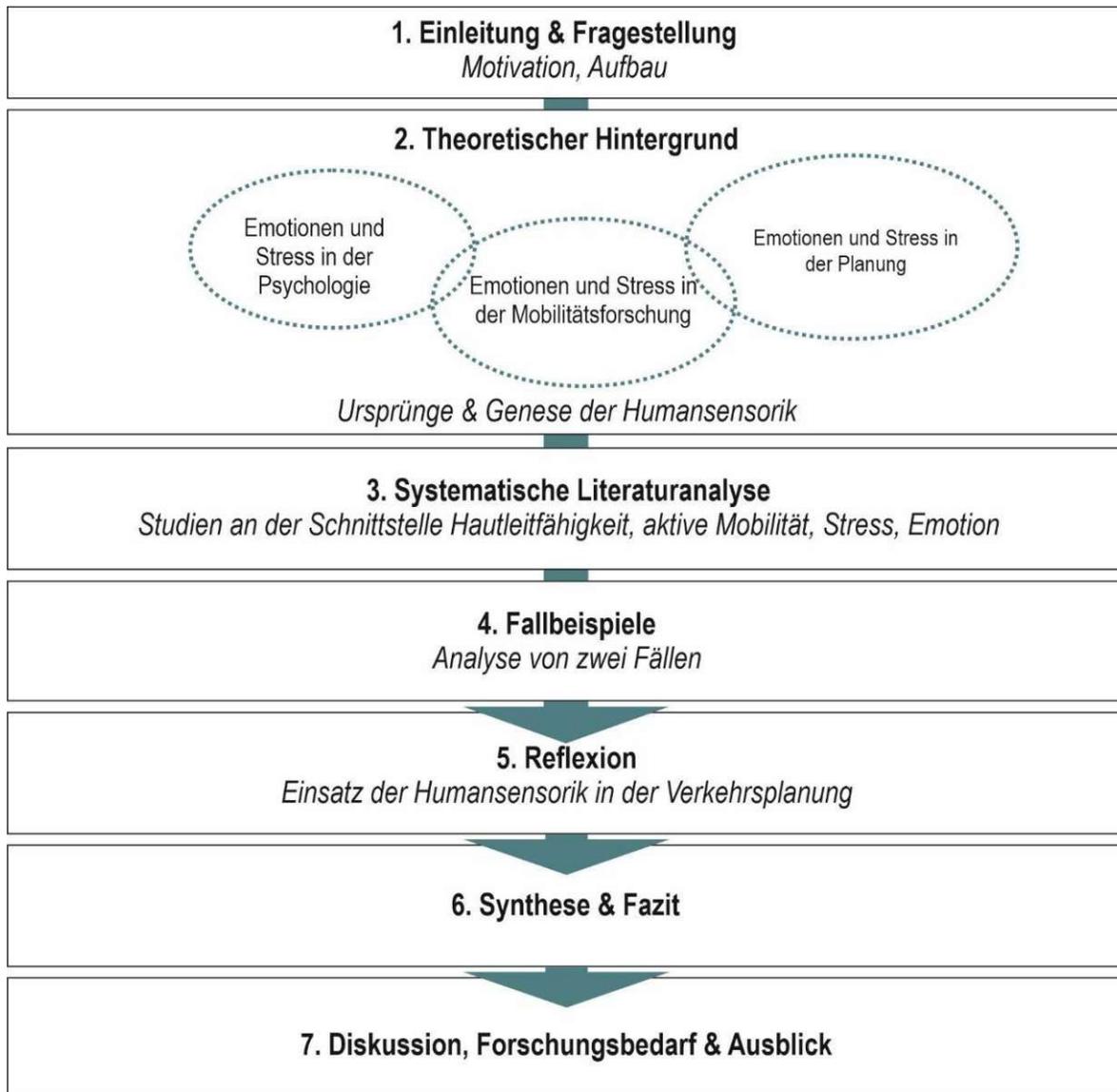


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit (eigene Darstellung)

In **Kapitel 4** werden zwei Fallbeispiele, die aus der eigenen Forschung der Verfasserin stammen, näher erläutert, reflektiert und verglichen. In **Kapitel 5** erfolgt die Reflexion der systematischen Literaturanalyse, der Fallbeispiele und der Meinungen von Expert*innen, welche Potenziale die Humansensorik für die Planung und Gestaltung von Räumen bereithält. Abschließend erfolgen die Synthese der Ergebnisse, das Fazit und eine ausführliche Diskussion. Außerdem

werden der Forschungsbedarf anhand von Fragen sowie ein Ausblick formuliert (**Kapitel 6 & 7**).

1.5 Forschungsansatz und Methoden

Im Folgenden werden der Forschungsansatz und die darin verankerten Methoden näher erläutert. Grundsätzlich handelt es sich um einen qualitativen Forschungsansatz mit quantitativen Elementen in den Fallbeispielen. Multi-Methoden-Ansätze sind in der Forschung mittlerweile weitverbreitet und in diesem Vorhaben essenziell, um ein tieferes Verständnis zu erreichen. Die Theorien werden aus der Literatur deduktiv erarbeitet und mit Erkenntnissen aus der Praxis induktiv ergänzt. Die einzelnen Methoden sind in den jeweiligen Kapiteln näher erklärt.

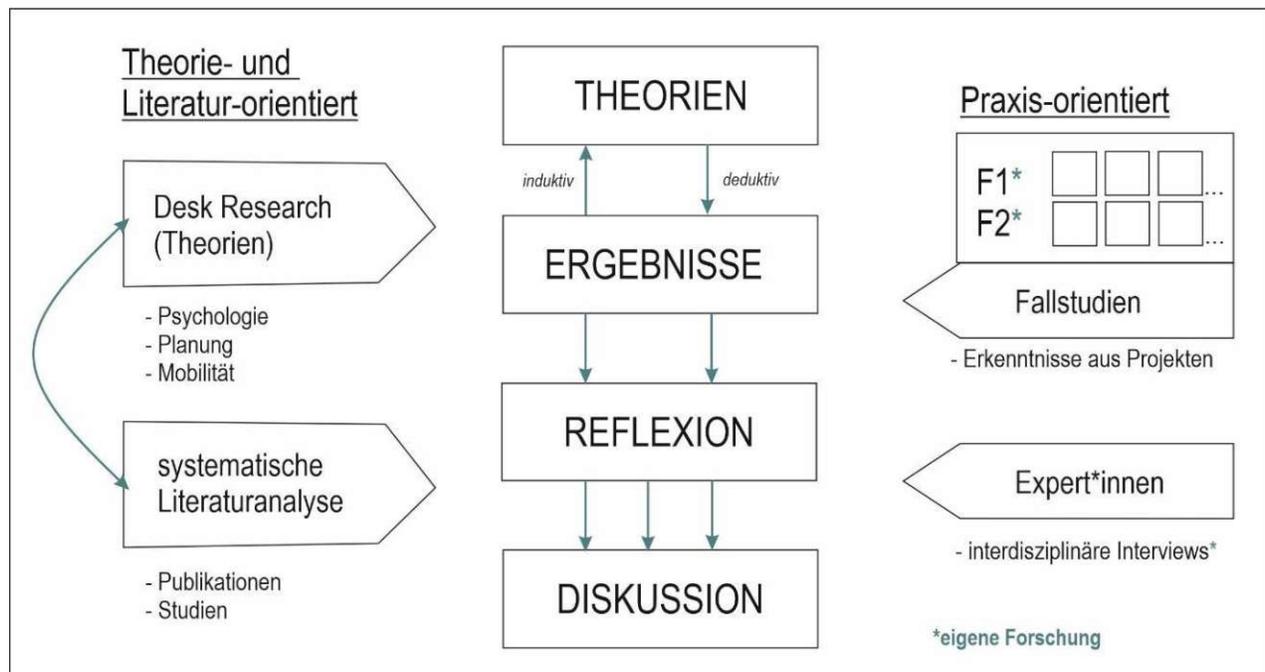


Abbildung 2: Forschungsansatz der Arbeit (eigene Darstellung)

In einem ersten Schritt werden aus der Literatur der (Emotions-)Psychologie sowie der Stadt- und Verkehrsplanung relevante Theorien deduktiv recherchiert und hinsichtlich der Bedeutung für die Humansensorik beschrieben. Der induktive Schritt besteht aus der eigenen Empirie bzw. Forschungspraxis, wobei Fallstudien analysiert und Expert*inneninterviews geführt und ausgewertet werden. Beides – deduktives und induktives Wissen – fließen in die Reflexion für die Planungspraxis, in die Diskussion und in den Ausblick.

Systematische Literaturanalyse

Eine systematische Literaturanalyse ist bedeutend, um einen umfassenden Überblick zur aktuellen Forschung im Hinblick auf Humansensorik im Zusammenhang mit aktiver Mobilität zu erhalten. Dies soll auch dem/der Leser*in zur Veranschaulichung des aktuellen Forschungsstandes und zur Einordnung der nachfolgenden, detaillierteren Fallbeispiele dienen. Es existieren viele Veröffentlichungen, die sich mit der Thematik der „Emotionsmessung“ und der aktiven Mobilität beschäftigen, die jedoch nach vorausgewählten Kriterien ausgesucht und destilliert wurden. Bei dieser systematischen Literaturanalyse handelt es sich um eine kritische Auseinandersetzung mit dem Material. Zum einen

werden die Forschungsdesigns betrachtet und zum anderen die Herangehensweisen, Grenzen und Lücken der Forschung analysiert. Als Literaturquelle hinsichtlich des Schreibens einer systematischen Literaturanalyse dienen u. a. de Vos & El-Geneidy (2021) und Wee & Banister (2015). **Eine ausführliche Methodenbeschreibung ist in Kapitel 3 zu finden.**

Projektbezogene Fallstudien-Analyse

Neben der systematischen Literaturanalyse kommt auch die Fallstudien-Analyse zur Anwendung, die zwei Fälle (im vorliegenden Fall Projekte) näher spezifiziert und einen tieferen Einblick in den Forschungsprozess erlaubt. Fallstudien wurden in der Stadt- und Raumplanung insbesondere in Abschlussarbeiten bereits lange intuitiv verwendet. Die Literatur dazu stammt meist aus dem Englischen, wobei Robert K. Yin der bekannteste Vertreter ist. Er definiert u. a. Fallstudien bzw. Case Studies wie folgt: „A case study is an empirical inquiry that investigates a contemporary phenomenon within its real-life context, especially when the boundaries between phenomenon and context are not clearly evident“ (Yin, 2009, S. 18). **Eine ausführliche Methodenbeschreibung ist in Kapitel 4 zu finden.**

Expert*innen-Interviews und qualitative Inhaltsanalyse

Leitfadengestützte Expert*inneninterviews sind eine gängige Methode der Sozialwissenschaften, um qualitative Daten zu erhalten. Dabei steht nicht das Erkenntnisinteresse im Vordergrund, das mehrheitlich durch andere Quellen eruiert werden kann, sondern die Erfahrungen und Interpretationen der Expert*innen in Bezug auf das Thema bzw. der Fallstudien (Borchardt and Gätlich, 2009). Insgesamt wurden zehn leitfadengestützte Interviews und ein informelles Gespräch realisiert. **Eine ausführliche Methodenbeschreibung ist in Kapitel 5 zu finden.**

Ergänzende quantitative und qualitative Daten aus den Fallbeispielen

Aus den Fallbeispielen ergeben sich noch weitere quantitative sowie qualitative Daten, die in den Fallbeispielen beschrieben und in Kapitel 5 „Reflexion“ noch einmal aufgegriffen und näher betrachtet werden.

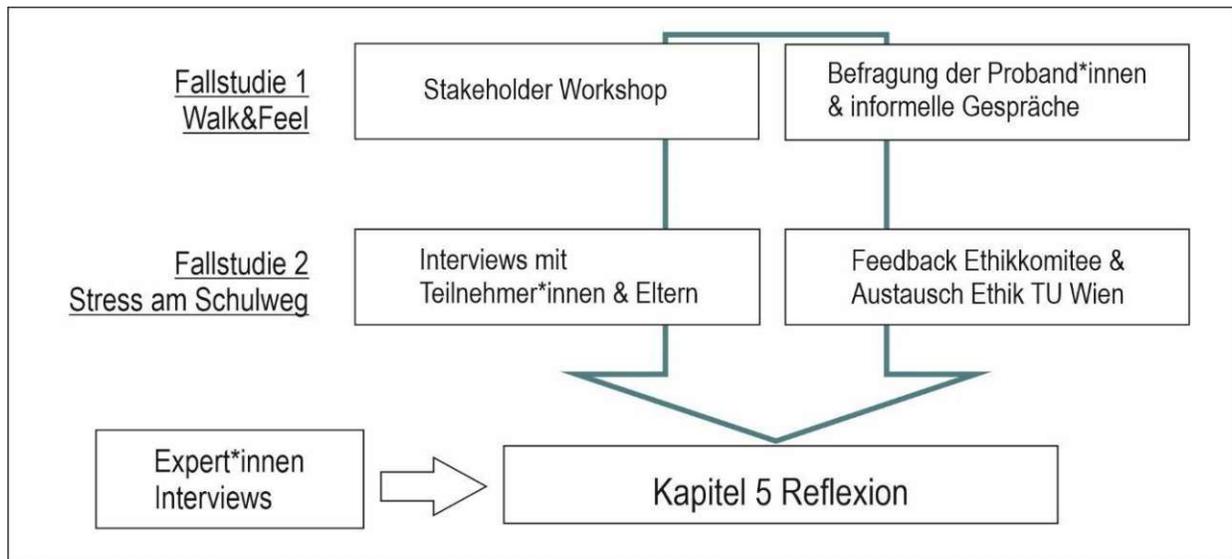


Abbildung 3: Weitere Daten aus den Fallbeispielen (eigene Darstellung)

In Fallbeispiel 1 handelte es sich um eine quantitative Befragung. Es wurde versucht, eine Korrelations- und Regressionsanalyse anzuwenden, allerdings war die Signifikanz bedingt durch die Fallzahl zu gering, sodass keine aussagekräftigen Ergebnisse ermittelt werden konnten. Die Auswertung erfolgte daher rein deskriptiv. Außerdem fließen die Ergebnisse eines Stakeholder*innen-Workshops ein. Ziel war es, die Potenziale der Projektergebnisse und Methoden von Walk & Feel für die Stadt- und Verkehrsplanung zu diskutieren und weiterzudenken.

In Fallbeispiel 2 wurden Interviews mit fünf Kindern (also den Teilnehmer*innen) und deren Eltern nachträglich zum Feldtest geführt. Im Rahmen eines informellen Hearings mit dem Pilot Research Ethics Committee der TU Wien wurden die ethischen Belange und Herausforderungen des Projektes vorgelagert diskutiert und mögliche Lösungswege aufgezeigt.

Eine ausführliche Beschreibung der ergänzenden qualitativen und quantitativen Daten erfolgt in den Fallstudien 1 und 2. Zusammen mit den Ergebnissen der Expert*innen-Interviews fließen diese Daten ebenso in das Kapitel der Reflexion ein, in dem die Potenziale der Humansensorik für die Planung und Gestaltung eruiert werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available from the TU Wien Bibliothek.



KAPITEL 2

EMOTIONEN UND STRESS IN DER STADT- UND VERKEHRSPPLANUNG

2 Emotionen und Stress in der Stadt- und Verkehrsplanung

Die Erforschung von Emotionen und Stress im Wechselspiel mit der gebauten Umwelt ist eine Querschnittsdisziplin, die verschiedene Fachgebiete wie Stadt- und Verkehrsplanung, Psychologie und Mobilitätsforschung miteinander verknüpft. Insbesondere im städtischen, dicht besiedelten Kontext spielen Emotionen und vor allem Stress eine immer größere Rolle. Studien weisen darauf hin, dass das Risiko für Stress und damit verbundene psychische Erkrankungen in städtischen Gebieten größer ist, wobei insbesondere sozialer Stress dabei eine Rolle spielt und Stadtbewohner*innen auf diesen sensibler reagieren (Adli et al., 2017; Adli & Schöndorf, 2020).

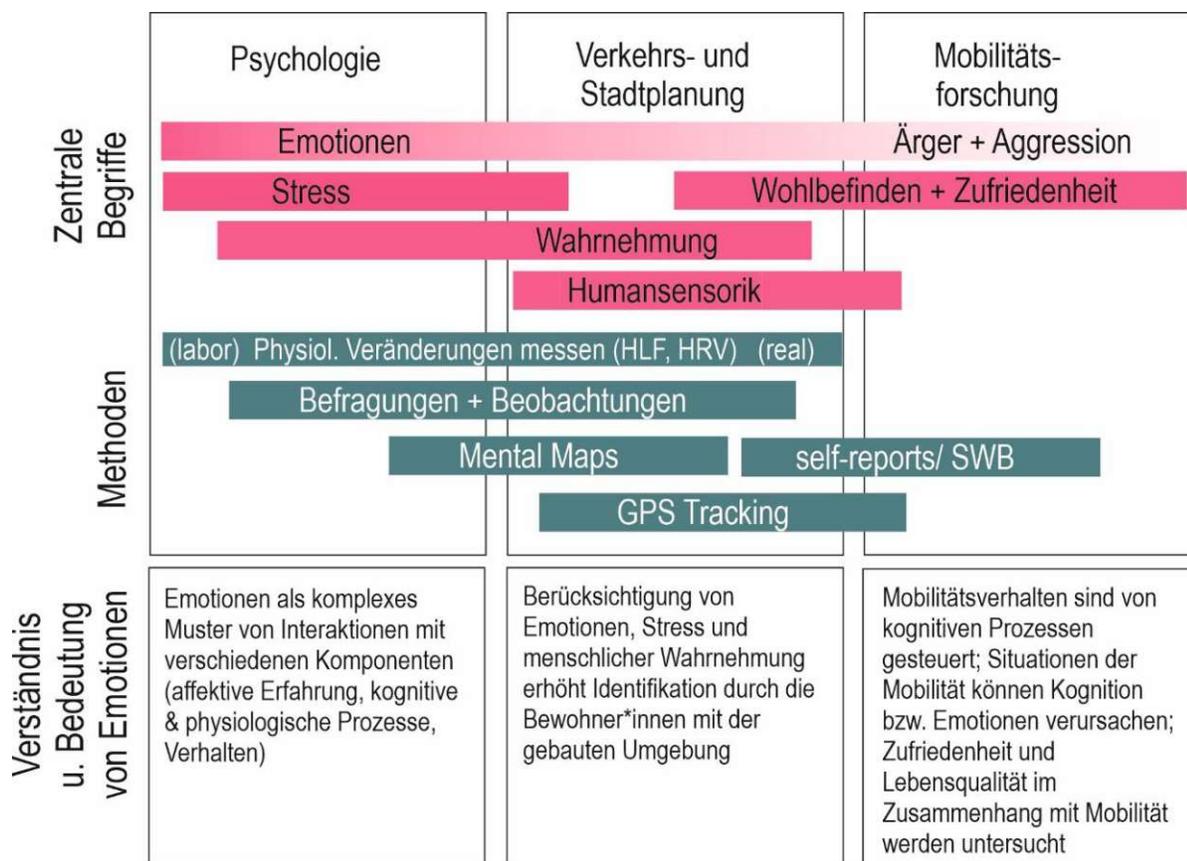


Abbildung 4: Zusammenhänge der Forschungsrichtungen (eigene Darstellung)

Die Erforschung von Emotionen ist in der Psychologie verortet und hat eine lange Forschungsgeschichte, die sich von wandelnden Emotionstheorien bis hin zur Messung physiologischer Parameter zur Ableitung von Erregung bzw. Stress erstreckt. Um zu verstehen, wie Emotionen auch in der Stadt- und Verkehrsplanung an Bedeutung gewonnen haben, ist es wichtig, die Grundelemente der Emotionspsychologie, Theorien und Methoden aufzuzeigen. In den Theorien der Stadtplanung ist meist von Wahrnehmung die Rede, weniger von Emotion, wobei Ersteres aus psychologischer Sicht die Aufnahme und Verarbeitung von Reizen beschreibt, Zweiteres die eigentliche Bewertung des Reizes (Kiesel & Spada, 2018). An dieser Stelle zeigt sich jedoch erneut ein Dilemma der begrifflichen Abgrenzung: Demnach enthalten

die Wahrnehmung, Mental Maps und die Promenadologie sowie generell das, was der Mensch in der Bewegung im öffentlichen Raum wahrnimmt, auch immer eine emotionsbezogene Komponente.

Es wird in der Planung davon ausgegangen, dass das Heranziehen von Emotionen, Stress und menschlicher Wahrnehmung einen Mehrwert für die Planung bietet sowie eine höhere Akzeptanz und Identifikation durch die Bewohner*innen mit der gebauten Umgebung bzw. dem öffentlichen Raum herbeigeführt werden kann (Dörrzapf et al., 2015). Emotionen entstehen durch die menschliche Interaktion und Wahrnehmung der (gebauten) Umgebung. „In their daily lives people exercise a permanent acknowledge of the environmental conditions, and they do so by using their perceptive processes“ (Caves, 2005, S. 158). In der Verkehrsplanung bestehen ähnliche Ansätze, die Humansensorik (siehe Kapitel 2.2.2) für die Erfassung von Emotionen „unterwegs“ anwenden, um Rückschlüsse auf die Infrastruktur zu ermöglichen und Anpassungen des Verkehrsnetzes entsprechend der identifizierten Mängel vorzunehmen.

In der Mobilitätsforschung wird eher der Frage nachgegangen, weshalb manche Menschen (nicht) Rad fahren, (nicht) zu Fuß gehen und/oder manche Strecken meiden bzw. bevorzugen. Mit anderen Worten: wie Verkehr erzeugt wird. Das Mobilitätsverhalten ist ebenfalls von Emotionen bzw. den damit verbundenen kognitiven Prozessen beeinflusst. Im Umkehrschluss haben auch Situationen während der Mobilität einen Einfluss auf das Wohlbefinden und die Zufriedenheit, z. B. können Zeitdruck und Konflikte Auslöser für negative Emotionen sein. In den folgenden Kapiteln sollen die Theorien, Methoden und Entwicklungen im Diskurs um Emotionen und Stress aus den Disziplinen der Psychologie sowie der Stadt- und Verkehrsplanung sowie aus dem Schwerpunkt der Mobilitätsforschung heraus betrachtet und beschrieben werden. Die Überschneidungen der drei Forschungsrichtungen werden in Abbildung 4 nochmals veranschaulicht.

2.1 Emotionen in der Psychologie

Die Erforschung von Emotionen und das Erklären menschlichen Erlebens ist ein wesentlicher Schwerpunkt der Psychologie. „Emotionen wie Freude, Angst, Ärger oder Trauer sind nun unstrittig bedeutsame Facetten des menschlichen (Er-)Lebens“ (Mees, 2006, S. 1) und daher im Erfahren der gebauten Umwelt sehr bedeutend, deren Erforschung sich eher in der Umwelt- und Stadtpsychologie manifestiert. In den folgenden Kapiteln soll vor allem die **Emotionspsychologie** mit Abgrenzung zu anderen verwandten Psychologiewissenschaften forciert werden. Letztendlich werden Theorien, Methoden und Kennwerte der Emotionsmessung erläutert, die für die darauf aufbauende Arbeit von Bedeutung sind.

2.1.1 Emotion und Emotionsbegriff

Jeder Mensch hat Emotionen und assoziiert etwas mit dem Begriff. Die Definition fällt uns allerdings schwer. So auch der Disziplin der Psychologie, die in der Vergangenheit versuchte, eine einheitliche Definition zu finden und den Emotionsbegriff von verwandten Begriffen wie Gefühl und Affekt abzugrenzen. Eine einheitliche Definition wurde nicht erreicht, was zum einen in der Komplexität emotionaler Phänomene liegt und zum anderen an dem weiten Spektrum der verschiedenen Emotionstheorien sowie -kategorien wie Angst, Ärger etc. (Kleinginna & Kleinginna, 1981). Es existiert eine Vielzahl von Definitionen zu „Emotion“ in der deutsch- und englischsprachigen Literatur. Kleinginna und

Kleinginna (1981) haben 92 Emotionsdefinitionen zusammengestellt und elf Kategorien festgelegt, deren Ausführung den Rahmen der Arbeit überschreiten würde.

Die Bezeichnung der verschiedenen Emotionen und deren Abgrenzung ist gemäß der Literatur sehr unterschiedlich, als **Basis- bzw. primäre Emotionen** lassen sich dennoch u. a. **Freude, Trauer, Ärger, Angst, Überraschung und Ekel** abgrenzen. Diese Basisemotionen können in Sekundäremotionen aufgegliedert werden (Schmidt-Atzert et al., 2014). Emotionen bzw. der emotionale Zustand sind meist von kurzer Dauer und objektgerichtet (Hess, 2018).

Emotionen bestehen aus verschiedenen Komponenten, die von Goschke und Dreisbach (2011) spezifiziert wurden.

- Kognitive Bewertung (Emotionen beruhen auf Bewertungen von Reizen)
- Körperliche (peripher-physiologische) Reaktionen des autonomen Nervensystems
- Ausdrucksverhalten wie Gesichtsausdrücke und Körperhaltungen
- Handlungskomponente (z. B. Kampf versus Flucht)
- Zentralnervöse Prozesse (die Aktivität spezifischer Gehirnstrukturen und neuronaler Schaltkreise)
- Subjektives Erleben (Erlebnisqualitäten)

Bei der letzten Komponente ist anzumerken, dass Emotionspsychologen das bewusste Erleben von Emotionen als wichtiges Element von Emotionen ansehen (Goschke & Dreisbach, 2011).

Ein Begriff, der in der Emotionsforschung, in den erläuterten Theorien, aber auch in stadtplanerischen Diskursen immer wieder auftaucht, ist die **Wahrnehmung**. Dabei werden Reize aus der Umgebung mithilfe von Rezeptoren (Sinneszellen) aufgenommen und weiterverarbeitet. Dies geschieht mit unseren Sinnessystemen (Kiesel & Spada, 2018, S. 39–40). Viele Emotionstheorien sehen die Wahrnehmung als Ausgangspunkt von Emotionen und somit der physiologischen Reaktion. Emotionen werden auch meist als **objektgerichtet und von kurzer Dauer** beschrieben, „die auf der Interpretation eines Ereignisses durch den Organismus beruhen, den Organismus auf Handlungen vorbereiten, die Handlungsabsicht kommunizieren und von einem subjektiven Gefühlszustand begleitet sind“ (Hess, 2018, S. 155).

Arbeitsdefinition:

Emotionen werden hier als Zustände verstanden, die sich in Qualität und Intensität unterscheiden, objektgerichtet sowie von kurzer Dauer sind und durch das Erleben, bestimmte physiologische Veränderungen und bestimmte Verhaltensweisen gekennzeichnet sind.

2.1.2 Emotionstheorien

Da im Rahmen dieser Arbeit nicht auf alle Emotionstheorien eingegangen werden kann, werden nun die vier gängigsten Theorien der Emotionsforschung mit Fokus auf kognitiv-physiologischen Theorien erläutert. Diese Theorien beschäftigen sich vorwiegend mit der Frage, ob Emotionen körperliche oder geistige Zustände sind – oder vielleicht auch beides. Diese Theorien sind auch vielzählig und existieren nebeneinander – ohne klare empirische Widerlegung der jeweils anderen Theorie (Kreibig 2010). Auch werden einige davon nicht länger von Expert*innen anerkannt.

Abbildung 5 zeigt die Alltagsvorstellung.

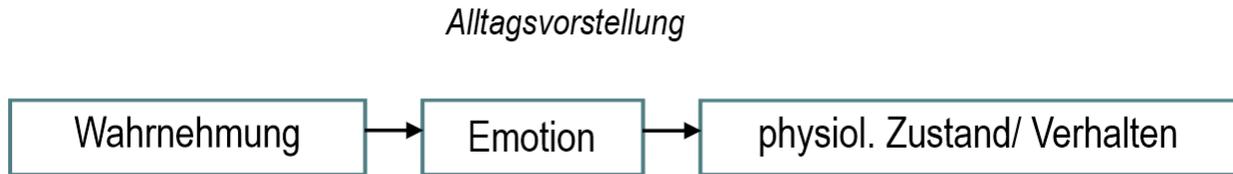


Abbildung 5: Emotionen in der Alltagsvorstellung (eigene Darstellung)

Die **Alltagsvorstellung** der meisten Menschen stellt sich so dar, dass auf einen wahrgenommenen Reiz (z. B. eine Bedrohung), eine Emotion (z. B. Angst) folgt, was in einem Verhalten (z. B. Flucht) resultiert. Dennoch sind die Wechselbeziehungen komplexer.

Im Folgenden soll kurz auf vergangene Theorien der Emotionsforschung eingegangen werden, um die Komplexität der Vorgänge zu verdeutlichen:

- **William James** (Ende 19. Jahrhundert) wird häufig mit der naturwissenschaftlichen Erforschung von Emotionen und dem Zusammenhang zwischen Gefühl und körperlicher Reaktion in Verbindung gebracht (Kreibig, 2010). Situationen rufen körperliche Reaktionen hervor – und das bereits bevor ein bewusster Denk- oder Urteilsmechanismus startet (Slaby, 2012, S. 547). Somit folgt die Emotion dem Erleben („Ich habe Angst, weil mein Herz rast“).
- Revidiert wurde diese Theorie durch die **Cannon-Bard-Theorie**, welche besagt, dass physiologische Veränderungen und Emotionen gleichzeitig entstehen und erstere eher ein „Nebenprodukt“ sind (Cannon, 1975). Nach Cannon erfolgt zuerst eine emotionale Reaktion („Ich habe Angst ...“) und dann die körperliche Reaktion („... und mein Herz schlägt schneller“).
- **Lazarus und Schachter** haben die Theorien aufgegriffen und nochmals eine andere Sichtweise eingebracht, welche die physiologische Erregung und dessen Interpretation als eine notwendige Voraussetzung für Emotionen betrachtet („Mein Herz rast und deutet Angst an, weil ich die Situation als gefährlich bewertet habe“) (Hammerl et al., 1993).

Neue, integrative Modelle führen verschiedene Emotionstheorien zusammen: Hierbei findet, ausgehend von einer Wahrnehmung, die unbewusste Verarbeitung im Gehirn statt. Eine erste emotionale Reaktion entsteht (Faller, 2006, S. 102). Gleichzeitig wird im Cortex (Hirnrinde) eine bewusste Bewertung vorgenommen, welche die physiologischen Reaktionen auslöst, allerdings etwas zeitverzögert. Alle Informationen aus den Prozessen resultieren im subjektiven Erleben, welches wiederum auf den Ausdruck und die physiologische Komponente wirken kann (ebd.). Das **subjektive Erleben**, welches ein „neuer“ Aspekt dieses Modells wird, ist ebenfalls eine wichtige Komponente der Emotion. Von einer Emotion kann erst die Rede sein, wenn diese bewusst erlebt wird. Der Bewertungsprozess an sich muss jedoch nicht unbedingt ein bewusster sein. Physiologische Veränderungen bei einem emotionalen Reiz werden nicht zwangsläufig von der Person bewusst wahrgenommen und können dadurch nicht sprachlich wiedergegeben werden. Teilweise ist eine subjektive Bewertung anhand der Valenz (positiv-negativ) und der Erregung „Arousal“ (angenehm – unangenehm) (siehe Glossar) möglich (Herbert, 2019).

Integratives Modell

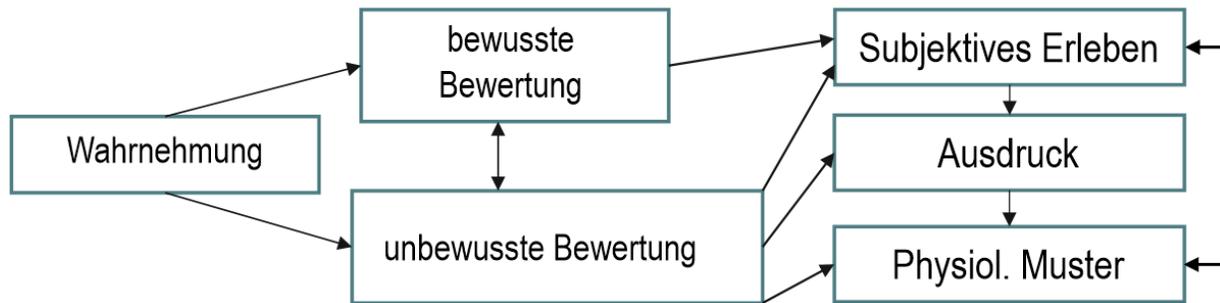


Abbildung 6: Emotionen als integratives Modell (eigene Darstellung nach Faller, 2006)

Für die Psychologie sind Emotionen ein komplexer Ablauf, welcher sich in dem integrativen Modell und auch anhand des Emotionsdefinitionsansatzes verdeutlicht. Die Emotionspsychologie befindet sich dabei noch im Diskurs, ob das integrative Modell nun ein abschließendes Erklärungsmodell darstellt. **Planer*innen neigen eventuell zu eher vereinfachten Theorien** bzw. Erklärungsmodellen von Emotionen, die der Alltagsvorstellung entspricht. Dies kann auch der einfacheren Kommunizierbarkeit gegenüber Zielgruppen geschuldet sein (vgl. Kapitel 5.6.5).

2.1.3 Das Konzept „Stress“

Das Konzept Stress ist jedem Menschen ähnlich wie Emotionen ein Begriff. Aber auch hier fällt die Definition schwer. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass Emotionen stark mit Stress verknüpft sind. „Where there is stress there are also emotions“ (Lazarus, 1999, S. 35). Lange Zeit wurden diese Aspekte in der Psychologie getrennt betrachtet, da die Disziplin bevorzugt, Forschungsgegenstände sehr eng zu fassen. Das Konzept „Stress“ hat eine lange Geschichte und **keine eindeutige Definition** hervorgebracht. Die Gründe dafür sind unterschiedlich. Unter anderem kann es an der **Inkonsistenz der Verwendung des Begriffes liegen, da auch z. B. Stimulus oder „response“** damit gleichgesetzt werden und diese Bezeichnungen in unterschiedlichen Disziplinen verhaftet sind. Dazu kommt noch das „Alltagsverständnis“ des/der Wissenschaftler*in, welches sich auch von Individuum zu Individuum basierend auf der persönlichen Erfahrung unterscheidet, sodass „es zuweilen schwierig ist, zu erkennen, ob es sich bei dem, was diskutiert wird, um eine wissenschaftliche Realität oder um ein kulturelles Konzept handelt, das zu einer ‚sozialen Tatsache‘ geworden ist“ (Cooper & Dewe, 2008, S. 115; zitiert nach Pollock, 1988).

Ein Stressmodell

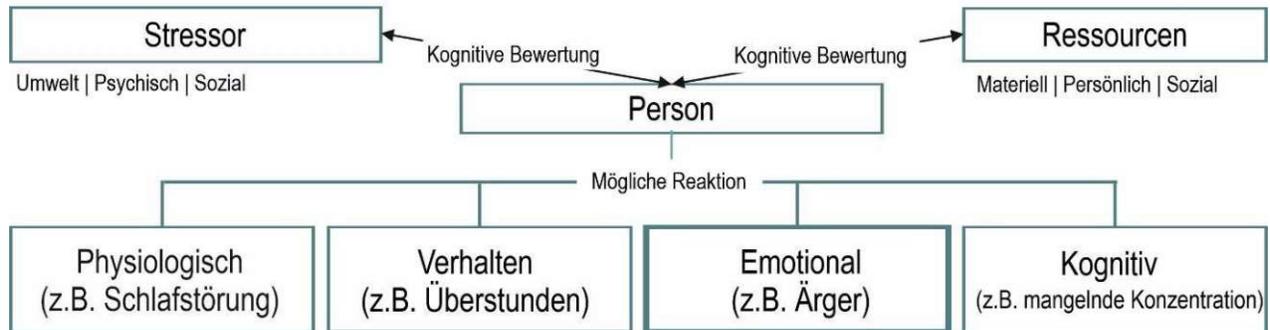


Abbildung 7: Ein Stressmodell (eigene Darstellung nach Gerrig & Zimbardo, 2008)

Stress umfasst oder resultiert in mehreren potenziell negativen Emotionen wie Angst und Ärger, oder auch in spezifischem Verhalten (siehe Abbildung 7). Wie auch andere Emotionen ist Stress „das Reaktionsmuster eines Organismus auf Stimulusereignisse, die dessen Gleichgewicht stören und dessen Fähigkeit, die Einflüsse zu bewältigen, stark beansprucht oder übersteigt“ (Gerrig & Zimbardo, 2008, S. 468). Aus physiologischer Sicht kommt es zu der Fight-or-Flight-Reaktion (geprägt von Cannon). Dies führt wiederum zu einem Anstieg der Herzrate, der Atemfrequenz, des Blutdrucks und anderen körperlichen Reaktionen (Trimmel, 2015).

Lazarus prägte den Begriff der „stress emotions“, die auf – überwiegend – negativen Emotionen wie Ärger und Frust fußen. Sein Stressmodell beschreibt, dass Stress auch immer einer Beurteilung und einer Analyse der vorhandenen Ressourcen zur Bewältigung des Stresses folgt (Lazarus & Cohen, 1977).

Verschiedene Attribute von Stress erlauben nach Beckmann et al. (1976) eine Annäherung an dessen Definition:

1. Stress wird durch einen Stimulus ausgelöst, also in Abhängigkeit der Veränderung der Umwelt. Dieser muss nicht rein physikalisch, sondern kann auch komplex sein (z. B. sozialer Stress).
2. Stress führt zu Verarbeitungsprozessen, bei denen das Individuum bei der Veränderung der Umwelt sein Verhalten ändert, um das Normalniveau wiederherzustellen („coping“).
3. Stress ist auch ein zeitlicher Prozess, der unterschiedlich intensiv ablaufen kann und qualitativ variiert.
4. Stress ist zeitlich andauernd. Hier ist allerdings eine Diskrepanz in der Literatur zu erkennen: Die Rede ist von **Stunden bis Tagen, es wird aber auch von Stressoren als kurzen Stimuli gesprochen**, die sich wiederum kumulieren können.

Stress manifestiert sich sozusagen ähnlich wie Emotionen insgesamt in der (1) physiologischen Reaktion, (2) im Verhalten, (3) der subjektiven Wahrnehmung und (4) der kognitiven Prozesse.

2.1.3.1 Stress und Stressoren in der Umwelt

Als Vorbereitung auf die Stressoren der aktiven Mobilität (siehe Kapitel 3.5) soll hier kurz auf die Stressoren, die in psychologischen Stressmodellen zu finden sind, eingegangen werden. Stressoren sind interne oder externe

Anforderungen, die Stress auslösen, wenn z. B. diese die Ressourcen des Individuums übersteigen oder als Bedrohung wahrgenommen werden (Hess, 2018). Stressoren haben auch häufig Nachwirkungen, die sich bei vermehrter Belastung weiter kumulieren. Stress baut sich dann mehr und mehr auf (Stangl, 2020). Es bestehen strukturelle Unterschiede zwischen den Stressoren. Eine ausführliche Auflistung ist in Anhang I zu finden.

In einem städtischen Kontext wurde von Expertin Elisabeth Oberzaucher als Kernstressor der motorisierte Verkehr genannt, der auch weitere Stressoren wie Lärm und Geruchsbelästigung mitverursacht. Hinzu kommt die hohe Dichte an Menschen, „die man jetzt nicht kennt und das natürlich eben potenzielle Quellen von Ereignissen sind, auf die ich in irgendeiner Form reagieren muss. Und das ist kognitiv durchaus eben etwas, was belastend wirken kann“ (Interview E. Oberzaucher, Pos. 38).

Es ist anzumerken, dass Stressoren nicht nur negativ sind. Es existieren auch positive Stimuli, die Stress auslösen können (z. B. vor einer Reise). Hier wird zwischen Eustress und Distress unterschieden, wobei erster als positiver Stress bezeichnet wird, damit wir z. B. Aufgaben besser erledigen können und zweiter als negativer Stress gilt, der die Leistungsfähigkeit und mentale Gesundheit mindert.

2.1.3.2 Stress und Wohlbefinden („well-being“)

Da in der – insbesondere englischsprachigen – Mobilitätsforschung häufig von Wohlbefinden (oder „well-being“) die Rede ist, soll hier noch kurz auf diese Begrifflichkeit eingegangen werden, wobei ähnlich zu anderen Begriffen des Emotionsspektrums auch hier eine Definition schwierig ist (was wiederum durch eine Übersetzungsproblematik katalysiert wird). Wohlbefinden wird häufig mit der Präsenz oder Abwesenheit von positiven und negativen Gefühlen bzw. deren Balance über einen bestimmten Zeitraum beschrieben (Charles & Leger, 2016).

Das subjektive Wohlbefinden kann als Überbegriff für positives emotionales Befinden betrachtet werden. Wichtig hierbei und auch generell in der psychologischen Emotionsforschung ist zum einen die Unterscheidung zwischen dem körperlichen und psychischen Wohlbefinden (Schmidt-Atzert et al., 2014) sowie zum anderen dem aktuellen, situationsbezogenen Zustand und dem langfristigen Zustand als Persönlichkeitseigenschaft (Mayring, 2019).

Geeignete Erhebungsmethoden sind auch bei dieser Emotion eine Herausforderung und variieren von Skalen (z. B. Perceived Stress Scale (PSS); Subjective Well-being Scale (SWS)), Tiefeninterviews, aber auch Kodierung der Muskelbewegungen im Gesicht, die Rückschlüsse auf die Emotion ermöglichen (Lächeln bzw. Mundwinkelanhebung = Freude) (Mayring, 2019).

Als Gegensatz zu Stress ist Wohlbefinden weniger anzusehen bzw. ist dies nicht eindeutig definiert.

2.1.4 Physiologische Veränderungen messen – Grundlagen

Es existieren verschiedenste Methoden, um Emotionen zu messen. Die gängigsten Methoden der Emotionspsychologie sind Interviews, Tagebücher oder Rating-Skalen (z. B. nach Valenz und Erregung). Eine weitere Möglichkeit, die sich nicht eindeutig der Emotionspsychologie zuordnen lässt und eher zu den Standardmethoden der Diagnostik oder Psychologie zählt, ist die Messung physiologischer Veränderungen. Bereits früh in der Emotionsforschung wurde

erkannt, dass Emotionen auch mit körperlichen Reaktionen einhergehen (z. B. ein höherer Puls, wenn man sich ärgert) und unterliegen auch der Annahme, dass *spezifische* Emotionen mit typischen Erregungsmustern einhergehen oder Emotionen die physiologischen Parameter beeinflussen. Allerdings gestaltet sich die Zuordnung einer bestimmten Emotion zu einer physiologischen Veränderung äußerst schwierig (Andreassi, 2007, S. 441). Physiologische Messmethoden können allerdings physiologische Veränderungen messen und erfassen (Schmidt-Atzert et al., 2014), wie die Schnelligkeit des Herzschlags, Veränderungen des Blutdrucks, elektrodermale Aktivität, periphere Durchblutung und Atmung (siehe unten).

In diesem Kapitel soll ein physiologisches Grundverständnis vermittelt sowie ausgewählte Messmethoden dargelegt werden, die als Basis für die darauffolgenden Kapitel zu betrachten sind.

Das autonome Nervensystem – also die innerkörperlichen, automatischen Vorgänge wie Atmung und Herzschlag – kann auch mit diversen Messmethoden untersucht werden, die sich wie folgt unterscheiden lassen:

- (1) Messung der elektrodermalen Aktivität (EDA) bzw. der Hautleitfähigkeit (siehe auch Fallbeispiele 1 und 2)
- (2) Elektrokardiogramm (EKG) zur Messung der Herzaktivität
- (3) EEG zur Messung der Hirnaktivität (wird nicht weiter ausgeführt)

Im Folgenden wird auf die elektrodermale und kardiovaskuläre Aktivität eingegangen, da diese in der Stadt- und Mobilitätsforschung vermehrt eine wichtige Rolle zur Bestimmung von Emotionen und Stress spielt. Es existieren noch andere physiologische Aktivitäten, die hier nicht weiter aufgegriffen werden.

2.1.4.1 Elektrodermale Aktivität

Die elektrodermale Aktivität beschreibt die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit der Haut. Schon im 19. Jahrhundert wurde beobachtet, dass solche Veränderungen mit emotionalen Stimuli einhergehen. Seitdem wurde u. a. zu Schreckreaktionen und Angststörungen in Zusammenhängen mit elektrodermalen Aktivität (EDA, Oberbegriff für u. a. Hautleitfähigkeit und Hauttemperatur) geforscht (Vögele, 2008a).

Physiologie: Schweiß, der auf der Haut entsteht, hat durch die Verdunstung die Aufgabe, uns abzukühlen (Thermoregulation). „Wichtig für die Interpretation elektrodermalen Aktivität als psychophysiologisches Phänomen ist jedoch die Beobachtung, dass die Aktivität der ekkrinen Schweißdrüsen nicht ausschließlich von den thermoregulatorischen Erfordernissen abhängt, sondern auch von psychischen Faktoren, z. B. Furcht, Angst oder Erregung“ (Vögele, 2008a, S. 159). Insbesondere Schweißdrüsen an den Fingern und Handflächen reagieren stark auf Stimuli, z. B. feuchte Hände bei Aufregung.

Kennwerte

Der Basiswert und Reaktionswert der Hautleitfähigkeit (HLF) sind die elementaren Werte der Hautleitfähigkeitsmessung. Ersterer bezieht sich auf eine generelle Aktiviertheit, zweiterer auf bestimmte Reize (Boucsein, 1988).

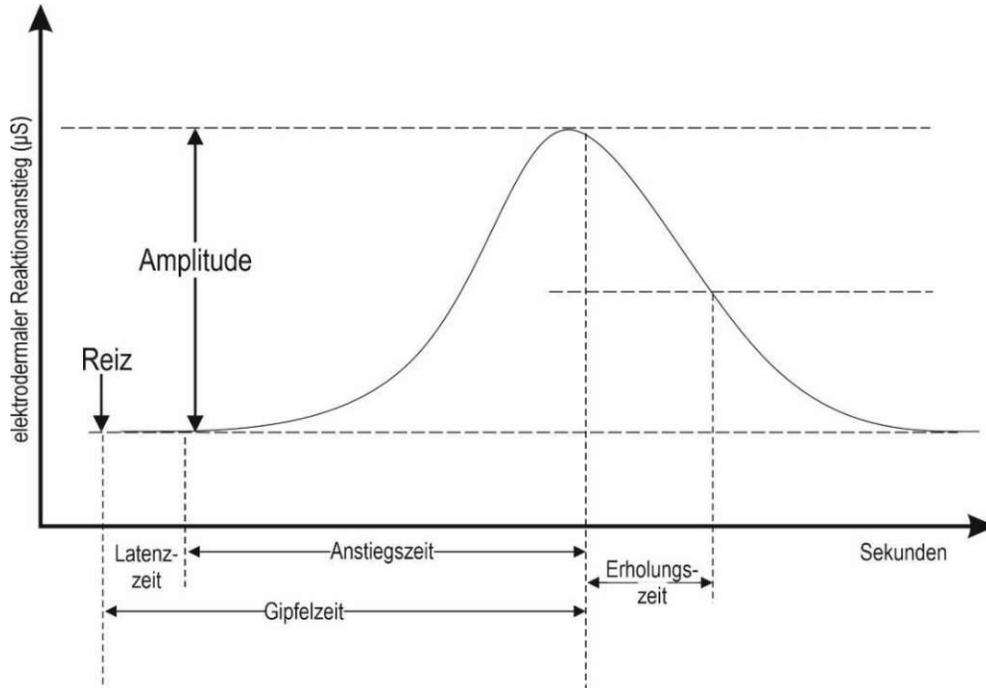


Abbildung 8: Verlauf einer Hautleitfähigkeitsreaktion (eigene Darstellung nach Schandry, 1998)

Abbildung 8 zeigt einen typischen Verlauf der HLF. Zu sehen ist die Amplitude (= Differenz zwischen dem Reaktionsmaximum und dem Fußpunkt und im Wesentlichen die Intensität der Aktivierung infolge eines Reizes) und die Zeitmaße wie:

- Latenzzeit = Zeit zwischen dem Reizbeginn und dem Anstieg der Kurve
- Anstiegszeit = Zeit zwischen dem Fußpunkt und dem Reaktionsmaximum
- Erholungszeit = Zeit, um auf 50 % ihres Ausgangswertes zurückzukehren

Messung und Parametrisierung: Es existieren Messprinzipien für EDA. Die wohl gängigste Methode ist die, bei der Sensoren an die Haut angelegt werden, um deren Spannung zu messen. Die Veränderungen in den gemessenen Stromgrößen (z. B. Widerstand, Leitfähigkeit) sind Indikatoren, dass sich in der Schweißdrüsenaktivität etwas verändert hat (Vögele, 2008a, S. 160). Mit anderen Worten ändert sich bei höherer Schweißproduktion **der elektrische Widerstand der Haut, was sich somit in der Änderung der Hautleitfähigkeit zeigt.**

Die Unterscheidung in tonische (stabile Niveau-Unterschiede) und phasische Aktivität (momentane Fluktuationen) ist ebenfalls wichtig und wird verschieden operationalisiert. **Als Indikator der phasischen Aktivität gilt die**

ereignisbezogene elektrodermale Reaktion. Die Maßeinheit ist meist in Mikrosiemens (μS) angegeben. Eine Erregung bzw. eine Hautleitfähigkeitsreaktion wird über die Amplitude und die Latenz, die Zeitdifferenz zwischen Reiz und Reaktion, ermittelt (s. o.). Die meisten Reaktionen bewegen sich zwischen 1 – 3 Sekunden (Fahr & Hofer, 2013). Auch die Amplitudenkriterien müssen festgelegt werden. Diese können abhängig vom jeweiligen Messsystem, den Bedingungen beim Experiment oder der Empfindlichkeit der Geräte im Wertebereich von 0,01 bis 0,05 μS liegen. Demnach wird bei einem Minimum von 0,01 μS ein Ereignis identifiziert (Boucsein et al., 2012; Michael, 2009).

Bei der Datenauswertung müssen meist erst Artefakte bereinigt werden, die etwa durch Bewegungen (z. B. Husten) der Teilnehmer*innen verursacht werden. Allerdings sorgen neue technische Entwicklungen für eine höhere Robustheit der Elektroden gegenüber diesen Artefakten.

Bei der Parametrisierung von EDA-Rohdaten (z. B. händisch oder durch bestimmte Software) kann das EDA-Rohsignal in Segmente aufgeteilt werden (z. B. Beginn des Segments mit dem Stimulus; Ende mit dem Erscheinen des folgenden Stimulus). Methoden zur automatischen Bestimmung der Hautleitfähigkeitsreaktion unter Verwendung von Algorithmen bzw. mathematischer Modelle (siehe auch Kapitel 3.4) sind auch hier spannende Ansatzpunkte (Posada-Quintero & Chon, 2020).

Zusammenhang zur Emotionsbestimmung

In Studien mit verschiedensten Reizen (z. B. dem Betrachten von Bildern) konnte eine Erhöhung der HLF festgestellt werden. Dasselbe gilt für Angst, Ärger und Trauer (Kreibig, 2010). Stress war keine Emotionsdimension in der Metaanalyse nach Kreibig (2010).

Emotion	Ärger (Anger)	Ekel (Disgust)	Angst (Fear)	Traurigkeit (Sadness Non-crying)	Überraschung (Surprise)	Freude (Joy)
Kennwert						
HLF (Reaktionswert)	↑	↑	↑	↑	↑	
HLF (Basiswert)	↑	↑	↑	↑	(↑)	-
HT (am Finger)	↓	↓↑	↓	↓		

Tabelle 1: Übersicht der Metastudie nach Kreibig (2010); Pfeile zeigen eine erhöhte (↑), verringerte (↓) oder keine Änderung der Aktivierung von der Basislinie (-) oder sowohl Erhöhungen als auch Verringerungen zwischen Studien (↓↑)

Die Hauttemperatur spielt in der Diskussion als emotionaler Kennwert zunehmend ebenfalls eine Rolle. Insbesondere bei Abnahme der Fingertemperatur (HT) konnte eine Korrelation zu Angst, Traurigkeit und Stress festgestellt werden (Boudewyns, 1976; Kreibig, 2010). „Mit der elektrischen Leitfähigkeit der Haut und der Hauttemperatur an den Extremitäten sind also zwei physiologische Indikatoren emotionaler Vorgänge gegeben, die an der Peripherie des

Körpers abgeleitet werden können“ (Papastefanou, 2013). Eine Kombination aus beiden, so Papastefanou, ermöglicht die Abbildung von Emotionsreaktionen. Des Weiteren kann, wenn die HT abnimmt und die HLF steigt, dort eine negative Emotion abgeleitet werden.

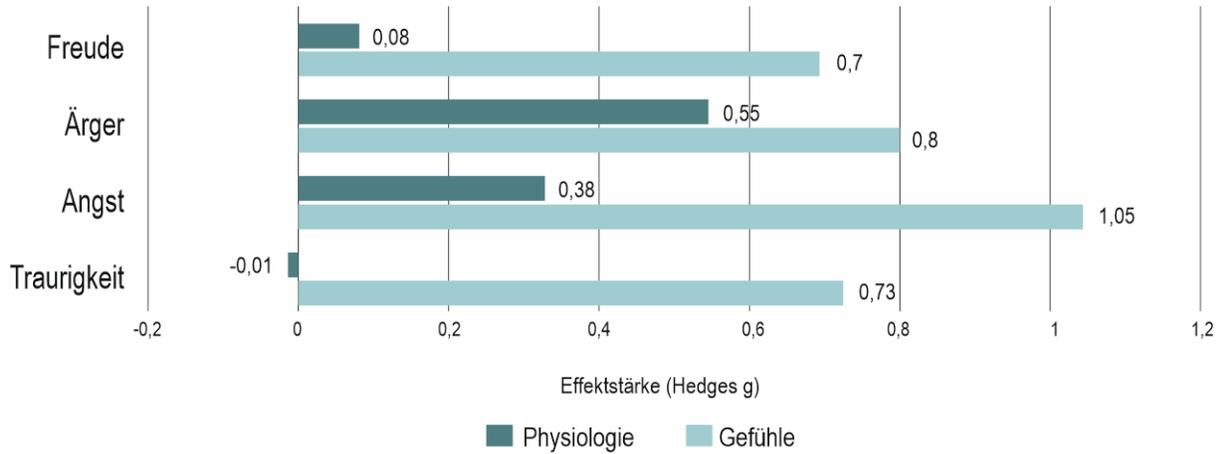


Abbildung 9: Intensität von Gefühlen und physiologischen Veränderungen nach Emotionsinduktion (nach Metaanalyse von Lench, 2011); eigene Darstellung nach Schmidt-Atzert et al. (2014)

Die Emotionen Angst und Ärger haben eine wesentlich größere physiologische Veränderung nach einer Emotionsinduktion (das Auslösen bestimmter Emotion beispielsweise durch Fotos) zur Folge als Freude oder Traurigkeit. Freude und Traurigkeit lassen sich anhand der physiologischen Effektstärke kaum unterscheiden. Gleichzeitig zeigt die Abbildung 9, dass negative Emotionen, insbesondere Angst, im Labor am besten induziert werden können – und dies über viele Induktionsmethoden hinweg (Schmidt-Atzert et al., 2014).

2.1.4.2 Kardiovaskuläre Aktivität

Physiologie: Neben körperlicher zeigen sich psychische Belastungen in der kardiovaskulären Aktivität. Die wesentliche Aufgabe dieses Herz-Kreislauf-Systems ist es, den Körper mit Blut zu versorgen, was ein komplexer Prozess ist (Vögele, 2008b). Bei einem gesunden Herzen liegt der Ruhepuls bei 60 – 70 Schlägen in der Minute. Bei stärkerer Belastung unter Ausschüttung von Adrenalin und Noradrenalin steigt die Frequenz auf 150 – 180 Schläge pro Minute. Die wichtigste Bestimmungsgröße kardiovaskulärer Aktivität ist neben der Herzfrequenz der Blutdruck. Wird das ANS aktiviert, verengen sich die Blutgefäße, die Herzfrequenz und daher auch indirekt das Schlagvolumen erhöhen sich, was einen Blutdruckanstieg zur Folge hat (Döring & Bortz, 2016).

Kennwerte: Die Messung von Herzfrequenz und Blutdruck sind die wesentlichen Kennwerte der kardiovaskulären Aktivität. Zur Messung der Herzschlagfrequenz wird als Verfahren das Elektrokardiogramm (EKG) herangezogen. Dazu werden an verschiedenen Körperstellen Elektroden angebracht (z. B. an den Brustbeinpolen) und das EKG-Signal erfasst, das aus verschiedenen Komponenten besteht, wie u. a. Herzrate, Veränderung der Herzrate über einen längeren Zeitraum sowie die kurzfristige Erhöhung oder Verminderung der Herzrate in Abhängigkeit von Reizen (auch hier ähnlich zur EDA, spannend für ereignisbezogene Emotionsmessung) (Döring & Bortz, 2016, S. 282).

Die Atmung beeinflusst die Herzfrequenz (Einatmung = Erhöhung; Ausatmen = Verlangsamung) und ist somit auch gleichzeitig Artefaktquelle.

Messung: Die Messung des Blutdrucks erfolgt häufig mit einer Staumanschette, die am Oberarm angebracht wird. Diese wird aufgepumpt, womit ein Druck auf den Oberarm entsteht. Beim Ablassen der Luft wird mit dem eingebauten Mikrofon das Geräusch erfasst, das in der Arterie entsteht. Der Blutdruckwert kann abgelesen werden (Vögele, 2008b).

Bei einer Zunahme der Herzrate kann auf emotionalen Stress und Handlungsvorbereitung geschlossen werden. Allerdings ist die Zuordnung schwierig. Wie Kreibig (2009) beschreibt, nimmt bei Furcht vor Bedrohung (z. B. durch eine Schlange etc.) die Herzrate ab, während sie bei Ängsten, die auf Erwartungen basieren (z. B. Androhung eines elektrischen Schocks), eher zunimmt.

Zusammenhang Emotion:

Kennwert	Anger (Ärger)	Ekel (Disgust)	Fear (Angst)	Traurigkeit (Sadness Non-crying)	Überraschung (Surprise)	Freude (Joy)
HR	↑	↑ ₋₋	↑	↓	↑	↑
HRV	↓	↑	↓	↓		↑ _(T)

Tabelle 2: Übersicht der Metastudie nach Kreibig (2010); Pfeile zeigen eine erhöhte (↑), verringerte (↓) oder keine Änderung der Aktivierung von der Basislinie (-) oder sowohl Erhöhungen als auch Verringerungen zwischen Studien (↓↑)

Im Rahmen von Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass mentale Anstrengung, Stress und Ärger in Zusammenhang mit dem Herz-Kreislauf-System stehen. Insbesondere die Herzratenvariabilität entwickelt sich zu einem objektiven Indikator für emotionale Reaktionen. Der Blutdruck hat sich ebenfalls als Ärger-Indikator erwiesen (Appelhans & Luecken, 2006). Wie bereits erwähnt, kompilierte Kreibig (2010) in einem Journalbeitrag Ergebnisse von Untersuchungen des autonomen Nervensystems (ANS, siehe Glossar), die diese mit Emotionen in Verbindung bringen, um Muster zu erkennen. Hierbei wurden verschiedene ANS-Methoden näher betrachtet, die je nach Stimuli – induzierten Emotionen – zu unterschiedlichen Ergebnissen führen und die Komplexität dieses Sachverhalts verdeutlichen. So können beispielsweise zwei verschiedene Bilder „Ekel“ auslösen, aber als unterschiedliche physiologische Reaktionen zum Ausdruck kommen (Müller & Kuchinke, 2019).

2.1.5 Bedeutung physiologischer Veränderung für die Messung von Emotionen

Die Ergebnisse von Kreibig (2010) verdeutlichen, dass emotionale Zustände bestimmte physiologische Veränderungen aufweisen, die teilweise spezifisch sind. Es besteht jedoch Uneinigkeit darüber, ob körperliche Reaktionen eindeutig einer bestimmten Emotion zugeordnet werden können (Cacioppo et al., 1998, zitiert nach Feldmann-Barret, 2006). Nichtsdestotrotz gibt es Emotionskategorien wie Angst oder Ärger, die sich durch eine erhöhte Herzrate oder eine höhere Hautleitfähigkeit von anderen Emotionen abgrenzen lassen (Cacioppo et al., 1998). Negative Emotionen lösen auch eine stärkere autonome Reaktion als neutrale oder positive Emotionen aus (Taylor, 1991). Dennoch ist es nicht möglich, innerhalb der Emotionskategorien zu unterscheiden (z. B. Angst vs. Ärger). Da diese physiologischen Messmethoden keine exakte Zuordnung zu einer bestimmten Emotion ermöglichen, müssen diese durch weitere Methoden wie Befragungen validiert werden.

Erkenntnisse zur Bestimmung von Emotionen mithilfe von physiologischen Kennwerten sind vielversprechend. Sie deuten darauf hin, dass die Unterscheidung emotionaler Zustände (zumindest innerhalb des positiven und negativen Spektrums) möglich ist. Dennoch muss auf ein paar Aspekte geachtet werden, auf welche Schmidt et al. (2018) hinweisen:

- Emotionale Zustände können nur indirekt über die physiologischen Kennwerte abgeleitet werden.
- Emotionen sind subjektiv und unterliegen der Wertung des einzelnen Individuums, physiologische Daten sind hingegen objektiv.
- Es sind zusätzliche Methoden notwendig, um die Emotion genauer zu bestimmen (multimodale Systeme anstatt unimodaler Systeme).
- Physiologische Muster sind unter verschiedenen Individuen gleich, dennoch können sich die Reaktionen auf einen Reiz und die daraus resultierende Wahrnehmung stark unterscheiden.
- Die Qualität der Daten leidet häufig unter Artefakten (Störungen bei der Signalaufzeichnung bzw. -übertragung, die durch Bewegungen noch weiter verstärkt werden, etwa wenn der/die Teilnehmer*in aus dem Labor in die „reale“ Umgebung tritt (s. u.)).

2.1.6 Die Emotionsmessung vom Labor in die reale Umgebung

Werden im Labor – also in einer standardisierten Umgebung – körperliche Reaktionen bzw. die abgeleiteten Emotionen erhoben, wird meist von der „Induktion von Emotionen“ gesprochen. Dies bedeutet, dass z. B. Angst dadurch induziert wird, indem der/die Forscher*in den Teilnehmer*innen mitteilt, sie müssen sich nun auf eine freie Rede vorbereiten oder bestimmte Bilder anschauen (Schmidt-Atzert et al., 2014). Für Laboruntersuchungen sollen daher standardisierte Methoden vorliegen, welche Materialien (z. B. Fotos oder Töne) umfassen und die genaue Vorgehensweise beschreiben. Es existiert auch eine Vielzahl von Datenbanken, die derartige Materialien bereitstellen, beispielsweise das „International Affective Picture System (IAPS)“ oder EmoMadrid (Carretié et al., 2019; Lang et al., 1997). Mit einer Standardisierung soll gewährleistet werden, dass Forscher*innen bei der Verwendung der Methode stets gleich

vorgehen (Schmidt-Atzert et al., 2014). Eine solche Standardisierung kann in einer realen Umgebung (z. B. als Fußgänger*in im Straßenverkehr) nie erreicht werden und stellt eine große Herausforderung für die psychologische Messung dar: Zum einen ist die Kontrolle der Umgebung nicht möglich und zum anderen sind die Teilnehmer*innen in ständiger Bewegung, was – wie bereits oben erwähnt – ein wesentlicher Verursacher von Artefakten ist. Darüber hinaus ist die Korrelation zwischen Reiz und Auslöser nur mit zusätzlichen Methoden (z. B. Kamera, Befragung) nachzuvollziehen (mehr dazu in Kapitel 3.6).

Life-Logging, Selbstvermessung & Biofeedback

Die Verbreitung dieser psychologischen Methoden in der realen (Alltags-)Welt ist immer häufiger zu beobachten. Biofeedback oder die „Quantified Self“-Bewegung als Trend im Lifestyle-Bereich stehen für Gesundheit oder Selbstoptimierung bzw. -regulation. Dabei können auch körperliche Vorgänge sichtbar gemacht werden, um Angststörungen und Depressionen vorzubeugen bzw. dem/der Betroffenen sichtbar zu machen (Müller & Kuchinke, 2019).

Im Jahr 2007 wurde von Kevin Kelly, Chefredakteur des WIRED Magazine, zusammen mit Gary Wolf, Autor und Journalist, die „Quantified Self“-Bewegung initiiert. „Selbsterkenntnis durch Selbstbeobachtung“ lautet das Motto der Bewegung. „Hier befinden sich Menschen, die sich digital selbst vermessen und aus diesen Daten lernen wollen, besser zu leben oder zumindest gewisse physische und psychische Vorgänge besser nachvollziehen zu können“ (Klausnitzer, 2013, S. 29). Auch die Begriffe „Life-Logging“ oder „Self-Tracking“ werden in diesem Zusammenhang oft gebraucht (Mämecke, 2021).

Ihre Wurzeln liegen in den USA, doch die Bewegung hat auch in Europa, Asien und Südamerika Anhänger*innen. Eine Plattform zum Austausch von Ideen, Methoden und Erfahrungen zur Selbstbeobachtung ist die Webseite quantifiedself.com. Doch nicht nur interessierte Nutzer*innen sind auf der Webseite vertreten, sondern auch Unternehmen und Entwickler*innen, die neue Anwendungen oder Geräte für das Self-Tracking entwickeln. Die gesammelten Daten sind von Person zu Person unterschiedlich: vom Blutzuckerspiegel über Essenspläne oder die Schlafqualität ist die Bandbreite sehr groß. Die Schattenseiten der digitalen Selbstaufzeichnung sind Vergleiche der Daten mit anderen Personen, was den sozialen Druck erhöhen kann. Smartphones, Sensoren und die entsprechende Software machen diesen Trend sehr einfach und fördern die Zurschaustellung des Ichs, stets mit Blick auf die Selbstoptimierung (Selke, 2014).

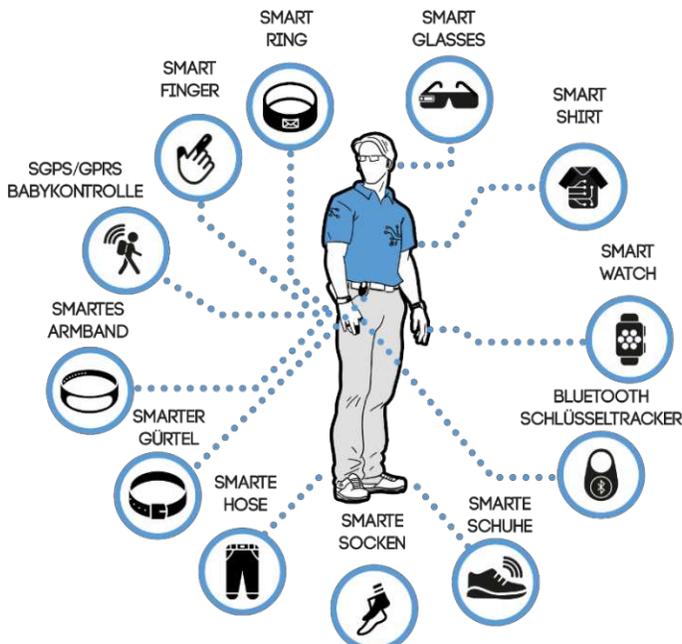


Abbildung 10: Übersicht über smarte Wearables und Devices (© Lukas Philippovich für das Projekt Walk & Feel)

Die technische Entwicklung

Der Markt technischer Geräte zur Messung der körperlichen Reaktionen hat sich in den vergangenen Jahren stark weiterentwickelt. Die technische Ausstattung war vor 10 bis 20 Jahren überwiegend auf den Laborbetrieb ausgelegt, eine mobile Anwendung nur begrenzt möglich. Wie Abbildung 10 zeigt, existiert mittlerweile eine Vielzahl tragbarer smarter Geräte, die zum Teil zur Eigenoptimierung oder aus Lifestyle-Gründen im Alltag getragen werden und auch die Wissenschaft zur Erschließung neuer Forschungsfelder anregen.

Neue Wearables zur Erfassung physiologischer Veränderungen ermöglichen nun eine Messung „unterwegs“ und erfassen u. a. Variablen zu Bewegungsmustern, Schweiß, Schlaf, emotionalem Zustand und Stress.

Ein ausführliches Review zu nicht invasiven Wearables ist bei Kamišalić et al. (2018) nachzulesen. Die darin entwickelte Taxonomie (siehe Abbildung 11) mit drei Funktionalitätsebenen gibt hierzu einen guten Überblick, wobei anzumerken ist, dass für die Fallstudien in dieser Arbeit auf Level 2 agiert wird.

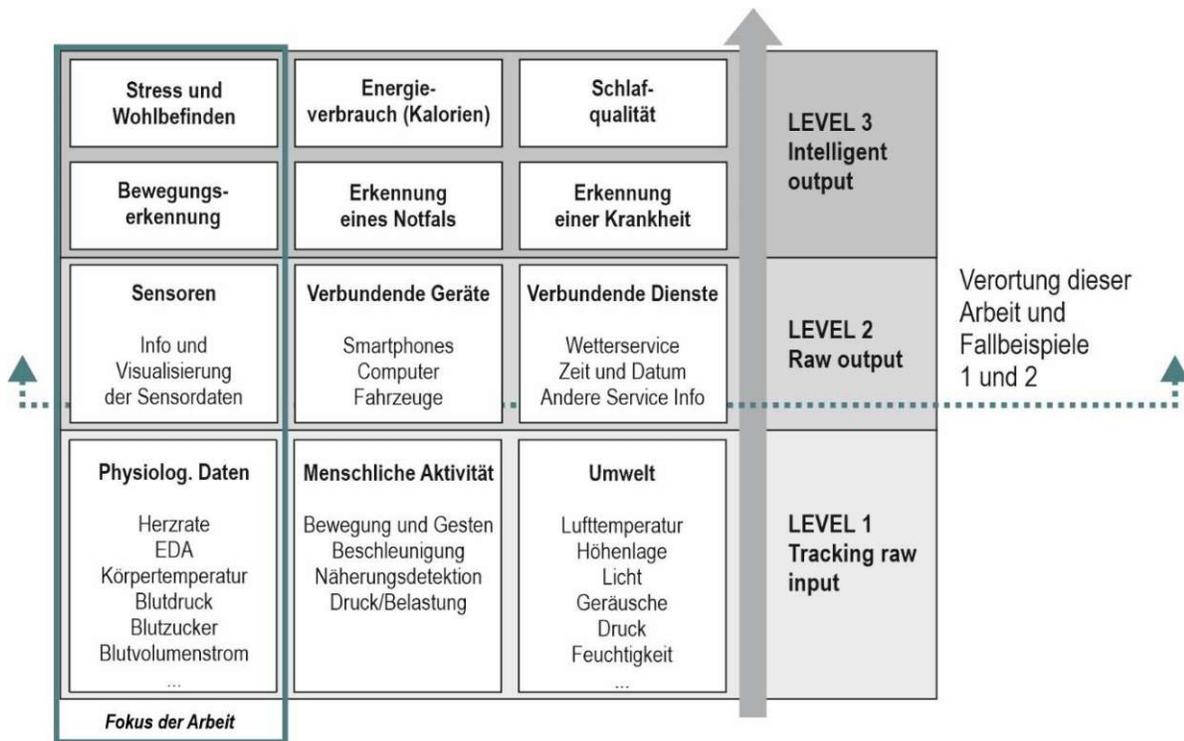


Abbildung 11: Taxonomie von Wearables auf drei Ebenen, eigene Darstellung nach Kamišalić et al. (2018)

Die Entwicklung, die wohl als Erstes an eine gewisse „Massentauglichkeit“ heranreichte, ist die Apple Watch. In ihr wurde die Funktion des Stress-Monitorings auf Grundlage der Herzratenvariabilität (HRV) integriert, welche von Studien als durchaus verlässlich eingestuft wurde (Hernando et al., 2018). Insbesondere im Vergleich zu den qualitativ hochwertigen, medizintechnischen Gerätschaften sind die Vorteile für Konsument*innen zu diskutieren. Nur die wenigsten Massenprodukte wurden von bzw. für die Forschung entwickelt und noch weniger wissenschaftlich validiert. Auch die preislichen Unterschiede sind nicht immer gerechtfertigt (Peake et al., 2018).

2.1.7 Zwischenfazit: Emotionen aus der psychologischen Perspektive & Hürden

- Es besteht ein Zusammenhang zwischen Emotionen und körperlichen Reaktionen (z. B. Schwitzen bei Angst).
- Es besteht Uneinigkeit in der Emotionspsychologie über die „richtige“ Theorie (häufig bedingt durch die semantischen Definitionen der Begrifflichkeiten, insbesondere des Emotionsbegriffs an sich).
- Emotionen lassen sich von physiologischen Parametern ableiten, dabei lassen sich positive und negative Emotionen in der physiologischen Reaktion teilweise unterscheiden; negative Emotionen lassen sich besser erfassen als positive.
- Im Spektrum innerhalb der Emotionsgruppen lassen sich keine Unterschiede feststellen (z. B. Ärger und Angst).
- Die Messung physiologischer Parameter ist in der Psychologie auf das Labor begrenzt, da dort alle Störvariablen kontrolliert werden können.
- Stress ist die (bewusste) Bewertung eines Umweltreizes, die Abschätzung der Ressourcen zu dessen Bewältigung und ein Überbegriff für negative Emotionen wie Ärger und Wut; es gibt „positiven“ und „negativen“ Stress.
- Stress hat keine eindeutige Definition, das Verständnis hängt häufig von der Disziplin ab und davon, wie der Begriff für das „Alltagsverständnis“ kulturell geprägt wurde.
- Trend zur Selbstvermessung und Verstehen der körperlichen Veränderungen (z. B. Stress), der hinsichtlich Selbstoptimierung und Datenschutz auch kritisch zu sehen ist.
- Technologien und Wearables werden besser und ausgereifter – inwieweit diese Aussagen zu Emotion oder Stress erlauben, bleibt weitestgehend fraglich.

2.2 Emotion in der Planung – Ursprünge und Genese

Emotionen in Verbindung mit der Planung und Gestaltung von Raum sind eine sehr junge Forschungsrichtung. Beim Blick in die Vergangenheit lassen sich jedoch Disziplinen und Theorien identifizieren, die maßgeblich die Beziehung Mensch und bauliche Umwelt, die Wahrnehmung (und teilweise Emotion) und das daraus resultierende Verhalten beschrieben und untersucht haben. So schrieb bereits Simmel: „Die psychologische Grundlage, auf der der Typus großstädtischer Individualitäten sich erhebt, ist die Steigerung des Nervenlebens, die aus dem raschen und ununterbrochenen Wechsel äußerer und innerer Eindrücke hervorgeht“ (Simmel, 1903). Es sollte allerdings noch Jahre dauern, bis dieses Nervenleben städtischer Bewohner*innen ins Zentrum soziologischer Forschung (z. B. Chicagoer Schule) und Interesse verschiedener Disziplinen (z. B. Psychogeographie) und methodischer Ansätze (z. B. Mental Maps, Emotion Mapping) rückte. Eine visuelle Ausrichtung der damaligen Stadtforschung und -planung war in den 1960er Jahren zu erkennen. Neben Kevin Lynch beschäftigten sich noch andere Stadtforscher*innen mit dem Bild bzw. der visuellen Repräsentation der Stadt. Gordon Cullen sprach in seinem Buch „The Concise Townscape“ von „serial vision“, einer Reihung visueller Reize in einer städtischen Struktur.

Die Paradigmen der Stadtplanung bzw. des Urbanismus veränderten sich in den 1960er und 1970er Jahren maßgeblich. Während Ebenezer Howard und Le Corbusier danach strebten, neue Städte bzw. Stadtteile zu errichten und bestehende nicht wirklich in die Überlegungen mit einzubeziehen, wurde für andere Vertreter*innen wie Jane Jacobs oder William F. Whyte das Leben in den Städten und die Wechselbeziehung des Menschen mit seiner gebauten Umwelt immer bedeutsamer. Die neue Generation der Stadtplaner*innen erkannte, dass die Stadt nicht nur ein Ballungszentrum des Negativen und die Kluft zwischen planerischer Sichtweise und Befindlichkeiten der Bewohner*innen sehr groß ist. „Unpersönliche Straßen ergeben anonyme Menschen, und das ist nun keine Frage der Ästhetik oder geheimnisvoller emotionaler Wirkungen von Architektur. Es ist eine Frage nach den realen Unternehmen, die an die Bürgersteige grenzen, und damit eine Frage nach der Nutzung der Bürgersteige im praktischen, normalen Leben“ (Jacobs, 2014, S. 48).

In Sinne der lebenswerten Städte bzw. Städte für Menschen, was als ein weiteres Paradigma in den 1980er und 1990er Jahren gesehen werden kann (in den USA eher New Urbanism), rückten lebenswerte Nachbarschaften, nachhaltige Mobilität und soziale Durchmischung mehr in den Fokus. Darüber hinaus wies auch Jan Gehl auf die Bedeutung der menschlichen Sinne – insbesondere das Sehen und Hören – im Kontext der Planung hin (Gehl, 2011), Zweites vor allem in Hinsicht auf Kommunikation und Austausch. Nach Gehl sind die Sinnesorgane abhängig von der menschlichen Bewegungsrichtung, welche sich horizontal darstellt. Das Blickfeld nimmt auch hauptsächlich nur Geschehnisse auf Ebene der Erdgeschoss wahr (Gehl, 2011).

Die gegenwärtige Stadt- und Verkehrsplanung zieht Wahrnehmungskonzepte heran, die auf vergangenen Theorien und Leitbildern basieren – auch, wenn diese nicht mehr allgegenwärtig in der täglichen (Planungs-)Praxis sind. „Emotionen und Stadt“ entwickelte sich zunehmenden zu einem interdisziplinären Feld. Maßgebliche Disziplinen sind die Geographie, die Stadt- und Mobilitätsforschung sowie die Psychologie. Folgende Abbildung gibt dazu einen Überblick. Auf die wesentlichen Vertreter*innen, Strömungen und Erkenntnisse wird in den folgenden Kapiteln eingegangen.

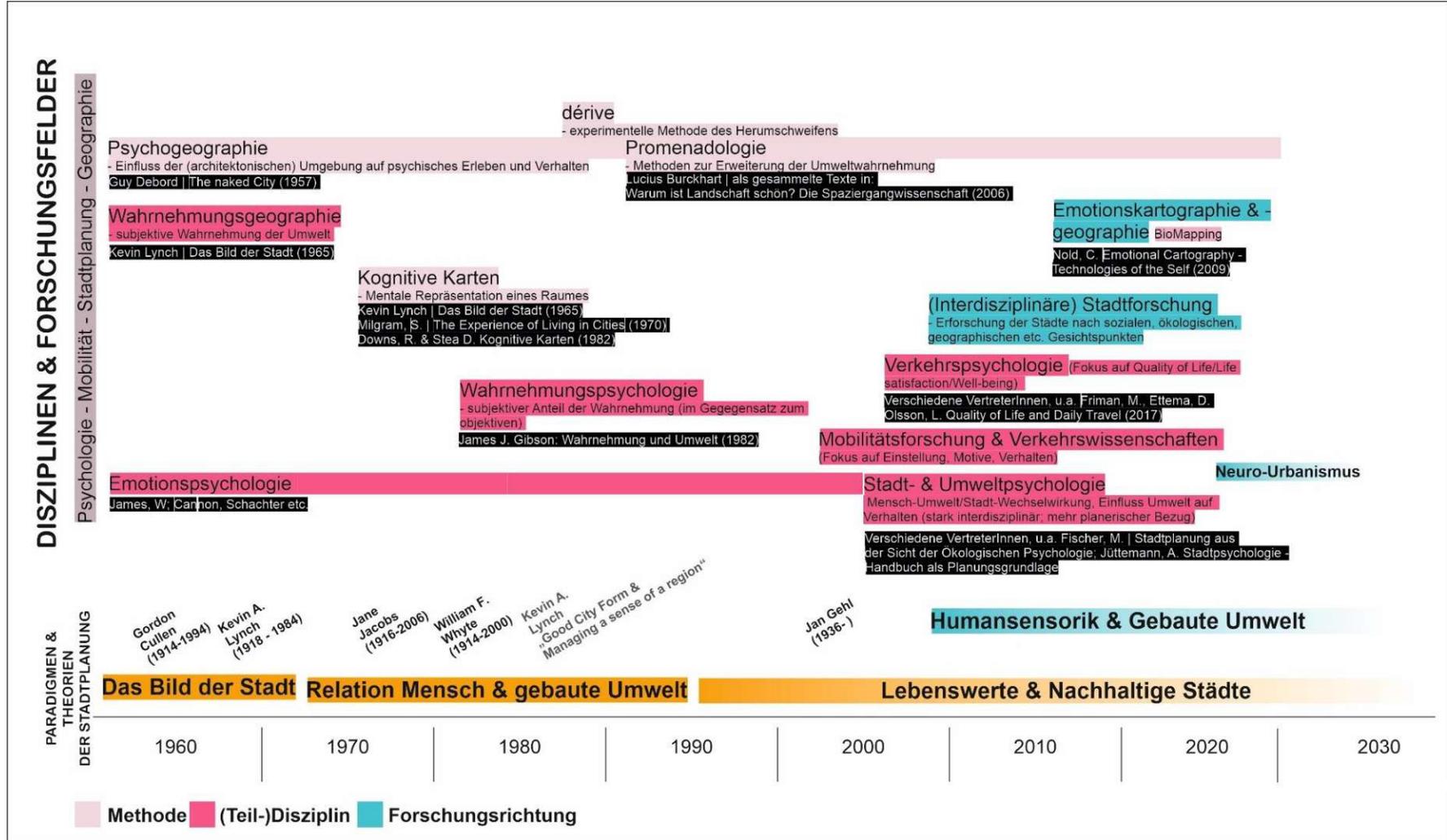


Abbildung 12: Disziplinen und Forschungsrichtungen rund um Emotionen und gebaute Umwelt als schematische Skizze im zeitlichen Verlauf (eigene Darstellung)

2.2.1 Wahrnehmungsgeographie und das Bild der Stadt

Die Wahrnehmungsgeographie ist ein Forschungszweig, welcher in den 1960 und 1970er Jahren entstand und sich mit der Wahrnehmung der Umwelt bzw. der baulichen Umgebung befasst. Kevin Lynch und „das Bild der Stadt“ prägten diese Forschungsrichtung maßgeblich. Eine Methode bei der Erfassung von Wahrnehmung sind „mental maps“ oder „cognitive maps“ (s. u.) als kartographische Darstellung. Diese geben die subjektive Wahrnehmung eines (städtischen) Raumausschnittes durch eine Person wieder und sind „komplexe, hochselektive, abstrakte, verallgemeinerte Darstellungen in verschiedenen Formen“ (Downs & Stea, 2011, S. 315).

In den 1960er Jahren erlangte insbesondere die (visuelle) Wahrnehmung der städtebaulichen Umgebung bzw. die Gestaltungsqualität an Bedeutung, wie es Kevin Lynch formulierte. Er spricht vom „image of the city“, dem Bild der Stadt, und von Bildhaftigkeit. Dies bezeichnet die Eigenschaft eines physischen Objekts, das beim Beobachter ein starkes Bild bzw. einen starken Eindruck hervorruft (Lynch, 1960, S. 9). Die Menschen im Raum werden von Lynch als ebenso wichtig erachtet wie die baulichen Elemente. „We are not simply observers of this spectacle, but are ourselves a part of it, on the stage with the other participants. [...] Nearly every sense is in operation, and the image is the composite of them all“ (Lynch, 1960, S. 2). Das bedeutendste an seiner Forschung war allerdings, dass er sich nicht nur auf seine eigenen Beobachtungen stützte, wie es etwa bei Camilo Sitte der Fall war, sondern tatsächlich Studien durchführte, in welchen er Teilnehmer*innen durch nordamerikanische Städte gehen ließ und deren Wahrnehmungserlebnisse erfasste (Brandl, 2013, S. 131).

Darüber hinaus spielt Emotion stets eine Rolle, auch wenn sie nicht der wesentliche Untersuchungsgegenstand in „The Image of the City“ war. Die Emotion ist vielmehr eine Konsequenz des Wahrgenommenen. So beschreibt Lynch, wie das Erkennen von städtischen Mustern, die Veränderung, die Wegfindung und das Empfinden von Sicherheit eine emotionale Komponente für den Beobachter besitzen (Lynch, 1960, S. 4–8). „The city environment is itself changing rapidly, as techniques and functions shift. These changes are often disturbing to the citizen emotionally, and tend to disorganize his perceptual image“ (Lynch, 1960, S. 111–112). Gemäß Lynch ist die Analyse des mentalen Bildes das bedeutendste Element, um „the sense of place“ zu verstehen. Dabei spricht er Planende und Institutionen an, die dazu beitragen sollen, dieses „sense of place“ zu fördern, indem Identifikation und emotionale Sicherheit gegeben sind (Lynch, 1980; Seifert, 2011). Ein interessanter Aspekt dabei ist, dass durch die emotionale Distanz der Planenden diese ein anderes mentales Bild einer Region haben als der/die Bewohner*in. Deshalb werden ihre Handlungen auch stets andere sein. Lynch hatte in den 1960er Jahren mit seinem Buch „The Image of the City“ rein städtische Aspekte der visuellen Wahrnehmung beleuchtet, die auch für künftige, städtebauliche Maßnahmen ausschlaggebend waren. Nur wurden die falschen Schlüsse aus der Forschung Lynchs gezogen, so Burckhardt, und es wurden städtebauliche Elemente in die Stadt integriert, die besonders „gestalthaft und memorierbar“ waren. Das „Bild“ der Stadt macht für den Menschen mehr aus als das Gesehene. Bauwerke, Straßen und Architektur sind nicht so bedeutend wie unsichtbare Dinge wie Nachbarschaften, Mieten, Meinung, Gesellschaft – und dies bestimmt auch meist die Kommunikation (Burckhardt, 2006). Neben Lynch beschäftigten sich noch andere Stadtforscher mit dem Bild bzw. der visuellen Repräsentation der Stadt. Gordon Cullen, Autor des Buches „The Concise Townscape“, bezeichnete die visuellen Reize in einer städtischen Struktur als „serial vision“. Das Sehen ruft Erinnerungen hervor, die Emotionen in uns wecken. Dies erfolgt auf Basis dreier Komponenten: dem Optischen, dem Ort und dem Inhalt (Cullen, 1961).

2.2.1.1 Mental Maps

Lynch hat sich ebenfalls mit der kognitiven Repräsentation des Raumes befasst und wurde auch – eher theoretisch und konzeptionell – von Downs und Stea („Cognitive Maps and Spatial Behaviour“ (2011))² aufgegriffen.

Diese Mental Map-Forschung befasst sich mit kartographischen Darstellungen eines wahrgenommenen Raumausschnittes. Lynch konzentrierte sich bei seinen Untersuchungen auf drei Städte und forderte Bewohner*innen auf, eine Skizze der Stadt zu zeichnen, einige ihrer täglichen Wege zu beschreiben und Elemente zu nennen, die sie als besonders ausgeprägt oder lebendig erachteten. Seine Grundannahme bestand darin, dass das kognitive Bild von der Klarheit bzw. Lesbarkeit der gebauten Umwelt abhängig ist und es möglich ist, daraus Rückschlüsse auf die Qualität der Stadtgestalt zu ziehen (Seifert 2011; Lynch 1960). Dabei ist festzuhalten, dass es sich nicht um eine (geographische) Karte im eigentlichen Sinn handelt, welche die topographische, physische Umwelt repräsentiert, sondern um eine Karte, die „... die Welt so [widerspiegelt], wie ein Mensch glaubt, dass sie ist [...]“ (Downs & Stea, 1982, S. 24).

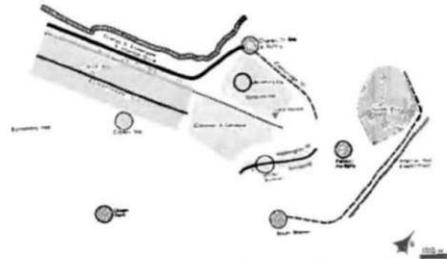
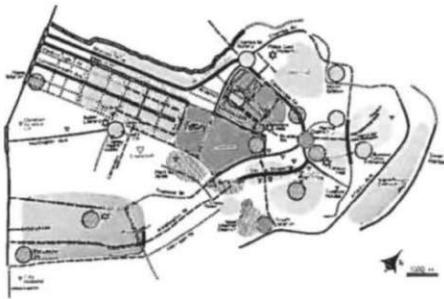


FIG. 37. The distinctive elements of Boston

FIG. 38. The visual form of Boston as seen in the field

Abbildung 13: Visualisierung der Befragungen und Kartenskizzen aus den Feldbegehungen (Lynch, 1960)

Auch Milgram befasste sich mit kognitiven Karten einer Stadt, betonte allerdings, dass es dabei mehr um eine psychologische Sichtweise geht, also um die wahrnehmbare Struktur der Stadt, als um geographische oder administrative Grenzen. Milgram untersuchte die kognitive Wahrnehmung von Paris und ließ Teilnehmer*innen Zeichnungen erstellen, die sie später gewissen Attributen (wie gefährlich, wohlhabend etc.) zuordnen sollten (Milgram, 1970).

2.2.1.2 Promenadologie

Lucius Burckhardt gründete in den 1980er Jahren die Spaziergangswissenschaft oder auch Promenadologie, bei der die bewusste Wahrnehmung der Umgebung sowie die ästhetischen Wirkungen auf die Gehenden im Mittelpunkt stehen. Dabei wird bei einem Spaziergang das Gehen zum „wissenschaftlichen Instrument“, welches den Betrachtenden erlaubt, einzelne Sequenzen der Umwelt wahrzunehmen (Burckhardt, 2006, S. 251) Als das Automobil in den 1950er und 1960er Jahren die Städte eroberte und städtebauliche Maßnahmen sich dieser Tatsache anpassten, erkannte Burckhardt die Problematik, die solche Veränderungen im sozialen und räumlichen Gefüge bewirkten. Da er zu dieser Zeit in Basel studierte, sah er vor allem dort die urbanen Veränderungen. Die oben erwähnte Sequenz bzw. der Kontext

² Erstveröffentlicht 1973: Kapitel 1 in Roger M. Downs and David Stea (eds) Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior, Aldine Press, Chicago, 8–26.

ist nicht mehr gegeben. Burckhardt sieht sich der ersten Generation, die „eine promenadologische Ästhetik“ erst wiederaufbauen muss, zugehörig. Er fordert eine planerische und gestalterische Intelligenz, „die eben die doppelte Aussage, die Kontext-Information und die eigene des Objektes zugleich vermittelt“ (Burckhardt, 2006, S. 256).

2.2.1.3 *Interesse am Leben in öffentlichen, städtischen Räumen*

Mit der neuen Prämisse der lebenswerten Stadt wuchs somit auch das Interesse an öffentlichen Räumen und das Leben in diesen. Die (transdisziplinäre) Stadtforschung beschäftigte sich zunehmend mit einer vertieften und systematischen Stadterkundung und „ergibt sich vor allem aus der Notwendigkeit, dass die Komplexität des Städtischen durch spezialisiertes Wissen nicht angemessen berücksichtigt werden kann“ (Eckardt, 2014, S. 6).

Dabei rücken hauptsächlich Straßen und Plätze als wesentlicher Teil des öffentlichen Raumes in den Forschungsmittelpunkt. Die Nutzung dieser ist meist eine Selbstverständlichkeit und spielt vorrangig im städtischen Raum, wo Platz begrenzt ist, eine große Rolle. Straßen und Plätze dienen der Entfaltung und Erholung und sind allen Bewohner*innen zugänglich, unabhängig von Geschlecht, Status und Abstammung (Eckardt, 2014, S. 46–48). Von einem vollständigen Diskurs zum Thema öffentlicher Raum wird hier abgesehen. Die Straße ist etwas Konstantes, meist unverändert und dennoch geprägt durch das, was darauf geschieht. „Straßen sind deshalb der primäre Raum, in dem Menschen sich begegnen oder sich auch nur sehen und hören“ (Eckardt, 2014, S. 43). Auch u. a. Jan Gehl wies auf diese Bedeutung öffentlicher Straßen und Plätze hin. „Das Sehen und Hören steht mit fast allen Aktivitäten im Freien intensiv in Beziehung, wodurch natürlich die visuellen und akustischen Kontakte und ihre Funktionsweisen einen zentralen Faktor bei der Planung bilden“ (Gehl, 2011, S. 63). An dieser Stelle ist auch William H. Whytes hervorzuheben, der in den 1970er Jahren mit seinem Projekt „Street Life Project“ verschiedene Beobachtungsstudien realisierte, die menschliche Aktivitäten in öffentlichen Räumen in New York untersuchten. Sein Buch „The Social Life of Small Urban Spaces“ wurde zu einem wichtigen Werk zur Erforschung und Analyse öffentlicher Räume (Gehl & Svarre, 2016).

Es ergibt sich eine klare Schnittstelle zwischen der Stadtforschung und der Stadtplanung: Um lebenswerte und attraktive öffentliche Straßen und Plätze zu schaffen, ist es wichtig, diese zu verstehen und zu analysieren. Gehl hat in „Städte für Menschen“ vor allem den menschlichen Maßstab im Fokus. „Die Planung einer menschenfreundlichen Stadt beginnt bei den Ausgangspunkten Mobilität/Bewegungsströme und Sinneswahrnehmung der Menschen, weil diese die natürliche, biologisch-physiologische Basis für alle Formen menschlichen Verhaltens und menschlicher Kommunikation der Stadt bilden“ (Gehl, 2016, S. 48). Gut gestaltete öffentliche Räume ziehen Menschen an und laden zur vielfältigen Nutzung ein. Ein buntes Treiben und lebendige öffentliche Räume machen Städte attraktiv.

Öffentliche Räume und deren Funktionen, Qualitäten und Nutzungen, sozusagen die Fragen des „Wer, wo, was?“ sind daher nicht nur Forschungsfragen, sondern auch essenziell, um Veränderungen zu dokumentieren und Räume menschenfreundlich gestalten zu können. Dabei sind insbesondere Beobachtungen dieser Räume ein Hauptwerkzeug. Menschen werden „[...] beobachtet, ihre Aktivitäten und Verhalten aufgezeichnet [...]. In unmittelbaren Beobachtungen lässt sich erfassen, warum manche Räume genutzt werden und andere nicht“ (Gehl and Svarre 2016, 5).

2.2.1.4 Ausgewählte Methoden mit Emotions- und Planungsbezug

Aus den neuen Theorien und Paradigmen entstand eine Vielzahl verschiedener Methoden, wie die bereits beschriebene Promenadologie und die kognitiven Karten. Aus der Disziplin der Stadtforschung kommen noch viele weitere Methoden, die in den vergangenen Kapiteln angerissen und hier kurz aufgegriffen werden:

	Methoden	Beschreibung	Bezug zu Emotionen & Raum
Wahrnehmungsgeographie	Mental Maps (basic, normal & cued sketch maps)	Freies Zeichnen oder in eine bestehende Karte von Wegen, Orten etc. aus dem Gedächtnis	Früher: Raumwahrnehmung, Zielwahrnehmung: räumliches Lernen, Entwicklung von kognitiven Karten Gegenwärtig: positiv und negativ wahrgenommene Aufenthaltsorte
	Promenadologie (Spaziergangwissenschaft)	Spaziergänge mit dem Ziel, Sequenzen der Umwelt wahrzunehmen	Stadt und Raum wahrnehmen, planerische Fragestellung vom Erlebten ableiten
	Dérive	Experimentelle Methode, bei der im „Herumschweifen“ die Umgebung und daraus resultierenden Emotionen wahrgenommen werden	Experimenteller Zugang zur gebauten Umwelt; neue Perspektiven und wahrgenommene Emotionen aufzeigen
Stadt- und Mobilitätsforschung (Leben in öffentlichen Räumen)	Visuelle Methoden (Fotoanalyse, Fotobefragung, Filmanalyse)	Erhebung und Analyse visueller Dimensionen des Raumes	Sichtweisen und Wahrnehmung der Forschenden und Befragten
	Beobachtungen	Beobachten der Aktivitäten, Merkmale, Spuren, Stimmungen und Konflikte. Interpretation von Verhalten, Merkmalen, Verhalten, Aufenthaltsorte, Wege etc. Verschiedene Beobachtungsformen zur Beobachtung von menschlichen Handlungen, sprachlicher Äußerungen, nonverbaler Reaktionen oder anderer sozialer Merkmale im Raum	Erfassen von Stimmungen, Atmosphären, Handlungen (auch emotionalen Ausdrücken) in Räumen
	Befragungen	Offene Fragen für bedeutungs- und sinnorientierte Fragestellungen zur Raumwahrnehmung	Erfassung von subjektiven Sichtweisen und verbalisierter Emotionen im Raum
	GPS Tracking	Erfassung von Bewegungsmustern mit dem Smartphone	Verortung emotionsauslösender Ereignisse
Sensorbasierte Methoden (Humansensorik)	Messung EEG	Identifikation von stressigen und entspannten Situationen über die Messung und Interpretation von Gehirnströmen (EEG)	Identifikation von angenehmen und unangenehmen Situationen
	Messung Hautleitfähigkeit (vgl. Kapitel 2.1.4.1)	Messung von An- und Entspannung (Arousal) mittels Messung der Hautleitfähigkeit	Wohlfühlorte, (un)angenehme Situationen, Orte mit erhöhter Erregung/erhöhtem Stress
	Messung HRV	Messung der Herzratenvariabilität	Stressige/entspannte Situationen

Tabelle 3: Übersicht ausgewählter Methoden mit Emotions- und Planungsbezug

2.2.2 Humansensorik – Erfassung von „Emotionen“ über physiologische Parameter

Aus der Forschungsfrage, wie Menschen die (städtische) Umwelt wahrnehmen und sich darin bewegen, entstand im Zusammenspiel mit neuen Technologien wie Smartphones und Wearables eine neue wissenschaftliche Stoßrichtung. Der Geograph Michael Goodchild postulierte im Jahr 2007 in seiner Publikation „Citizens as Sensors“ die steigende Bedeutung von Volunteered Geographic Information (VGI), also die von Laien freiwillig erhobenen und der

Allgemeinheit verfügbar gemachten raumbezogenen Daten. Zu den bekanntesten Beispielen gehören OpenStreetMap und Wikimapia, welche interessierten Nutzer*innen erlauben, einen „Flickenteppich“ aus geographischen Informationen zu erstellen (Goodchild, 2007, S. 211). Auch wenn diese noch keine „Wahrnehmungskomponente“ enthielten, verdeutlichten sie die Bedeutung der von Menschen erhobenen Daten und können als Anstoß für weitere Forschungsrichtungen gesehen werden: People as sensors, Biomapping oder Humansensorik werden in diesem Zusammenhang häufig genannt und sind sehr transdisziplinär zwischen Stadt- und Mobilitätsplanung, Geographie und Psychologie verortet (siehe Kapitel 3.3). Diese vereinen die Erfassung physiologischer Reaktionen auf externe Reize mit entsprechenden Sensoren bzw. technischen Hilfsmitteln wie Wearables (Bergner et al., 2011; Dörrzapf et al., 2015; Exner et al., 2012; Zeile et al., 2016).

Grundannahme ist, dass Emotionen und Raum eng miteinander verbunden sind, da jeder Raum seine eigene Atmosphäre ausstrahlt, die in dem/in der Beobachter*in zu einer Emotion führt (Mody et al., 2009). Kartographie bzw. Raumerfassung im Zusammenhang mit Emotionen wurde von Christian Nold erstmals 2004 experimentell mithilfe eines biometrischen Sensors und GPS in dem Projekt „BioMapping“ untersucht. Dies ermöglicht es, die Körperwerte zu erfassen, zu visualisieren und sie anderen Nutzer*innen zur Verfügung zu stellen. In seiner Essay-Sammlung „Emotional Cartography“ stellt Nold verschiedene Projekte vor, die sich mit dem Raum in Zusammenhang mit der emotionalen Empfindung beschäftigen (Nold, 2009).

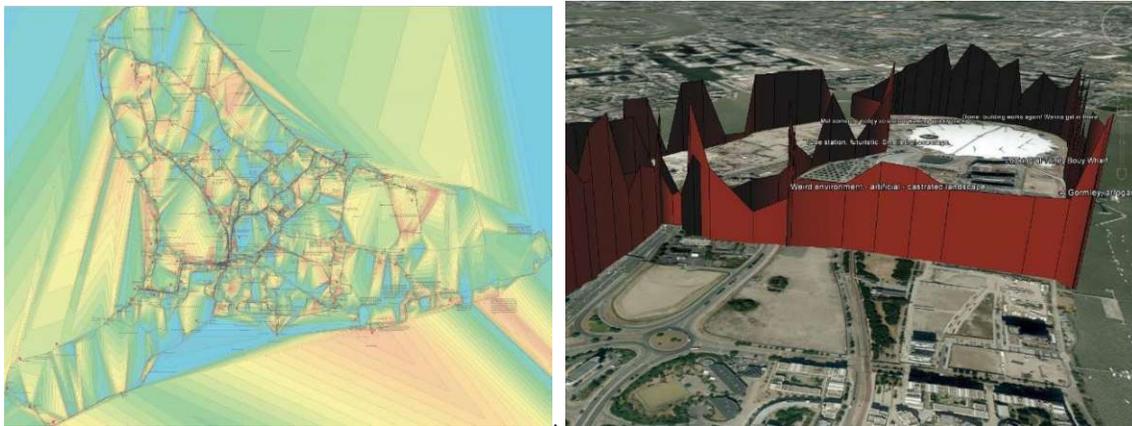


Abbildung 14: Greenwich Emotion Map (links) und Google Earth KML mit Teilnehmer*in-Anmerkungen (rechts) (Nold, 2009)

Abbildung 14 zeigt das „Emotion Map“-Projekt in dem Londoner Stadtteil Greenwich, bei welchem 80 Bürger*innen, ausgestattet mit den genannten Endgeräten, das Gebiet erkunden. In Gruppen wurden ihre Erfahrungen diskutiert und die Daten mit zusätzlichen Anmerkungen und Kommentaren versehen (Nold, 2005). Die gewonnenen Daten und die visuelle Darstellung sind durchaus interessant, dennoch ist es schwierig nachzuvollziehen, was denn nun eine emotionale Reaktion hervorgerufen hat und ob diese negativer oder positiver Natur ist.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt das Projekt EmBaGIS, mit dem Ziel, städtebauliche Barrieren für mobilitätseingeschränkte und behinderte Menschen zu identifizieren und diesen zu begegnen. Durch ein physiologisches Monitoring über die elektrodermale Aktivität werden ortsbasierte Stressreaktionen in Verbindung mit baulichen Elementen ermittelt (Bergner et al., 2011, S. 247). Physiologische Reaktionen (siehe Kapitel 2.1.4) wurden hier ebenfalls mit einem Wearable erfasst. Zusätzlich wurde ein GPS-Logger zur räumlichen Verortung der emotionalen

Daten genutzt. Ziel war es, Daten zu generieren, die für die Planung eingesetzt werden können (Michel et al., 2013).

Im deutschsprachigen Raum nahm die Designation und die Forschungsrichtung der **Humansensorik** um 2010 ihren Anfang. Die ursprüngliche Intention seitens der Forschenden war es, positive Emotionen zu messen und Orte zu identifizieren, an denen sich Menschen wohlfühlen (Interview P. Zeile, Pos. 10). Wie in Kapitel 2.1 erwähnt, ist die Erfassung negativer Emotionen mit Sensoren jedoch realistischer, woraufhin in diese Richtung umgedacht wurde. Es kam gewissermaßen zu einer Übernahme von Methoden aus der Psychologie, die sich der **Messungen von physiologischen Parametern bedient, um Emotionen abzuleiten**. Dabei gewann insbesondere das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Forschungsprojekt Urban Emotion an Bedeutung und trug den Begriff der Humansensorik weiter. Dieses Projekt unter Leitung von Dr. Peter Zeile (KIT, Deutschland) und Dr. Bernd Resch (Universität Salzburg, Österreich) hat zum Ziel, „die Entwicklungstendenzen der Echtzeit-Humansensorik und Crowdsourcing-Ansätzen (s. Glossar) in sozialen Netzwerken für die Extraktion von kontextueller Emotionsinformation zur Entscheidungsunterstützung in der Planung zu analysieren und als neue Methodik für Stadt- und Raumplanung weiter zu entwickeln“ (Urban Emotions, Projektwebseite, Zeile & Resch, 2022). Dabei erfolgen physiologische Messungen über ein smartes Armband. Daraus extrahierte Emotionen bzw. Stressmomente werden mit anderen Datenquellen (z. B. aus Social Media) verknüpft. Das Hauptaugenmerk lag auf der Verbesserung der Radinfrastruktur und der Identifizierung kritischer Stellen mithilfe von physiologischen Daten. Eine erste Pilotstudie wurde in Cambridge, MA (USA) realisiert (Zeile et al., 2016). Abbildung 15 stellt die kritischen Stellen in Form einer Heatmap dar, welche sich als gängige und anschauliche Darstellungsform dieser Forschungsrichtung etablierte. Eine detailliertere Genese zum Entstehungsprozess der Humansensorik ist in Kapitel 5.6.4.1 zu finden.

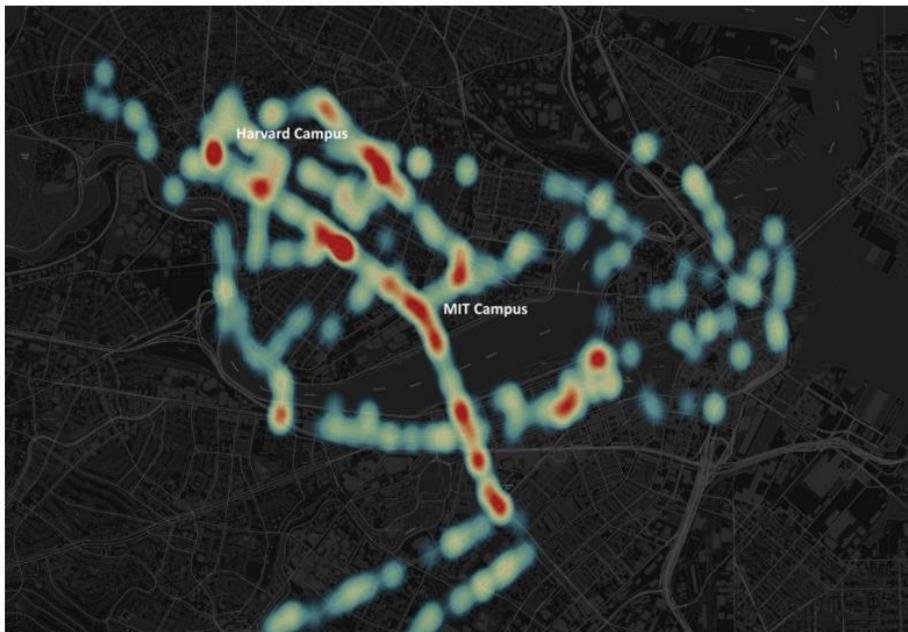


Abbildung 15: Heatmap zu den identifizierten „Arousal“ (Zeile et al., 2016)

Aus diesem Projekt sind zahlreiche Publikationen und Abschlussarbeiten entstanden. Darüber hinaus etablierten sich u. a. Nachfolgeprojekte wie Walk & Feel (siehe Kapitel 4), ESSEM – Emotion Sensing für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort oder Cape Reviso (Cyclist And PEdestrians on REal and Virtual Shared rOads) (vgl. Interview P. Zeile).

Während sich Forscher*innen in den Anfängen der 2010er Jahre noch mit eher rudimentären Sensortechnologien zurechtfinden mussten, sind physiologische Messungen von Emotionen durch neue Wearables teilweise einfacher geworden (dazu mehr in Kapitel 2.1.6. sowie in der systematischen Literaturanalyse) und der Markt scheint sich kontinuierlich weiterzuentwickeln. Während die Grundmotivation – Emotionen im Kontext der Fortbewegung bzw. des Raumes besser verstehen zu können – konstant blieb, haben sich Forschungsdesigns und das (inter-)disziplinäre Feld sowie die Diskussion von Grenzen immer weiterentwickelt. Dazu bietet Kapitel 3 eine ausführliche, systematische Literaturanalyse, die Aspekte aus diesem Kapitel abermals aufgreift und näher analysiert.

Arbeitsdefinitionen:

Humansensorik ist die Messung physiologischer Signale mithilfe von Sensoren. Diese Sensoren sind Bestandteil von tragbaren Geräten, sogenannten Wearables. Die physiologischen Signale, etwa Änderungen der Hautleitfähigkeit, können Aufschlüsse über ein (negatives) Erlebnis bzw. über Stress geben.

*Anmerkung: Häufig wird in der Kommunikation der Einfachheit halber und weil sich unter dem Begriff jeder etwas vorstellen kann, von **Stressmomenten** gesprochen. Allerdings ist nicht ganz eindeutig, ob es sich tatsächlich um Stress oder um eine Erregung bzw. Aktiviertheit handelt. Diese Ambivalenz wurde auch in den Expert*innen-Interviews deutlich. Im Folgenden wird jedoch der Begriff Stress bzw. Stressmomente verwendet – auch wenn damit die physiologische Reaktion, die eine Ableitung von Stress ermöglicht, gemeint ist.*

Methoden der Humansensorik umfassen die Erfassung, Analyse und Visualisierung von physiologischen Daten in Bezug auf einen Raum, mit dem Ziel, „negative“ Stellen der Infrastruktur zu quantifizieren und sichtbar zu machen. Hierbei kann zwischen strukturerkennenden Verfahren (z. B. Darstellung in Heatmaps) und kausalen Verfahren (statistische Zusammenhänge) unterschieden werden. Werkzeuge der Humansensorik sind tragbare Geräte (Wearables), die meist am Handgelenk, am Finger oder um den Brustkorb befestigt werden. Aus den physiologischen Daten werden Stressmomente abgeleitet, die mit GPS-Daten (und auch Video- und Fotoaufnahmen) verknüpft einen Bezug zu den räumlichen Gegebenheiten herstellen.

Anmerkung: Die Humansensorik fand ihre Anfänge vor allem in der Messung der Hautleitfähigkeit. Weitere Parameter wie die Herzratenvariabilität wurden erst später stärker berücksichtigt.

2.2.2.1 Forschungsprozess der Humansensorik

Werden Methoden der Humansensorik eingesetzt, folgen diese bestimmten Schritten, die nicht allgemeingültig sind, aber einer linearen Strategie der quantitativen Forschung mit qualitativen Elementen entsprechen (Witt, 2001). Im



Abbildung 16: Prototypischer Forschungsprozess der Humansensorik

Folgenden wird ein abstrahierter Forschungsprozess dargestellt, der sich aus den Projekterfahrungen und der systematischen Literaturanalyse (siehe Kapitel 3) speist.

Bei der Festlegung des Forschungsdesigns werden idealerweise Forschungsfragen und Hypothesen verfasst. Bei der Auswahl der Methoden und Werkzeuge ist zu erwähnen, dass es sich dabei nicht nur um Methoden zur Erfassung physiologischer Parameter (wie Hautleitfähigkeit) handelt, sondern auch ergänzende Daten erhoben werden, wie GPS, Bild-/Videoaufnahmen oder auch quantitative und qualitative Befragungen. Diese Methoden hängen stark von der Forschungsfrage und dem Erkenntnisinteresse ab. Falls Strecke oder Gebiet nicht vorher aufgrund eines Anlasses bekannt sind (siehe auch nächster Abschnitt), werden diese definiert. Die Forschungsfrage, Stichprobengröße und die Größe des Untersuchungsgebiets wirken auf die Dauer der Feldphase (siehe auch Kapitel 5.6.2). Beim Analyseverfahren der physiologischen Daten kann zwischen deskriptiven und kausalen Verfahren unterschieden werden. Beispielsweise zeigt die Heatmap in Abb. 15 ein deskriptives Verfahren, in dessen Zuge Stresspunkte identifiziert und ihre Häufung anhand von Heatmaps visualisiert werden. Kausale Verfahren versuchen, statistische Zusammenhänge zwischen baulichen Gegebenheiten und identifizierten Stresspunkten zu erkennen (siehe auch Kapitel 3.4). In einer Feldphase werden freiwillige Teilnehmer*innen eingeladen, über das Vorgehen aufgeklärt und mit Wearables ausgestattet, um dann zu Fuß oder mit dem Rad eine Strecke oder Gebiet zu begehen oder zu befahren.

Hier werden die Unterschiede zwischen einer induktiven und deduktiven Vorgehensweise besonders deutlich (siehe nächsten

Abschnitt). Nach der Datenerhebung werden die physiologischen Daten von Artefakten bereinigt und mit anderen Datenquellen zusammengeführt. Ein Abgleich mit den GPS-Daten ist dabei wichtig, um zu erkennen, an welcher Stelle sich der stressauslösende Ort befand. Weitere Daten wie Videoaufnahmen und Befragungsergebnisse können damit abgeglichen werden. Abschließend erfolgt die Visualisierung der Daten in kartenbasierter Form (z. B. Heatmaps) oder in Form von Tabellen.

2.2.2.2 Induktive und induktive Datenerhebung

Basierend auf Erfahrungen aus Projekten und Expert*innen-Interviews kann bei der Datenerhebung von physiologischen Parametern zwischen einer induktiven und deduktiven Vorgehensweise unterschieden werden.

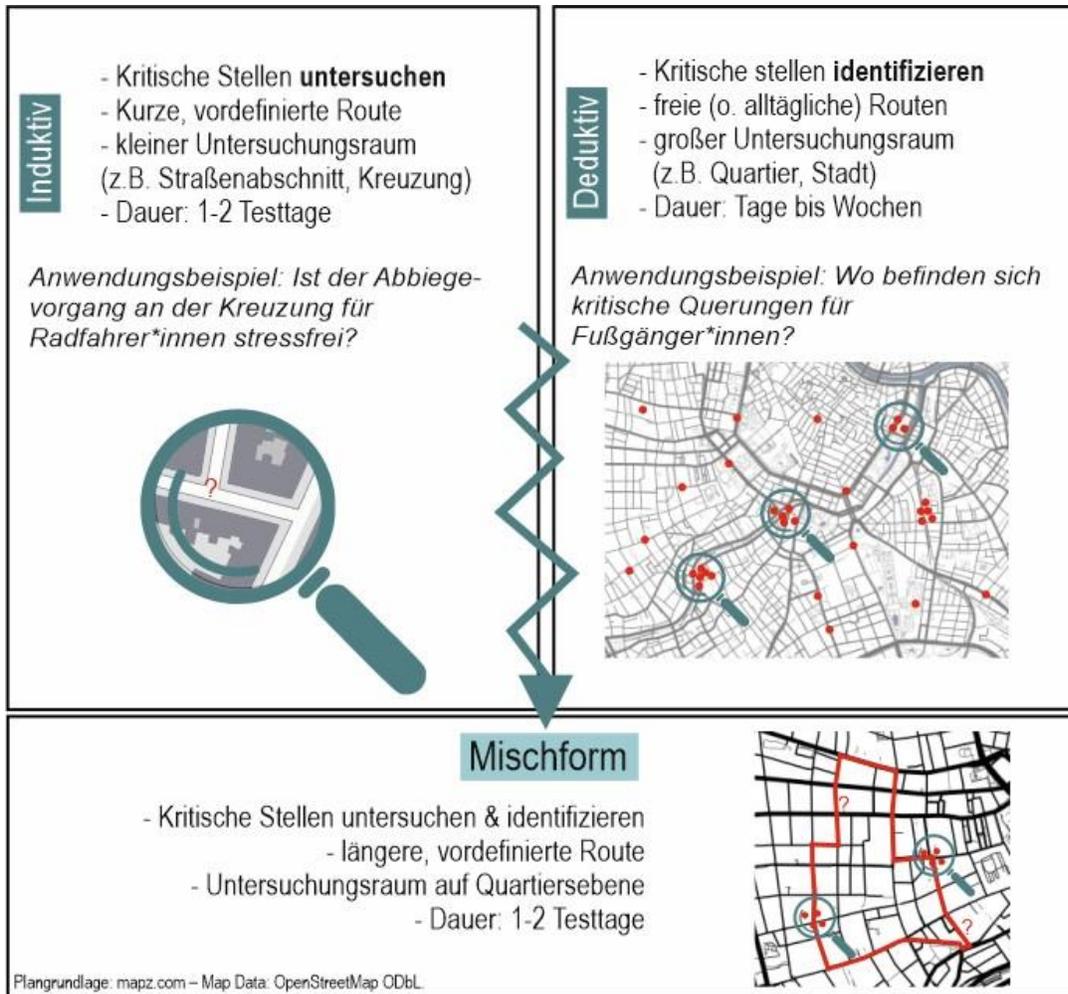


Abbildung 17: Induktive und deduktive Vorgehensweise der Humansensorik, sowie Mischformen (eigene Darstellung)

Bei der **induktiven** Datenerhebung werden Beobachtungen mit weiteren Datenerhebungen untermauert. Dies bedeutet, dass kritische Stellen oder auch potenzielle Umplanungsmaßnahmen eines Straßenabschnittes oder einer Kreuzung bereits bekannt sind. Konkrete Forschungsfragen können formuliert werden (z. B. „Wie stressig ist der Fußgängerübergang ohne Querungshilfe?“). Eine Untersuchung mithilfe der Humansensorik bietet daher die Möglichkeit, diese Beobachtungen mit physiologischen Daten und daraus abgeleiteten Stresspunkten zu vertiefen und Erkenntnisse zu den Erfahrungen der Teilnehmer*innen zu gewinnen.

Bei der **deduktiven** Vorgehensweise ist das Problem noch nicht bekannt bzw. werden Forschungsfragen allgemeiner formuliert (z. B. „Wo lassen sich Stresspunkte in der Stadt erkennen?“). Das heißt, dass in einem großen räumlichen Gebiet (z. B. Gesamtstadt oder Quartier) die Teilnehmer*innen zu Fuß oder mit dem Rad unterwegs sind, um Daten zu erheben. Diese Routen entsprechen meist den Alltagswegen der Teilnehmer*innen. Häufungen von Stresspunkten können Aufschluss über kritische Stellen in der Infrastruktur geben und ermöglichen den Forschenden, diese Stellen

nochmals genauer zu betrachten.

Es ist anzumerken, dass diese Trennung zwischen induktiv und deduktiv nicht immer zutrifft. Folglich gibt es auch **Mischformen** bzw. Kombinationen aus beiden Vorgehensweisen. Dies bedeutet, dass kritische Stellen bereits bekannt sind, aber noch einmal in einem größeren räumlichen Kontext untersucht werden. Dabei können auch verschiedene Streckenabschnitte und ihre baulichen Gegebenheiten wie Radfahrweg und Radfahren im Mischverkehr verglichen werden (Teixeira et al., 2020). Mehr dazu in der systematischen Literaturanalyse (siehe Kapitel 3).

Im Folgenden werden einige Charakteristika der induktiven und deduktiven Vorgehensweise gegenübergestellt:

	Charakteristika	Induktiv	Deduktiv
Daten	Erhobene Daten	Physiologische Daten (mit GPS) von einem abgegrenzten Gebiet/Straßenabschnitt	Physiologische Daten (mit GPS) von einem großen Gebiet
	Stressmomente	Da alle Routen der Teilnehmer*innen (TN) gleich sind, können Häufungen über alle TN hinweg erkannt werden	Routen sind sehr unterschiedlich; keine/kaum Überlagerung der Strecken möglich; kritische Stellen können unerkannt bleiben (weil ggf. niemand dort fährt oder geht)
Feldphase	Ablauf	TN kommen zum vereinbarten Termin vor Ort, kurze Einführung, Anlegen der Wearables, Befahrung/Begehung der Strecke, Rückgabe der Geräte (evtl. Befragung, weitere Infos)	TN kommen für Einführung zu einem vereinbarten Termin, Erklärung der Wearables, Strecke frei wählbar, Rückgabe der Wearables <u>Langfristig:</u> Wearables werden von TN mitgenommen; selbstständige Verwendung der Wearables während ihrer Alltagswege zu Fuß oder mit dem Rad (mehrere Tage/Wochen),
	Nutzung Wearables	Kontrolle der Nutzung der Wearables seitens der Forschenden (z. B. TN beim Anlegen helfen)	<u>Bei Mitgabe:</u> keine Kontrolle der Nutzung der Wearables seitens der Forschenden (z. B. akkurate Verwendung, Missbrauch)
	Datenschutz	Übliche Anforderungen des Datenschutzes	Bei den Bewegungsdaten der Alltagswege müssen besondere Bestimmungen des Datenschutzes berücksichtigt werden (z. B. Wohnadresse)
	Analyseverfahren	Eher kausal	Eher deskriptiv
Analyse	Auswertung	Abgleich der Stresspunkte mit baulichen Gegebenheiten	Identifikation von Stresspunkten → bauliche Gegebenheiten an kritischen Stellen ermitteln; Auslöser erkennen

Tabelle 4: Charakteristika der induktiven und deduktiven Vorgehensweise

2.2.3 Von Stadt- und Umweltpsychologie zu Neurourbanismus?

Bei der Beleuchtung der Genese der Humansensorik und der Bedeutung von Emotionen in der Planung ist es ebenfalls wichtig, die aktuelle Stoßrichtung der Stadt- und Umweltpsychologie und eventuell künftig des Neurourbanismus kurz zu skizzieren. Städte bzw. die (gebaute) Umwelt sind der Lebensraum, in dem Menschen wohnen und leben. Die Stadtpsychologie setzt sich damit auseinander, wie Menschen mit unterschiedlichen Bedürfnissen und in verschiedenen Lebenslagen diesen Raum erleben und wie das Verhalten davon beeinflusst wird (Flade, 2015).

Hauptanliegen ist es, „offene Wünsche sowie die Perspektive und Probleme ihrer Verwirklichung zu erfassen und

insgesamt zu einer Verbesserung der Lebenssituation beizutragen. Das betrifft auch die Frage, welche gesundheitlichen Schäden verhindert oder auf ein Minimum reduziert werden können“ (Jüttemann, 2018, S. 10).

Insbesondere Großstädte sind Gegenstand der Stadtpsychologie, was forschungsmethodisch zu begründen ist, da hier der Einfluss der Stadt auf den Menschen besonders deutlich sein müsste (Flade, 2015). Großstädte werden mit dem sogenannten „overload“ assoziiert, der Überlastung an Reizen und Informationen durch sogenannte Stressoren (siehe hierzu Kapitel 3.5) (Flade, 2015; Jüttemann, 2018). Es wird der Frage nachgegangen, wie lebenswert und wie „gut“ Städte für den Menschen sind. Zu den aktuellen Themen gehören Hitzeinseln, Emissionen und Kriminalität. Dennoch ist die Stadtpsychologie noch nicht „mainstream“ geworden. Ein Grund dafür ist, dass die Psychologie vor 100 Jahren noch eine sehr experimentelle Wissenschaft war, „die das menschliche Erleben und Verhalten unter kontrollierten Bedingungen analysiert. Reale Umwelten erschienen als viel zu komplex, um die vielfältigen Störvariablen ausschalten zu können“ (Graumann, 1990; zitiert nach Flade, 2015). Außerdem spielt sich die Stadtforschung eher auf der Makroebene ab. Die Sichtweise bzw. die psychologische Ebene des Einzelnen wird wenig berücksichtigt (Flade, 2015).

Die Methoden der Stadtpsychologie sind experimentell und untersuchen z. B. die Wirkung von Hausfassaden. Häufig werden Interviews sowie Beobachtungen eingesetzt, die auch in der Stadtforschung oder qualitativen Sozialforschung gängig sind. Es wird dafür plädiert, dieses Repertoire zu erweitern, „[d]enn die in den Lebensqualitätserhebungen zumeist verwendeten objektiven Kriterien und quantitativen Methoden der Bevölkerungsbefragung können die lokalen Spezifika der Herstellung von Lebensqualität nur unzureichend abdecken“ (Jaeger-Erben & Matthies, 2018).

Während die Erkenntnisse aus der Stadtpsychologie planungsrelevant sind, unterscheiden sich die Blickwinkel und Ansatzpunkte von Planer*innen und Psycholog*innen jedoch stark, wie Rambow (2003) beschreibt: (1) Planer*innen haben ein begrenztes Wissen hinsichtlich Psychologie. (2) Die Planung sieht die Bedürfnisse der Menschen bereits in der Disziplin der (Stadt-)Soziologie abgedeckt. (3) Planer*innen haben zu hohe Erwartungen an das, was Psychologie leisten kann und sind „enttäuscht, wenn die Erkenntnisse sich nicht direkt in eine Gestaltung übersetzen lassen“ (Rambow, 2003).

Dies führt Rambow auf divergierende Denkstile zurück, wobei hier von Architekt*innen die Rede ist. Flade überträgt dies jedoch auf Planer*innen: „Planer denken synthetisch, Psychologen analytisch. Während Planer visuell orientiert sind, bevorzugen Psychologen begriffliche Denkstrukturen. Planer sind ästhetisch orientiert, Psychologen betrachten die Bedürfnisse der Nutzer“ (Flade, 2015; Rambow, 2003).

Jahre später lassen sich indessen Annäherungen der Disziplinen erkennen: Während Inter- und Transdisziplinarität rund um das Thema Stadt immer mehr gefordert wird, entstehen gleichzeitig neue Kooperationen und Netzwerke zwischen Forscher*innen, die sich mit der Beziehung Mensch – gebaute Umwelt beschäftigen. Das Interdisciplinary Forum Neurourbanism e. V. fokussiert sich in seiner Charta vor allem auf den **sozialen Stress**, der durch Hektik, Anonymität und Einsamkeit ausgelöst wird (Interdisciplinary Forum Neurourbanism, 2021).

Neurourbanismus ist somit eine neue Strömung – wie der Begriff bereits andeutet, mit starken Bezügen zur Neurologie. Sie stellt einen Überbau für verschiedene Disziplinen dar und befasst sich u. a. mit der Wirkung der gebauten Umwelt auf die menschliche Psyche bzw. Gesundheit (Adli et al., 2017). Auch der Zusammenhang zwischen Stadtleben und Stress wird vermehrt diskutiert. So wurde herausgefunden, dass sich die Gehirne ländlicher und städtischer Bewohner*innen unterscheiden, genauer die Amygdala, deren Aktivierung mit Angst in Zusammenhang steht. Diese Hirnregion war bei Stadtbewohner*innen aktiver und steht auch im Zusammenhang mit Angststörungen und Depressionen. Hierbei wurde vor allem der soziale Stress – also eine Kombination aus Dichte und sozialer Isolierung (siehe Kapitel 2.1.3.1) als Auslöser in Betracht gezogen, wobei auch andere Faktoren wie Lärm und Emissionen dafür verantwortlich sein können (Lederbogen et al., 2011; Zukunftsinstitut, 2022c). Stressoren und ihre Ausprägungen sollen daher charakterisiert und Personengruppen identifiziert werden, die ein erhöhtes Risiko haben, diesen Stressoren ausgesetzt zu sein (Adli et al., 2017). Neurourbanismus konzentriert sich (bisher) auf die sozialen Aspekte des Zusammenlebens in Städten und es stellt sich die Frage, **welcher Theorien und Methoden** sich diese Forschungsrichtung bedient bzw. bedienen wird.

2.2.4 Zwischenfazit aus planerischer Perspektive

- Emotionen waren im stadtplanerischen Diskurs eher im Konstrukt der (visuellen) Wahrnehmung verhaftet.
- Vermehrtes Interesse an den Wechselbeziehungen zwischen Mensch und gebauter Umwelt mit Fragestellungen der (emotionalen) Wirkung auf den Menschen, auch aus ästhetischer Perspektive, gab es ab den 1960er Jahren.
- Zunehmende Motorisierung und Kritik an der „autofreundlichen“ Stadtplanung katalysierte den Diskurs über die Wirkung des städtischen Raums auf seine Bewohner*innen.
- Das Leben und die Funktion öffentlicher Räume als Orte des Miteinanders und der „Sinneswahrnehmung“ rücken in den Vordergrund und hier nicht nur die Wirkungen, sondern, was der Mensch daraus macht (z. B. Handlung und Verhalten, wie der Aufenthalt in öffentlichen Räumen).
- **Humansensorik** als Forschungsrichtung etabliert sich und bringt die menschlichen, physiologischen Daten und die daraus interpretierten Emotionen bzw. Stress in Verbindung mit der gebauten Umwelt in die Stadt- und Verkehrsplanung.

2.3 Emotion in der Mobilitätsforschung

Die Mobilitätsforschung beschäftigt sich mit dem Mobilitätsverhalten von Personen und hat eine sozialwissenschaftliche Perspektive. Mobilitätsforschung ist demnach akteurs- bzw. nachfrageorientiert und stellt das Individuum sowie seine soziale Praxis in den Mittelpunkt. Mobilität ist mehr als die Bewegung von A nach B, sondern auch eine soziale Praxis, die genussvoll oder stressig sein kann (Wilde et al., 2017).

Sobald allerdings Menschen und ihre subjektiven Empfindungen im Zentrum stehen sollen, greifen klassische Verfahren der Bewertung oder Wirkungsabschätzung nicht. „Die Herausforderung besteht also darin, die sozialen und damit qualitativen Ausprägungen von Mobilität quantitativ und aggregiert darstellbar zu machen“ (Rammert, 2021, S. 240). Im deutschsprachigen Raum passiert dies kaum, sondern wird überwiegend in anderen Disziplinen wie Soziologie und Psychologie über u. a. die Zufriedenheit mit der eigenen Mobilität operationalisiert (ebd.). Eine Forschungsrichtung aus der Psychologie hat sich insbesondere mit dem Einfluss der Mobilität auf subjektives Wohlbefinden (subjective well-being) und Lebenszufriedenheit (life satisfaction) beschäftigt (siehe folgendes Kapitel).

Es wird kritisiert, dass das emotionale Erleben von unterschiedlichen Fortbewegungsmitteln und die Folge – das Mobilitätsverhalten – zu wenig Berücksichtigung in der Mobilitätsforschung und auch in der Planung finden. „Wenn emotionale Bewertungen primäre Reaktionen sind, gehören sie zu den wichtigsten Prädiktoren des Verhaltens, sie sind maßgeblich für Erinnerungen und damit auch Entscheidungen, Orte erneut aufzusuchen“ (Flade 2000, S. 52). Hauptgrund ist, wie bereits erwähnt, die schwierige Operationalisierung und somit Messbarkeit dieser subjektiven Komponente, etwa im Vergleich zu Alter, Geschlecht, Einkommen (Rammert, 2021).

Das Mobilitätsverhalten – wie auch jede Menge andere Verhaltenskategorien – ist von kognitiven Prozessen und somit auch von subjektiven Empfindungen gesteuert. Gleichzeitig können Situationen der Mobilität diese Kognition bzw. Emotionen verursachen. Zeitdruck, Wartezeiten an Ampeln, andere Verkehrsteilnehmer*innen etc. können Auslöser für negative Emotionen sein. Es ist ein Zusammenspiel von (1) Emotionen, aus denen heraus wir handeln bzw. uns zu einem bestimmten Verhalten bewegen und (2) Emotionen, die auf uns wirken bzw. in uns ausgelöst werden, während wir uns fortbewegen und (3) langandauernde/r Emotionen und Stress, die wir aus der täglichen Mobilität in unseren Alltag tragen (z. B. Zufriedenheit und Wohlbefinden). Emotionen beeinflussen daher nicht nur unsere Verkehrsmittelwahl, sie entstehen daher auch während wir unterwegs sind und haben somit wiederum Einfluss auf unser Mobilitätsverhalten. „For instance, such negative feelings as stress during travel can lead to immediate adjustments to people’s activity and travel patterns [...] and can have a negative spill-over effect on the experience of subsequent activities and trips“ (de Vos et al., 2013). Dabei ist die Unterscheidung der zielgerichteten Mobilität und der Mobilität als Aktivität (z. B. ein Spaziergang ohne Ziel) ebenso wichtig. Somit überschneiden sich Motive und Wirkungen: „Ich fahre Fahrrad, weil es mir Freude macht.“ oder „Wenn ich Fahrrad fahre, freue ich mich.“

So wie manche Routen, Wege, Straßenabschnitte einem besser oder schlechter gefallen, so trifft dies auch auf das Verkehrsmittel zu. Meist wird in diesem Zusammenhang von Einflussgrößen bzw. Determinanten der Verkehrsmittelwahl gesprochen, wobei Emotion unter die Kategorie der subjektiven Einstellung bzw. sozial-emotionalen Dimension fällt. Ökonomische Restriktionen wie Geld und Zeit spielen dabei ebenso eine entscheidende Rolle wie psychische Bedürfnisse und Präferenzen. Daher sind Emotionen auch Ansatzpunkte für Verhaltensänderungen. Dazu

existieren verschiedene Modelle, wie die Theorie des geplanten Verhaltens und das integrierte Modell von Bamberg (Flade & Wullkopf, 2002).

2.3.1 Zufriedenheitsforschung – Subjektives Wohlbefinden in der Mobilität

Emotion ist eine wichtige Einflussgröße auf die (aktive) Mobilität. Viele Studien, allerdings kaum im deutschsprachigen Raum, haben sich mit dem subjektiven Wohlbefinden (subjective well-being (SWB)) und der Zufriedenheit im Zusammenhang mit Mobilität beschäftigt (z. B. Pendeln, Freizeitaktivität) (Friman, Gärling, et al., 2017; Gärling, 2019; Olsson et al., 2013). Wohlbefinden ist jedoch nicht gleichzusetzen mit Emotionen und es gibt einen klaren Unterschied „between feelings evoked during travel and satisfaction with travel. [...] Satisfaction with travel is a retrospective evaluation of travel which should not be directly equated with how travelers feel during and immediately after travel“ (Gärling, 2019).

De Vos et al. (2013) haben in einem Beitrag fünf Aspekte in der Literatur identifiziert, wie sich Wohlbefinden und Mobilität gegenseitigen bedingen:

- Personen können positive oder negative Gefühle bzw. Emotionen erleben, während sie mobil sind.
- Personen können von der Mobilität ausgeschlossen sein (soziale Exklusion), was einen Einfluss auf das Wohlbefinden hat.
- Aktivitäten, die während einer Fahrt stattfinden, können das Wohlbefinden verbessern (z. B. Lesen).
- Mobilität als Freizeitaktivität („undirected travel“ wie Spazierengehen) hat direkten Einfluss auf das Wohlbefinden.
- Mobilität als Möglichkeit und Zugang zu verschiedenen Mobilitätsressourcen beeinflusst das Wohlbefinden.

Wie de Vos et al. (2013) anmerken, wurde zu allen Zusammenhängen bereits geforscht, jedoch nicht in gleichem Ausmaß. Einige Studien untersuchten die Zusammenhänge zwischen Mobilität und Wohlbefinden mit statistischen Methoden, andere haben qualitative Daten verwendet. Dennoch stellt sich die Frage, wie Wohlbefinden oder auch andere Emotionen konzeptualisiert werden können (ebd.).

Folgende Studien zeigen exemplarisch, dass Mobilität Stimmung, Gefühle bzw. das emotionale Wohlbefinden beeinflusst. Pendelwege allgemein haben einen Einfluss auf Gefühle bzw. die allgemeine Freude im Leben, können Aggressionen am Arbeitsplatz verstärken oder sogar die Arbeitsleistung verschlechtern (Hennessy, 2008; Novaco et al., 1979; Olsson et al., 2013). Überdies hat Friman et al. (2017) Befragungen vor und nach einem Pendelweg gemacht und herausgefunden, dass Ereignisse, die positive Gefühle während der Fahrt hervorriefen, die Gefühle generell in eine positivere Richtung lenkten. Generell kann angemerkt werden, dass aktive Mobilität häufiger für Wohlbefinden verantwortlich ist, als eine motorisierte Fortbewegung (Martin et al., 2014), (Friman, Gärling, et al., 2017), (Morris & Guerra, 2015). Darüber hinaus hat sich das Wohlbefinden mit der Reisezeit beim Zufußgehen erhöht, beim Autofahren allerdings verringert (Martin et al. 2014). Dies bestätigten Ettema and Smajic (2015) mit einer Smartphone-basierten Befragung während des Zufußgehens. Sie fanden heraus, dass ruhigere Orte positive Gefühle fördern,

insbesondere naturnahe Räume mit Grün und Wasser. Dies ist eine der wenigen Studien der Zufriedenheitsforschung, die auch punktuell und unterwegs Befragungsdaten erhoben hat und somit konkrete Aussagen hinsichtlich der Auslöser der Emotionen tätigen konnte. Die meisten Studien aggregieren die Ergebnisse auf den verwendeten Verkehrsmodus, was es schwierig macht, die konkreten Auslöser für das Wohlbefinden zu identifizieren. Es sollte nicht unerwähnt bleiben, dass Morris & Guerra (2015) in einer Studie auch zeigten, dass „travel“ nur für einen kleinen Teil der Veränderungen der täglichen Stimmung verantwortlich ist.

Ob sich nun tatsächlich aktive Mobilität positiver auf das Wohlbefinden auswirkt, kann nicht undifferenziert beantwortet werden, weil sich das Wohlbefinden aus verschiedenen Emotionskategorien zusammensetzt, wie im Folgenden nochmals verdeutlicht wird.

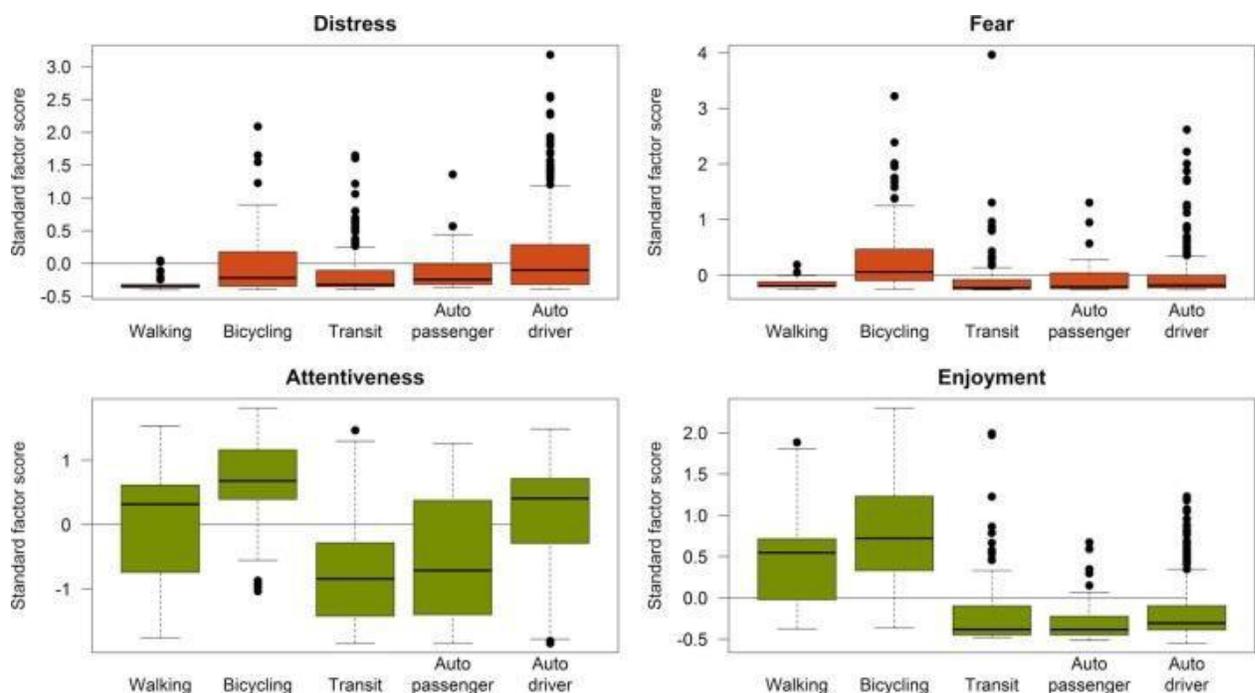


Abbildung 18: Boxplots der Werte für den Mobilitätsfaktor nach Pendelart (Singleton, 2019)

Die Bewertungen von „Distress“ (negativer Stress) waren im Vergleich zu den anderen Kategorien wie Angst, Aufmerksamkeit und Vergnügen insgesamt eher niedrig, wobei höhere Werte bei Auto- und Fahrradfahrer*innen festzustellen sind. Auch bei „Angst“ wiesen Fahrradfahrer*innen im Durchschnitt deutlich höhere Werte auf, die höchsten jedoch bei „Aufmerksamkeit“ und „Vergnügen“. Zuzußgehen ist mit wenig Angst oder Stress verbunden, wird aber als vergnüglich bewertet (Singleton, 2019). Somit lässt sich eine gewisse Diskrepanz in der Bewertung der aktiven Mobilität hinsichtlich des Wohlbefindens feststellen, da sie zum einen Stress auslösen, aber gleichzeitig als positiv empfunden werden kann. Die Frage ist, ob die Aggregation von derartigen Daten eine Aussagekraft besitzt, die für die Mobilitätsforschung Ansatzpunkte liefern kann – insbesondere wenn nicht deutlich wird, was die Auslöser der jeweiligen Emotionen sind. Abschließend soll hier noch angemerkt werden, dass **Ärger und Aggressionen** als konkretere Indikatoren gesehen werden, insbesondere wenn es um Sicherheit in der aktiven Mobilität geht. Im Gegensatz zu Wohlbefinden sind Ärger und Aggressionen eher situativ und objektgerichtet. Im Straßenverkehr wird es als Tendenz

gesehen, in unklaren Situationen anderen die Schuld an etwas zu geben und sich selbst in seinen eigenen Zielen blockiert zu fühlen (Beisswingert et al., 2015). Ärger erhöht auch die Risikobereitschaft, was insbesondere in der Verkehrsforschung und Verkehrssicherheitsforschung eine wichtige Rolle spielt (Baumann & DeSteno, 2012; Ge et al., 2017).

Da Ärger eher nach Außen gerichtet ist, sind die Auslöser überwiegend andere Verkehrsteilnehmer*innen. In einer Studie von Oehl et al. (2019) wurde anhand der Cycling Anger Scale (CAS) der Ärger von Radfahrer*innen in Richtung Autofahrer*innen, Fußgänger*innen und anderen Radfahrer*innen untersucht, wobei erstere Kombination den größten Effekt aufweist. Das Hauptziel war allerdings, die CAS auf ihre Robustheit zu prüfen und mit demographischen Merkmalen in Verbindung zu bringen. Demnach neigen Männer zu mehr Ärger bei Interaktionen mit der Polizei oder mit anderen Radfahrer*innen, Frauen dagegen ärgern sich mehr bei Interaktionen mit Autofahrer*innen. Dies kann wiederum ein Beitrag dazu sein, das Mobilitätsverhalten besser zu verstehen. Planerische oder gestalterische Maßnahmen, die daran anknüpfen können oder sollen, bleiben aber weitestgehend offen.

2.3.2 Emotionen während der Mobilität

Während die Zufriedenheitsforschung einen Fokus auf den Einfluss der Mobilität auf Lebenszufriedenheit und well-being (langfristige Perspektive der mentalen Gesundheit) legt, wird im Umkehrschluss auch der Einfluss von Emotionen auf das Mobilitätsverhalten (und die Verkehrsmittelwahl) häufig hervorgehoben – allerdings eher auf die Entscheidungsfindung. Dabei spielt vor allem die positive und negative affektive bzw. antizipierte Emotion eine Rolle, die beschreibt, dass Menschen aus Erfahrung wissen, dass bestimmte Handlungen zu Emotionen führen können und dies dann bei Entscheidungen berücksichtigt wird (Meng & Han, 2016).

Positive und negative Emotionen entstehen jedoch auch, wenn wir unterwegs sind, weil auch das gewählte Verkehrsmittel auf unseren psychologischen Zustand Einfluss hat. Mobilitätsstudien dazu sind limitiert (Meenar et al., 2019). Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, bestand ein großes Interesse in der Beforschung der Emotionen von Autofahrer*innen, hauptsächlich hinsichtlich des Pendelverkehrs und der Zufriedenheit mit der Reise (D. Ettema et al., 2011; Friman, Olsson, et al., 2017). Meenar et al. (2019) gingen daher der Frage nach, welche Emotionen beim Pendeln mit dem Fahrrad wahrgenommen werden und wie diese verortet und in die Planung integriert werden können. Die Methode bestand aus Befragungen und Kartenskizzen, die allerdings nach den Fahrten erfasst wurden. Dabei war Wut die häufigste identifizierte Emotion. Auch wenn die involvierten Verkehrsplaner*innen einen Mehrwert der Karten mit der „verorteten“ Emotionen für die Planung sahen, insbesondere hinsichtlich der Verbesserung der Verkehrssicherheit, blieb es jedoch offen, inwieweit die Emotionen die Radfahrer*innen selbst bei ihrem Mobilitätsverhalten beeinflussen.

Diese Mobilitätserfahrung, das tatsächliche Empfinden der Verkehrsteilnehmer*innen während der Mobilität, ist laut de Vos (2013) noch zu wenig untersucht. Studien zum Einfluss dieser „travel experience“ auf die Emotionen sind unter anderem in Böcker et al. (2016) zu finden. Mithilfe eines Mobilitätstagebuchs mit 945 Teilnehmer*innen wurde ermittelt, dass Freizeitfahrten emotional positiver empfunden wurden als Besorgungsfahrten. Gutes Wetter mit blauem Himmel hatte positive Emotionen zur Folge, zu hohe Temperaturen allerdings negative. Die gebaute Umwelt hatte keinen signifikanten Effekt auf die Emotion, was aber auch an unzureichenden Streckendaten und räumlichen Charakteristika liegen kann.

Generell werden Daten und Qualität der gebauten Umwelt (Ausbaugrad, Attraktivität, Zugänglichkeit etc.) und

physische Gegebenheiten auch selten berücksichtigt. Darüber hinaus ist zu beachten, dass amerikanische Studien und die Zufriedenheit mit z. B. dem öffentlichen Verkehr oder dem Radfahren alleine aus kultureller Perspektive differenziert zu bewerten sind, da Europa eine größere Radfahrtradition aufweist (Buehler, 2011; zitiert nach Martin et al., 2014). Die Bedeutung der Studien für die Planung und Gestaltung von Räumen bleibt ebenfalls offen.

Ein weiterer Grund für die rudimentäre Beachtung von Emotionen in der Mobilitätsforschung können auch die begrenzten Methodensets sein, die gleichzeitig eine Lücke bieten, in die die Humansensorik (vgl. Kapitel 2.2.2) stoßen könnte.

2.3.3 Ausgewählte Methoden der Zufriedenheits- und Mobilitätsforschung

Die Erhebung von Emotionen während der Mobilität stellte lange Zeit eine Herausforderung dar. Mittlerweile werden vermehrt Smartphones für die Befragung zu Emotionen und Gefühlen unterwegs eingesetzt, da sie eine schnelle Eingabe oder auch event-, orts- und kontextbezogene Fragen (über Push-Notifikationen) nutzungsfreundlich machen. In der Zufriedenheitsforschung sind Erhebungen durch klassische psychologische Methoden wie Selbstreport-Skalen wie „subjective well-being“ (SWB) geprägt (siehe auch Kapitel 2.1.6), die für mobilitätsbezogene Forschungsfragen kombiniert und weiterentwickelt wurden. Ein Beispiel ist die Satisfaction with Travel Scale (STS), die so konzipiert wurde, dass diese sowohl affektive als auch kognitive Komponenten in Bezug auf die tägliche Mobilität beinhaltet (de Vos et al., 2015; D. Ettema et al., 2011).

Two dimensions	Three dimensions	Negative	-3	-2	-1	0	1	2	3	Positive
Affective dimension	Positive activation – Negative deactivation	Bored	0	0	0	0	0	0	0	Enthusiastic
		Fed up	0	0	0	0	0	0	0	Engaged
		Tired	0	0	0	0	0	0	0	Alert
Cognitive dimension	Cognitive evaluation	Stressed	0	0	0	0	0	0	0	Calm
		Worried	0	0	0	0	0	0	0	Confident
		Hurried	0	0	0	0	0	0	0	Relaxed
Cognitive dimension	Cognitive evaluation	Travel was worst I can think of	0	0	0	0	0	0	0	Travel was best I can think of
		Travel was low standard	0	0	0	0	0	0	0	Travel was high standard
		Travel did not work out well	0	0	0	0	0	0	0	Travel worked out well

Abbildung 19: Satisfaction with Travel Scale (de Vos et al., 2015)

Forschung zu Wohlbefinden und Emotionen bei der Mobilität erfolgt zumeist in der **Retroperspektive**. Es treten Erinnerungseffekte auf, die nicht zu unterschätzen sind, insbesondere was affektive Erlebnisse, also Gefühlszustände, angeht. „Since this is a method with obvious weaknesses, a valuable aim of future research would be to develop

observational methods that make it possible to assess feelings (emotion responses, mood changes) unobtrusively during travel“ (Gärling, 2019). Smartphone-basierte Befragungen könnten das zwar abfedern, können jedoch von Nutzer*innen als störend empfunden werden. Gärling (2019) schlägt daher Wearables vor, die körperliche Reaktionen wie Augenbewegung oder Gehirnströme messen und diese auch mit den objektiven Gegebenheiten der Mobilität verbinden.

Auch in der Mobilitätsforschung werden zur Erhebung des Mobilitätsverhaltens Smartphone-basierte Mobilitätstagebücher als Apps eingesetzt, neben anderen Methoden, auf die hier nicht weiter eingegangen wird. Diese erkennen in Kombination mit GPS die Bewegungsmuster und auch die Verkehrsmodi der Nutzer*innen, meist abgeleitet

von ihrer Reisegeschwindigkeit (Reddy et al., 2010). Dabei zeichnet das Smartphone die Mobilitätsdaten auf und kann diese an einen externen Server übermitteln. Die Nutzer*innen haben ebenfalls die Möglichkeit, die Daten selbst zu validieren und in der App zu korrigieren, wenn z. B. das falsche Verkehrsmittel ermittelt wurde. Dadurch kann das Mobilitätsverhalten detailliert erfasst und auch zur Verkehrsnachfragemodellierung eingesetzt werden (Stephan et al., 2014). Aktuell wird zum Beispiel für eine Panel-Erhebung in der Wiener Seestadt Aspern die „Wegesammler App 2.0“ eingesetzt, um an mehreren Messzeitpunkten zu erheben, mit welchen Verkehrsmitteln die Seestädter*innen sich fortbewegen. Die App bietet dabei den Nutzer*innen auch anschauliche Grafiken zu ihrer Mobilität (Quelle: Webseite aspern.mobil LAB).

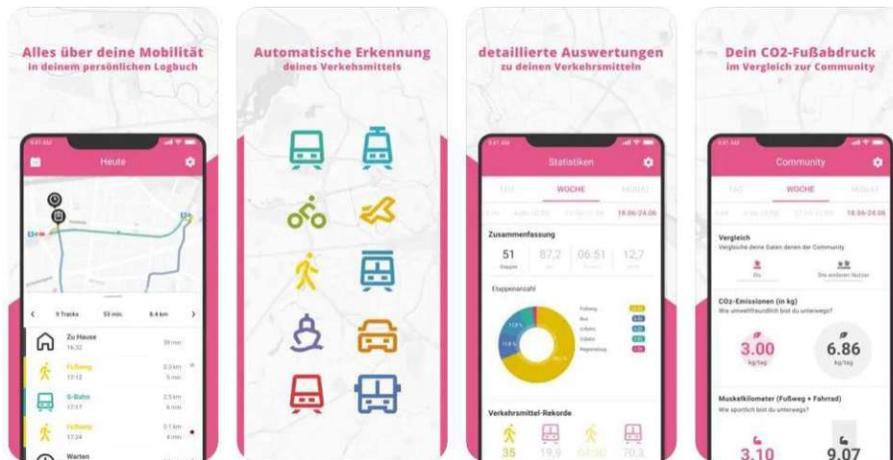


Abbildung 20: Übersicht Wegesammler-App 2.0 (Quelle: Android App Store, 2022)

Palmberg et al. (2021) schlagen vor, diese Mobilitätstagebücher mit weiteren Daten, die mit Smartwatches wie Android Wear oder watchOS erhoben werden, anzureichern. Die verbauten Sensoren sind meist Beschleunigungsmesser, Sensoren für die Bewegungserkennung und EKG-Sensoren für die Erfassung der Herzfrequenz. Dabei sollen vor allem Auswirkungen des Ortes, der Zeit und der Aktivität auf die Herzrate erkannt werden. Weitere Anknüpfungen an die Methoden der Humansensorik (Hautleitfähigkeit und Herzratenvariabilität) sind naheliegend, jedoch limitiert durch die Verfügbarkeit massentauglicher Geräte, denn in den gängigen Smartwatches sind diese Sensoren nicht oder nur sehr unzureichend für valide Ergebnisse verbaut.

2.3.4 Operationalisierungsansätze der subjektiven Faktoren der Mobilität

Nachhaltige Mobilität und die Mobilitätswende stellen eine zentrale Planungsaufgabe dar. Dennoch bleibt häufig fraglich, wie diese evidenzbasiert gestaltet werden kann. Klassische Verfahren der Bewertung oder Wirkungsabschätzung greifen nicht, wenn Menschen und ihr subjektives Empfinden im Zentrum stehen sollen. Dazu gibt es fast keine Operationalisierungsansätze bzw. keine Übersetzung in Indikatoren, um die subjektive Komponente der Mobilität messbar zu machen (Rammert, 2021). Daher ist es wichtig, einen Blick auf andere Disziplinen zu werfen, um eine Operationalisierung anzustoßen, wie es bei der Zufriedenheitsforschung in der Psychologie der Fall ist (Kapitel 2.3.1). Auch die Humansensorik hat ein Operationalisierungsproblem, das aber aufgrund ihrer eher quantitativen Ausprägung in Indikatoren überführt werden könnte und das Individuum somit in eine Bewertung der Mobilität als einen Faktor einfließen ließe: „Wann ist ein Radweg stressfrei und wie können Planer*innen dies feststellen?“ „Was sind die Zielkriterien?“

Es ist von drei Einflussdimensionen auszugehen, die auf ein Individuum und sein Mobilitätsverhalten wirken: 1) die strukturellen Rahmenbedingungen, 2) die individuellen Handlungsvoraussetzungen, 3) die subjektive Wahrnehmung. Humansensorik ist bei Letzterem verortet und stellt einen kleinen Baustein von vielen anderen Dimensionen dar, wie subjektiver Erreichbarkeit oder auch Zufriedenheit, die die Menschen und ihre Mobilität beeinflusst (Rammert 2021). Stress, Angst und Unwohlsein bei der Nutzung einer bestimmten Verkehrsanlage als Radfahrer*in oder Fußgänger*in sind dabei lediglich ein Teilaspekt und ebenso wenig operationalisiert.

Neben der Integration von qualitativen Methoden, um subjektive Entscheidungsprozesse in der Mobilität besser verstehen zu können, wird zur Überwindung dieser Problematik ein „Mobilitätsindex“ vorgeschlagen (Kruse et al., 2020; Rammert, 2021). Indizes sind vor allem im Bereich der Walkability und Bikeability (siehe Kapitel 2.3.5) oder bei den Stufen der Angebotsqualität (Level of Service) als rechnerische Größe bekannt (wobei hier die aktive Mobilität wenig Beachtung findet) und beinhalten quantifizierbare Indikatoren. Über die grundlegenden, physischen Einflussfaktoren und Dimensionen von Walkability bzw. Bikeability herrscht ein weitgehender Konsens in der Forschungslandschaft (Tran, 2017).



Abbildung 21: Operationalisierungsansatz der subjektiven und objektiven Wahrnehmung der Mobilität (eigene Darstellung)

Als ersten Operationalisierungsansatz skizziert Abbildung 21 verschiedene Dimensionen und Indikatoren der subjektiven und objektiven Wahrnehmung der Mobilität. Diese lassen sich entlang der Achse subjektiv – objektiv abbilden. Zu den wahrgenommenen, subjektiven Qualitäten zählen etwa die subjektiven Erreichbarkeiten, die auch häufig in Walkability- und Bikeability-Befragungen abgefragt werden, ergänzt durch Audits der physischen Merkmale (Tran, 2017). Eine Dimension beschreibt Aspekte während der Mobilität, die sich ausgehend von den physischen Tätigkeiten der Fußgänger*innen oder Radfahrer*innen als Anstrengung, Stop-and-Go, Ausweichen von Hindernissen etc. erfassen lassen und in Zusammenhang mit den infrastrukturellen Gegebenheiten wie der Steigung stehen. Eine weitere objektive Dimension umfasst die Emotionen während der Mobilität, die Stressmomente und -intensität (Häufung von Stressmomenten) einschließen. Die abgeleiteten Indikatoren könnten als Stressmomente pro räumlichem Segment (z. B. Meterstrecke einer Radfahrstraße) dargestellt werden, was einem Walkability-/Bikeability-Index oder einer Berechnung des Levels of Service (s. u.) ziemlich nahekommt. Demnach würde eine geringe Stressdichte für eine höhere Mobilitätsqualität sprechen. Die Zufriedenheit mit der Mobilität (vgl. Kapitel 2.3.1) ist vollständigshalber als weitere Dimension ergänzt, da sich hierdurch auch die subjektive Wahrnehmung messen lässt. An dieser Stelle wird ein Forschungsbedarf zu Indikatoren deutlich, welcher nochmals in den Kapiteln 3.5. und 7.2. aufgegriffen wird.

2.3.5 Exkurs Walkability & Bikeability

Walkability bezeichnet im weitesten Sinne die „Attraktivität des Zufußgehens“ – das Pendant Bikeability bezeichnet die „Attraktivität des Radfahrens“, wobei Zweiteres erst später entstanden ist. Zwischen diesen beiden Konstrukten gibt es Ähnlichkeiten, aber auch wesentliche Unterschiede wie Geschwindigkeiten, Fähigkeiten (z. B. können sich Fußgänger*innen eher „anpassen“) und Ansprüche an die Infrastruktur bzw. Oberflächen (Kellstedt et al., 2021).

Walkability und Bikeability umfassen zum einen quantitative objektive Merkmale (Infrastruktur, Nutzungsmischung) und zum anderen qualitative Merkmale (subjektives Sicherheitsgefühl, ästhetisches Empfinden) (Bucksch & Schneider, 2014; Kellstedt et al., 2021). Der Begriff Walkability beschränkt sich dabei nicht nur auf die Wegequalität, sondern beinhaltet auch, dass „attraktive und animierende Bedingungen geschaffen werden, sodass sich Menschen gerne aus eigener Kraft bewegen“ (Bucksch & Schneider, 2014).

Der Begriff Walkability hat sich in den USA in Planungsdisziplinen wie der Stadt- und Raumplanung herausgebildet. Die Einstufung einer Umgebung als mehr oder weniger „walkable“ basiert auf empirischen Ergebnissen, die einen Zusammenhang zwischen Umweltaspekten und Mobilitätsverhalten zeigen. Verkehrsstudien haben herausgefunden, dass Menschen, die in Nachbarschaften leben, welche sich durch eine höhere Wohndichte, eine Mischung von Flächennutzungen und einem rasterartigen Straßenmuster mit kurzen Blocklängen auszeichnen, mehr Wege zu Fuß und mit dem Fahrrad zurücklegen als Personen, die in stark zersiedelten Gebieten leben (Saelens et al., 2003). Die festgelegten Indikatoren für eine „begehbare“ Nachbarschaft im US-amerikanischen Kontext sind nicht immer auf die europäische Struktur übertragbar. So spielen das Baujahr des Stadtteils und das Vorhandensein historischer Gebäude als Elemente, die sich positiv auf die Walkability auswirken, im europäischen Kontext eine geringere Rolle. Spannend ist auch die aktuelle Bedeutung des Walk-Scores. Dabei handelt es sich um einen Index von bis zu 100 Punkten, der die Fußgängerfreundlichkeit der Nachbarschaft, in welcher sich eine Immobilie befindet, quantifiziert. Dieser Index-Wert hat Einfluss auf den Kaufpreis (Goldstein, 2016).

Die Walkability bzw. Bikeability wird auf Basis physischer Merkmale erfasst, kann aber auch Designqualitäten sowie die individuelle Wahrnehmung berücksichtigen.

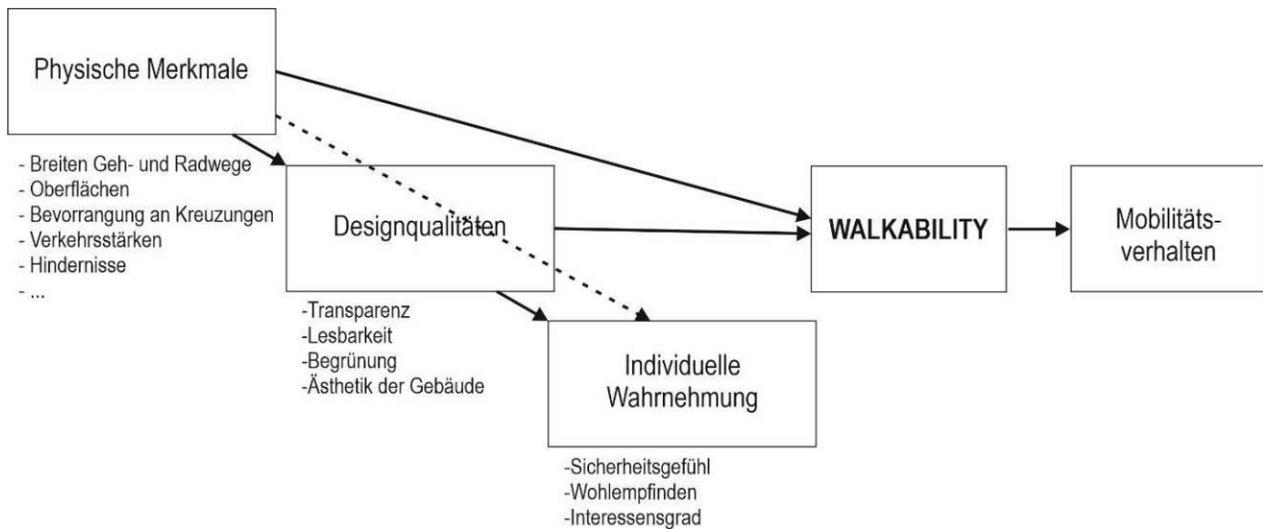


Abbildung 22: Walkability-Faktoren (adaptierte Darstellung nach Ewing & Handy, 2009)

Erwing & Handy (2009) haben diese physischen Merkmale noch durch Designqualitäten ergänzt, da diese einen hohen Anwendungsbezug in der Planung aufweisen. Durch die Zuordnung zu bestimmten Werten (z. B. 5 Punkte für eine Fußgängerzone und 1 Punkt für eine stark befahrene Straße) und eine Gewichtung (wobei diese oft durch Expert*innen festgelegt wird) kann ein Gesamtwert für einen Straßenabschnitt ermittelt werden – dabei könnten dann auch identifizierte Stressoren durch Humansensorik berücksichtigt werden. In Fallbeispiel 1 (siehe Kapitel 4.3) wurde eine Verknüpfung versucht.

Analog dazu entwickelte sich die Bikeability, die ebenfalls als Bewertungsinstrument Fahrradanlagen systematisch zu bewerten und Verbesserungspotenziale zu identifizieren versucht. Hierbei spielen Oberflächenqualität, die Qualität der Radverkehrsanlage sowie die Neigung bzw. Topographie eine wesentliche Rolle. Neben diesen physischen Merkmalen werden auch subjektive Indikatoren zu Wahrnehmungen der Radfahrer*innen erhoben. Kellstadt (2021) hat 17 Erhebungsinstrumente ermittelt. Auch hier stellt sich die Frage, ob eine „guter“ Bikeability-Index auch Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten hat. Krenn et al. (2015) konnte eine positive Korrelation zwischen dem Bikeability-Index und dem Mobilitätsverhalten feststellen. An dieser Stelle sei der Index der Level of Traffic Stress (LTS) erwähnt, der auch von Teixeira (2020) angewandt wurde. Der LTS ist ein Rating bzw. eine Bewertung eines Straßenabschnitts oder einer Kreuzung und gibt die Verkehrsbelastung für Radfahrer*innen an.

LEVEL OF TRAFFIC STRESS

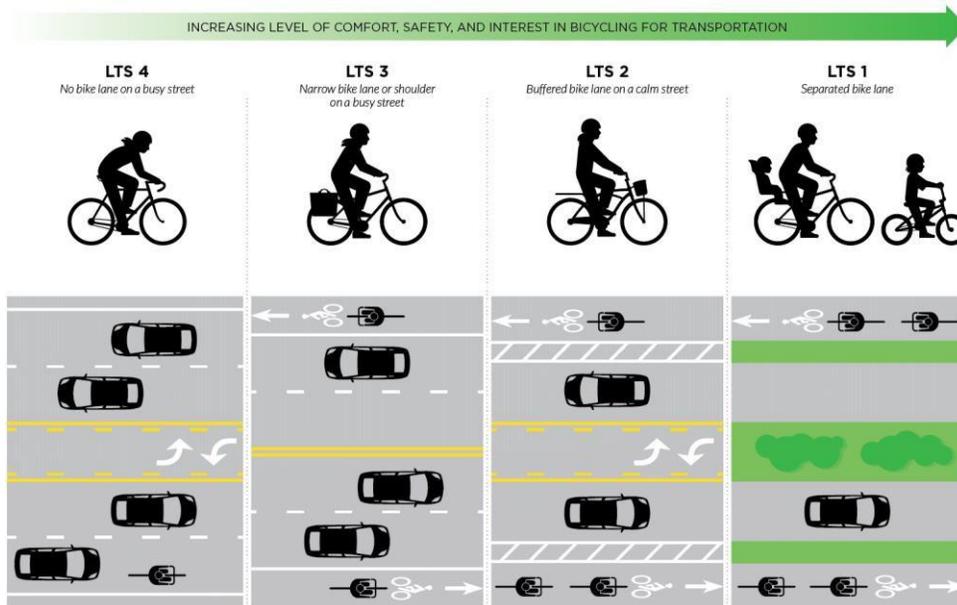


Abbildung 23: Level of Traffic Stress, Grafik von Alta Planning + Design (2017)

Das angestrebte Level ist LTS 1. Diese Radinfrastruktur ist u. a. für Kinder zum Fahren geeignet oder vom motorisierten Verkehr getrennt. LTS 2 sind Straßen mit geringen Verkehrsaufkommen und Geschwindigkeiten. LTS 3 und 4 weisen entsprechend höhere Verkehrsbelastung und Geschwindigkeiten des MIV und mehr Interaktionen zwischen diesem und dem Radverkehr auf (Mekuria et al., 2012).

Es handelt sich dabei – wie auch bei der Walkability – um eine US-amerikanische Planungsperspektive auf Radverkehrsinfrastruktur. Das Interessante daran ist, dass diese zum einen durch die Segmentierung der Routen einen kleinräumlichen Bezug zulässt und zum anderen mit vergleichsweise wenig Kennwerten wie Straßenbreite und Geschwindigkeitsbegrenzung auskommt. Auch wenn der Name „Level of Traffic Stress“ suggeriert, dass es dabei um ein Stresslevel der Radfahrenden geht, wird dieses lediglich von den baulichen bzw. verkehrlichen Indikatoren aus den Segmenten abgeleitet.

2.3.6 Potenziale der Humansensorik für die Mobilitätsforschung?

Es stellt sich natürlich die Frage, wie sich die Verknüpfungspotenziale der Humansensorik mit der Mobilitätsforschung darstellen. Da aber auch eine langfristige Zufriedenheit und das Wohlbefinden Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten haben und ein Hinweis für unspezifische Mängel der eigenen Wege z. B. mit dem Fahrrad sein können, ist die Zufriedenheitsforschung als Teil der Mobilitätsforschung zu betrachten.

Während die Mobilitäts- und Zufriedenheitsforschung Emotionen nicht verortet und eher aggregierte Daten zu Mobilitätsenerfahrungen und Wohlbefinden erhebt, ermöglicht die Kombination mit der Humansensorik die konkrete Verortung kritischer, stressauslösender Stellen in der Mobilität sowie die Herstellung eines räumlichen Bezugs. Auch werden in der Mobilitätsforschung Wegeketten bewertet, in der Zufriedenheitsforschung einzelne Etappen (z. B. Weg

zur Arbeit). Beide Erhebungen erfolgen retrospektiv und lassen keine Rückschlüsse auf kritische Ereignisse zu. Die Humansensorik kann hingegen stressauslösende Ereignisse durch die Kombination mit Bewegungsdaten erfassen, und das individuell wie auch aggregiert. Erkenntnisse der Humansensorik lassen allerdings nur Vermutungen zum längerfristigen Wohlbefinden zu, was aber durch die Methoden der Zufriedenheitsforschung abgedeckt werden könnte. Ebenso ist eine Kombination mit (App-basierten) Mobilitätstagebüchern denkbar.

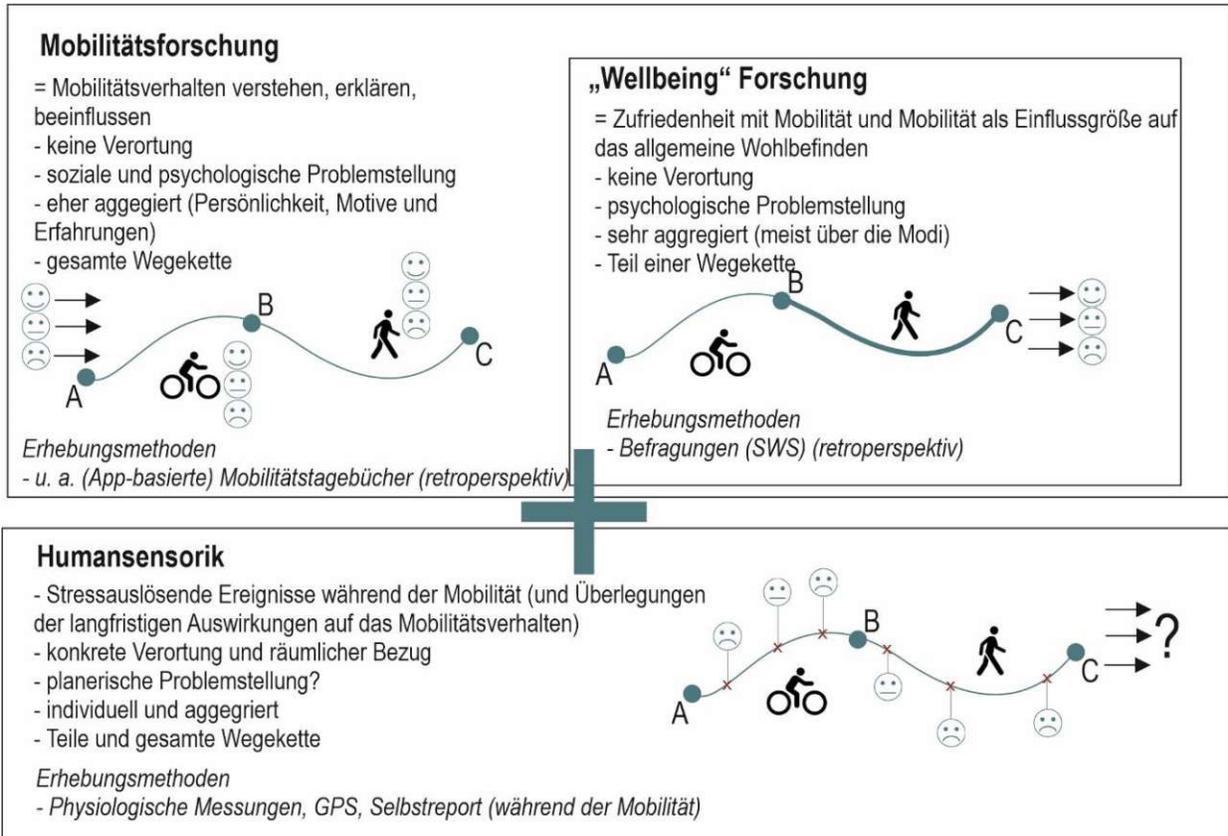


Abbildung 24: Anknüpfungspotenziale zwischen Mobilitätsforschung, Zufriedenheitsforschung und Humansensorik (eigene Darstellung)

Darüber hinaus, und nicht in dieser Abbildung enthalten, könnten die Daten der Humansensorik in die Modelle der Zufriedenheitsforschung mit aufgenommen werden. Weiterhin offen sind auch die langfristigen Wirkungen der identifizierten Stressmomente auf das Verhalten oder die Einstellung zum jeweiligen Verkehrsmittel, was zum einen wiederum Anknüpfungspunkte zur Zufriedenheitsforschung ergibt und zum anderen einen wesentlichen Forschungsbedarf aufweist. Bei der Humansensorik geht es stets eher um das Jetzt, während die Zufriedenheitsforschung umfassender auf die Mobilität als wichtige Komponente der Lebensqualität blickt.

2.3.7 Zwischenfazit: Emotionen aus der Perspektive der Mobilitätsforschung

- Die Entstehung neuer nachhaltiger Fortbewegungsmittel und die Bedeutung des Zufußgehens eröffnete neue Fragestellungen, welche Mobilitätsformen „zufriedener machen“, für Wohlbefinden (well-being) sorgen oder Ärger bzw. Aggressionen auslösen.
- Mobilität (travel) steht in Zusammenhang mit der generellen Lebenszufriedenheit (life satisfaction), dem Wohlbefinden, der Produktivität etc.
- Im Hinblick auf die Verkehrsmittelwahl bzw. das Mobilitätsverhalten können insbesondere Emotionen während der Mobilität ausschlaggebend sein. Dies wurde jedoch nie isoliert betrachtet, da Emotionen stets ein Wechselspiel zwischen Einstellung, Normen und Verhalten darstellen.
- Methoden der Zufriedenheitsforschung in Bezug auf Mobilitätsverhalten sind meist Befragungen nach der Mobilität sowie statistische Verfahren.
 - o Es fehlt an Methoden, die während der Mobilität Emotionen erfassen können, damit u. a. Erinnerungsverfälschungen reduziert werden können.
 - o Fehlende Modelle und mangelnde Erkenntnisse über die Wirkung kognitiver und emotionaler Prozesse während der Mobilität und auf das Mobilitätsverhalten werden angemerkt.
- Es gibt beinahe keine Operationalisierungsansätze bzw. keine Übersetzung in Indikatoren, um die subjektive Komponente der Mobilität messbar zu machen, sowie keine integrierten theoretischen Ansätze aus verschiedenen Disziplinen.
- Humansensorik birgt ein Integrationspotenzial für die Mobilitäts- und Zufriedenheitsforschung.



KAPITEL 3

SYSTEMATISCHE LITERATURANALYSE: HUMANSENSENIK UND AKTIVE MOBILITÄT

3 Systematische Literaturanalyse: Humansensorik und aktive Mobilität

Das folgende Kapitel betrachtet systematisch nationale und internationale Literatur, welche den theoretischen Hintergrund weiter vertieft. Dabei liegt der Fokus auf der Humansensorik mit den Ausprägungen Radfahren und Zufußgehen in Zusammenhang mit Emotion, Stress und Hautleitfähigkeit.

Methode: Eine systematische Literaturanalyse bietet einen wichtigen Überblick über die aktuelle Forschung und die damit verbundenen Lücken. In dieser Literaturanalyse wird zum einen der aktuelle Forschungsstand zum Thema (physiologische) Daten und aktive Mobilität aufgezeigt. Zum anderen werden die darin entstandenen Ergebnisse, insbesondere Grenzen, herausgefiltert. Da hinsichtlich der Fußgänger*innen- und Radfahrer*innen-Mobilität Stressoren als Hinweis für Mängel und unzureichende Infrastruktur mit planerischer Relevanz gesehen werden, sind die ermittelten „negativen“, selten auch die „positiven“ Auslöser von Emotionen in der Literatur ebenfalls Gegenstand dieser Analyse.

Die englischsprachige und deutschsprachige Literatur wurde anhand folgender Begriffe durchsucht:

- **Modi:** Bicycle, cycling and/or pedestrian, walking
- **Emotionsbegriffe:** Emotion(s) and/or stress and/or arousal
- **Physiologische Signale:** EDA (electrodermal activity) and/or SCL (skin conductance level)
- **Analog dazu wurde auch mit den deutschen Übersetzungen gesucht.**

Zur Suche dienten Google Scholar sowie die Journalbestände der Technischen Universität Wien und der Universität Wien. Der untersuchte Zeitraum bezieht sich auf 2013 bis 2022, wobei kein spezifisches Startdatum gewählt wurde, sondern dieses sich daraus ergab, dass die Sensortechnologie in die Mobilitätsforschung ab diesem Punkt häufiger Einzug gehalten hat.

Die Suche erfolgte über Google Scholar als Plattform, die auf eine Vielzahl von wissenschaftlichen Dokumenten zugreifen kann. Da nicht ganz transparent ist, welche Datenbestände indiziert werden, wurde die Suche über die Informationsdienste International Transport Research Documentation (ITRD), Transportation Research Information Services (TRIS) und Scirus nochmals verifiziert. Als formales Kriterium dienten die Sprachen Englisch und Deutsch.

Verkehrsmodus Fahrrad: Suche nach:

- Bicycle OR cycling OR biking AND emotion OR stress OR arousal AND „electrodermal activity“ OR „skin conductance level“ AND infrastructure

Verkehrsmodus Fußgänger*innen: Suche nach:

- Pedestrian OR walking AND emotion OR stress OR arousal AND „electrodermal activity“ OR „skin conductance level“ AND infrastructure

Die Recherchen anhand der Bibliotheken der Technischen Universität Wien und der Universität Wien ergaben überlappende Ergebnisse.

Die identifizierten Studien wurden anschließend hinsichtlich ihrer Eignung anhand des Abstracts bzw. der Zusammenfassung sowie durch ein Querlesen des Volltextes beurteilt. Dabei wurden Veröffentlichungen einbezogen, die folgende Kriterien erfüllen sollten:

Die Studien mussten

- a) mithilfe von physiologischen Messungen (EDA, inkl. SR und ST) eine Einschätzung des Stresses bzw. des Arousals liefern,
- b) im Kontext der aktiven Mobilität (Fahrrad und Zufußgehen), der gebauten Umwelt und der Mobilitätsforschung stehen (keine Pedelec-, Fitness- oder Bewegungsstudien bzw. Studien zur Gesundheit, die das Gehen oder Radfahren generell in Bezug auf Stress und mentales Wohlbefinden betrachten),
- c) im Gegensatz zur virtuellen Umgebung in der realen Umwelt und im dichten, städtischen Raum stattfinden,
- d) als Feldtest mit mindestens vier Teilnehmer*innen angelegt sein (keine konzeptionellen Studien) und
- e) das Forschungsdesign ausführlich darlegen (Ausschluss bei fehlenden Angaben zu Strecken, Ausrüstung, Analyseverfahren).
- f) Deep-Learning- oder Maschine-Learning-Studien wie Kanjo et al. (2019) wurden ausgeschlossen.

Erfüllte die Studie nicht sämtliche Kriterien, wurde diese exkludiert, auch wenn die Keywords bzw. Suchbegriffe zutreffend waren. Darüber hinaus wurden die Kriterien immer wieder iterativ nachgeschärft. So war Maschine Learning anfangs kein Ausschlusskriterium, wurde aber im Laufe der Recherche als solches definiert.

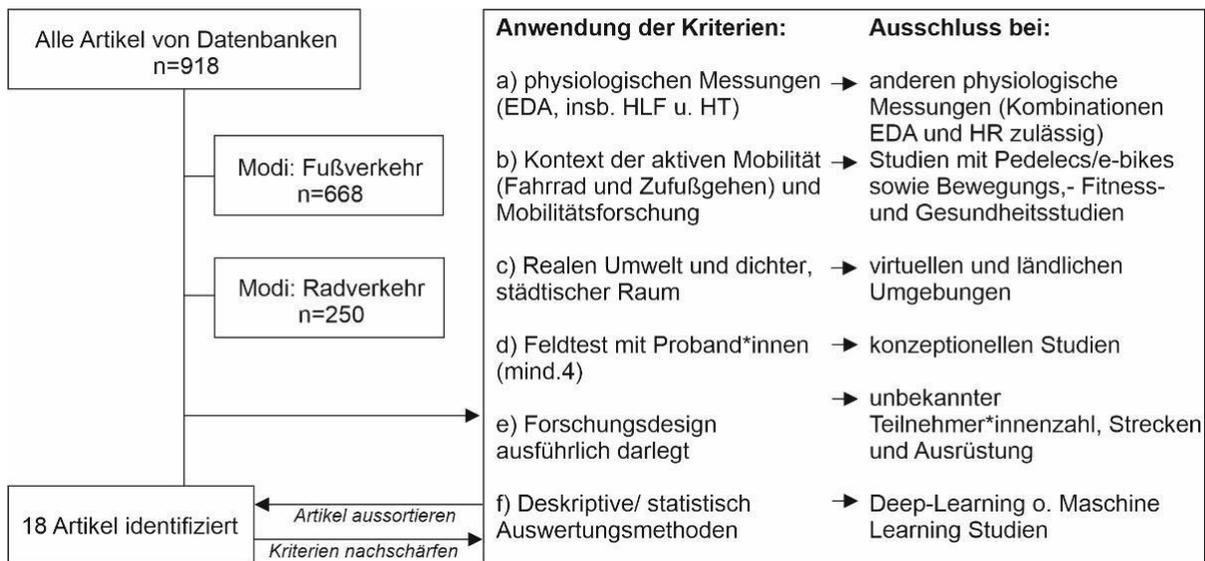


Abbildung 25: Flow-Diagramm zur Auswahl der Studien (eigene Darstellung)

Letztendlich wurden 18 Artikel bzw. Studien identifiziert.

Datenextraktion: Folgende Informationen wurden aus der systematischen Literaturanalyse extrahiert:

- **Studienmerkmale:** Autor*innen, Titel, Journal, Ort bzw. Land, Jahr der Veröffentlichung sowie Zweck der Studie
- **Forschungsdesign:** Teilnehmer*innenzahl (ggf. nach Geschlecht aufgeschlüsselt), Studienaufbau, Ausrüstung und Modi (Rad/Fuß), Rekrutierung, Strecken (frei, definiert)
- **Analyse und Verfahren:** Vorgehen bei der Datenauswertung, Verwendung statistischer Verfahren
- **Identifizierte Stressoren**
- **Diskussionsthemen:** Limitationen und vorgeschlagene Verbesserungen (identifizierter Forschungsbedarf)

Eine genaue Zuordnung ist in Tabelle 5 und Tabelle 6 zu finden.

Anzumerken ist, dass Bigazzi et al. (2022) eine Literatursuche, keine tiefgehende Analyse, zu physiologischem Stress während der aktiven Mobilität durchgeführt haben, welche EDA und HRV inkludierten und als Basis für ihren conceptual framework dienten. Die 14 angeführten Studien sind auch in geringem Anteil in dieser Literaturanalyse zu finden. Ebenso berücksichtigt wurde die Literaturübersicht von Lim et al. (2021) mit Fokus auf das Radfahren und die physiologischen Parameter HRV, HR und SC sowie die Übersicht von Dritsa & Bioria (2021) zu physiologischem Data-Monitoring im Kontext von räumlichen, urbanen und umweltbezogenen Parametern.

3.1 Motivation und Ziele der analysierten Studien

Bei der grundsätzlichen Motivation berufen sich einige der analysierten Studien in ihrem theoretischen Aufbau auf die Konzepte und Theorien von Lynch und Nold, die weiter oben ausgeführt wurden (siehe Kapitel 2.2). Wie bereits erwähnt liegt das maßgebliche Ziel im tieferen Verständnis der Beziehung zwischen menschlichen Emotionen und der gebauten Umwelt (contextualization of emotions) (Fathullah & Willis, 2018; Osborne & Jones, 2017; Werner et al., 2019). Die Identifikation von Emotionen wird in der Literatur meist mit dem Konstrukt „Stress“ bzw. „stressful events“ (vgl. Kapitel 2.1.3) abgebildet. Da es sich überwiegend um englischsprachige Quellen handelt, sind auch die Begriffe „well-being“, „comfort“, „perception“ oder „quality of service“ darin zu finden.

Darüber hinaus besteht die Zielsetzung, die Methoden zur Erhebung, Analyse und Interpretation physiologischer Daten zu testen bzw. zu verbessern und die Datenqualität zu erhöhen. Dabei wird häufig ein Methodenmix aus den quantitativen Messungen der Humansensorik mit qualitativen Methoden wie Interviews und subjektiven Befragungen verschnitten. Begründet wird dies dadurch, dass physiologische Daten nicht ganz eindeutig Rückschluss auf die Emotion erlauben und mit beispielsweise Befragungen eine bessere Evidenz der Ergebnisse erzielt werden soll bzw. kann. Es wird nie von nur einer EDA-Messung ohne ergänzende Methode wie Befragung und Kameraaufnahmen ausgegangen. Vereinzelt zielen Studien darauf ab, die Daten in eine webbasierte Anwendung fließen zu lassen (Liu & Figliozzi, 2016).

Häufig besteht der Anspruch, die Ergebnisse in Planungsentscheidungen einfließen zu lassen und dahingehend eine – nicht genau spezifizierte – Verbesserung herbeizuführen (Benita & Tunçer, 2019; Fathullah & Willis, 2018; Shoval et al., 2018; Zeile et al., 2016). Außerdem können Planungsprozesse mit den Ergebnissen angereichert und so als wertvolle Ergänzung in Verkehrsplanungsprozessen betrachtet (Werner et al., 2019) oder die bestehenden Methoden der Verkehrsplanung mit den Sensordaten angereichert werden (Resch et al., 2020). Darüber hinaus ist auch eine Integration von Regelwerken und Praktiken angedacht, aber nicht weiter vertieft dargestellt (Teixeira et al., 2020). Die Erhebung und Integration der Emotionsdaten wird auch als Ergänzung zum Partizipationsprozess gesehen: „It could therefore provide better insights of the city and its inhabitants—enabling a new citizen-centered perspective in urban planning processes. [...] Scaled up, this approach would mean that a city could involve citizens in sharing emotional data that would regularly provide new emotional data near real-time and as a readily available information layer to the city council“ (Fathullah & Willis, 2018). Es wird aber gleichzeitig verdeutlicht, dass Bewohner*innen lediglich als Bereitstellende von Emotionsdaten herangezogen werden und keinen Einfluss haben, wie die Daten letztendlich genutzt bzw. für die Umsetzung interpretiert werden (ebd.).

Anhand der systematischen Literaturanalyse lassen sich **drei Ansätze der Forschungsmotivation und -tätigkeit** erkennen, wobei die Übergänge teilweise fließend sind:

- **Methodenzentrierter Ansatz:** Erhebungs- und Analysemethoden testen und verbessern; Methoden kombinieren („mixed methods“, Verschneidung mit anderen quantitativen und qualitativen Methoden); Zusammenhänge zwischen Emotionen und Modi bzw. gebauter Umwelt identifizieren. (Können kritische Stellen identifiziert werden?)



Abbildung 26: Ansätze der Forschungsmotivation und -tätigkeit (eigene Darstellung)

- **Emotionszentrierter Ansatz:** Emotionen, „stressful events“ oder Stressmomente im Kontext der gebauten Umwelt identifizieren; Wohlbefinden und Komfort werden als weitere Emotionskategorien herangezogen. (Wie gestaltet sich der Zusammenhang zwischen Emotionen und Modi/gebauter Umwelt?)
- **Planungszentrierter Ansatz:** Planungsprozesse und -entscheidungen sowie entsprechende Infrastrukturen für die Modi Radverkehr und Fußgänger*innen verbessern. (Wie können die Erkenntnisse zu Stress und Emotionen in die Planungsprozesse und -entscheidungen fließen?), wobei hier anzumerken ist, dass zwischen Grundmotivation und tatsächlicher Umsetzung und Integration in die Planung eine große Lücke besteht.

In den Studien lässt sich erkennen, dass die Planungsrelevanz eine Grundmotivation ist, es jedoch nie zur tatsächlichen Integration kommt. Auch wenn in den Studien alle drei Ansätze mitschwingen, besteht eine immense Lücke, die Erkenntnisse – insofern es welche gibt – in die Planungspraxis zu übertragen und konkrete, planerische Verbesserungsvorschläge zu formulieren. Nur abstrakt werden Vorschläge geäußert, wie die Daten in Planungsprozesse fließen können, zum Beispiel in die Vorher-Nachher-Untersuchung als Evaluierung von Planungsprojekten: Zum einen, um partizipativen Anforderungen gerecht zu werden und die Reaktionen der Menschen auf ein Planungsprojekt quantitativ zu messen (Fathullah & Willis, 2018), zum anderen ist auch der Einsatz als Evaluierungsmethode über den Erfolg der Umplanung von Radinfrastruktur denkbar (Teixeira et al., 2020).

3.2 Die Forschungsdesigns

Basierend auf den Zielen der Arbeit sowie den festgelegten Charakteristika zur Auswahl der Studien im öffentlichen Raum sind die Forschungsdesigns überwiegend in urbanen, dicht bebauten Gebieten verortet.

Strecke: Meist wurde eine bestimmte Strecke vordefiniert, die von den Teilnehmer*innen zu Fuß oder mit dem Rad absolviert werden sollte. Manche Strecken, insbesondere im Kontext des naturalistischen Radfahrens bzw. Zufußgehens, wurden den Teilnehmenden offengelassen, um auch eine Erfassung der Alltagswege zu ermöglichen (Lajeunesse et al., 2021). Allerdings geben Studien, die Fußgänger*innen betrachten, öfter keine Strecken vor als die, die Radfahrer*innen untersuchen. Beispielsweise wurde Tourist*innen, die ihr Sightseeing frei gestalten konnten, das technische Equipment für die Dauer eines gesamten Tags zur Verfügung gestellt, wodurch ein verhältnismäßig großes Gebiet der Innenstadt Jerusalems erfasst wurde (Shoval et al., 2018).

Zusammensetzung Teilnehmer*innen: Die Stichprobengröße ist meistens klein und im niedrigen zweistelligen Bereich angesiedelt. Wenige Ausnahmen rekrutierten etwa 30 oder gar 70 Personen, wobei anzumerken ist, dass auch hier Datensätze aufgrund von Funktionsfehlern der Sensoren wieder herausgefallen sind oder die Gesamtzahl an Teilnehmer*innen sich wiederum auf verschiedene Testgebiete aufteilt (Teixeira et al., 2020; Werner et al., 2019). Das Geschlechterverhältnis ist recht ausgewogen. Nur wenige Studien haben eine deutliche Dysbalance in der Ausgewogenheit (Benita & Tunçer, 2019; Birenboim et al., 2019; Kanjo et al., 2018).

Rekrutierung und Auswahl der Teilnehmer*innen: Der Rekrutierungsprozess wurde nicht in allen Studien erwähnt. Die Studien, die näher darauf eingehen, lassen die Vermutung zu, dass es sich um keine Zufallsauswahl und eine Gelegenheits- bzw. Selbstselektionsstichprobe handelt. Da es sich jedoch um eher explorative Studien handelt, sind nicht-zufällige Stichproben meist ausreichend. Selbstselektion ist in der akademischen Forschung üblich, wodurch bei einem nicht personalisierten Anschreiben motivierte Personen an den Studien teilnehmen (Döring & Bortz, 2016). Besonders auffällig ist, dass die Teilnehmer*innen meist im universitären Umfeld kontaktiert wurden, z. B. über universitätsinterne E-Mail-Listen (Birenboim et al., 2019; Lajeunesse et al., 2021; Werner et al., 2019). Das führt zu einer Verzerrung der Stichprobe hinsichtlich Alter und Bildungsgrad, da überwiegend Studierende für die Studien gewonnen werden konnten. Auch die Grundgesamtheit des Personenkreises, über den Rückschlüsse gezogen werden sollten, (z. B. Radfahrer*innen in der Stadt XY) wurde nie definiert (siehe auch Kapitel 3.6).

Sensoren: Verschiedene Sensoren kamen zum Einsatz, wobei E4 Empatica am häufigsten für die EDA verwendet

wurde. Um die räumliche Verortung zu gewährleisten, wurden in allen Studien die Teilnehmer*innen mit GPS-fähigen Geräten – meist Smartphones – ausgestattet. Ergänzende Methoden wie Befragungen oder qualitative Interviews kamen zum Einsatz.

Hinsichtlich des **Forschungsprozesses** ist anzumerken, dass sich dieser eher auf induktive Ansätze der Datenerhebung gestützt hat, in denen Routen definiert wurden und die baulichen Gegebenheiten der Streckenabschnitte bekannt waren, wobei die Tendenz eher zu einer Mischform mit deduktiven Ansätzen erkennbar ist: Kritischen Punkte in der Infrastruktur wurden nicht vorab als Problem identifiziert und gleiche Strecken nur im Sinne der Vergleichbarkeit bzw. Überlagerung der Daten vordefiniert. Folgende Tabelle fasst die wesentlichen Kenngrößen erneut zusammen.

Nr.	Autor*in/Jahr	Stadt (Land) des Feldtests, Modi	Ziele der Studie	Ansatz			Stichproben-größe (w/m)	Auswahl Teilnehmer*innen	Strecke		Sensoren für EDA	Sonstiges techn. Equipment		
				Methodenzentriert	Emotionszentriert	Planungszentriert			Vordefiniert	Frei gewählt		Kamera (Egp-Perspektive)	Smartphone/GPS	Sonstiges
1	Bergner et al. (2013)	Alexandria (Ägypten) 	Untersuchung, ob und wie sich unterschiedliche kulturelle Hintergründe auf die Wahrnehmung der Teilnehmer*innen in verschiedenen städtischen Räumen auswirken könnten		x		7 (3/4)	n. a. (Forscher*innen-Team selbst)	x		Smartband Bodymonitor	x	x	
2	Liu & Figliozzi (2016)	Portland (USA) 	Entwicklung einer Plattform zur Erfassung von Daten über das Radfahren in „natürlicher“ Umgebung & Entwicklung einer Methodik zur Messung des Komforts von Radfahrer*innen	x			5 (1/4)	n. a.	x		Shimmer EDA +	x		
3	Zeile et al. (2016)	Boston u. Cambridge (USA) 	Verifizierung von Potenzialen von Crowdsourcing- Mechanismen in Kombination mit physiologischen Daten für die Planung städtischer Radverkehrsinfrastrukturen	x		x	12 (5/7)	Selbstselektion (Harvard University Community)		x	Bodymonitor Smartband	x	x	Zephyr BioHarness 3
4	Layeb et al. (2016)	Tunis (Tunesien) 	Untersuchung von Stresssituationen im öffentlichen Raum sowie zum Wohlbefinden der Nutzer*innen		x		4 (2/2)	n. a.	x		Q-Sensor			Voice-Recorder; Lärmmesser
5	Osborne & Jones (2017)	Birmingham (GB) 	Identifikation von kontextualisierenden Informationen zu signifikanten Phänomenen beim Gehen			x	30 (n. a.)	n. a.		x	E4 Empatica	x	x	

Nr.	Autor*in/Jahr	Stadt (Land) des Feldtests, Modi	Ziele der Studie	Ansatz			Stichprobengröße (w/m)	Auswahl Teilnehmer*innen	Strecke		Sensoren für EDA	Sonstiges techn. Equipment		
				Methodenzentriert	Emotionszentriert	Planungszentriert			Vordefiniert	Freigewählt		Kamera (Egp-Perspektive)	Smartphone/GPS	Sonstiges
6	Fathullah & Willis (2018)	Plymouth (GB) 	Beziehung zwischen dem physischen Raum und den Emotionen erkennen, Zusammenhänge zwischen dem Stressniveau und bestimmten Merkmalen des städtischen Umfelds ermitteln		(x)	x	9 (3/6)	Selbstselektion? (internationale Studierende an der Universität)	x		Nicht spezifiziert (low-cost)		x	
7	Caviedes & Figliozza (2018)	Portland (USA) 	Messungen des physiologischen Stresses unter realen Bedingungen beim Radfahren	x		(x)	5 (?/?)	n. a.	x		Shimmer3 EDA+	x	x	
8	Kanjo et al. (2018) (fortgeführt in Kanjo et al. (2019))	Nottingham (GB) 	Identifizieren eines datenbasierten Ansatzes, der auf direkten und kontinuierlichen Sensordaten basiert, um die Auswirkungen der Umgebung, physiologischer Veränderungen und Emotionen zu bewerten	x			40 (40/0)	Selbstselektion		x	Microsoft Wristband 2		x	
9	Saitis & Kalimeri (2018)	Reykjavik (Island) 	Verstehen von kognitiv-emotionalen Erfahrungen von sehbehinderten Menschen bei der Navigation in unbekanntem städtischen Umgebungen	?			10 (6/4)	n. a. (freiwillige Teilnahme)	x		E4 Empatica		x	EEG-Device
10	Shovala et al. (2018)	Jerusalem (Israel) 	Objektive und subjektive emotionale Karten der Stadt Jerusalem erstellen, um emotional anregende Bereiche zu identifizieren		x		68 (29/39)	Selbstselektion (am Hostel rekrutiert)		x	E4 Empatica		x	

Nr.	Autor*in/Jahr	Stadt (Land) des Feldtests, Modi	Ziele der Studie	Ansatz			Stichprobengröße (w/m)	Auswahl Teilnehmer*innen	Strecke		Sensoren für EDA	Sonstiges techn. Equipment		
				Methodenzentriert	Emotionszentriert	Planungszentriert			Vordefiniert	Freigewählt		Kamera (Egip-Perspektive)	Smartphone/GPS	Sonstiges
11	Birenboim et al. (2019)	Utrecht (NL) 	Aufzeigen, wie Biosensor-Informationen kontextualisiert und mit Standortinformationen angereichert werden können	x			15 (0/15)	Selbstselektion	x		E4 Empatica		x	Microsoft Band
12	Werner et al. (2019)	Salzburg (AT) 	Untersuchung des Stressempfindens von Radfahrer*innen durch die Quantifizierung physiologischer Messungen und deren räumliche Korrelation als Indikator für die wahrgenommene Fahrradfreundlichkeit	x			21 gesamt, 17 Datensätze wurden herangezogen (9/8)	Selbstselektion (Webseite, Rekrutierung über E-Mail-Verteiler, Uni-Community)	x		E4 Empatica	x	x	
13	Benita & Tunçer (2019)	Singapur (Singapur) 	Untersuchung der Beziehung zwischen städtischen Merkmalen, unmittelbaren Umweltfaktoren, persönlichen Merkmalen und Körperreaktionen		x		10 (10/0)	Selbstselektion	x		E4 Empatica	Smartphone (GPS)	x	Heat-Stress-Meter
14	Kim et al. (2020)	Lincoln, Nebraska (USA) 	Identifizierung von physischen Gegebenheiten, die bei Fußgänger*innen körperliches Unbehagen und/oder emotionalen Stress verursachen		x		30 (15/15)	n. a.	x		E4 Empatica		x	Bewegungssensor
15	Teixeira et al. (2020)	Oxford & London (UK), Houten, Groningen,	Identifizierung der Beziehung zwischen Fahrradinfrastruktur und Stress anhand von fünf verschiedenen Städten		x	x	70 (27/43) (14 Oxford, 14 London, 16 Houten, 15 Groningen,	Selbstselektion (Online- & Papier-Werbung, persönl. Einladungen in Universitätsbereichen und auf der Straße)	x		Bodymonitor Smartband		x	Lärmsensor

Nr.	Autor*in/Jahr	Stadt (Land) des Feldtests, Modi	Ziele der Studie	Ansatz			Stichprobengröße, (w/m)	Auswahl Teilnehmer*innen	Strecke		Sensoren für EDA	Sonstiges techn. Equipment		
				Methodenzentriert	Emotionszentriert	Planungszentriert			Vordefiniert	Freigewählt		Kamera (Egg-Perspektive)	Smartphone/GPS	Sonstiges
		Amsterdam (NL) 					11 Amsterdam)							
16	Resch et al. (2020)	Salzburg (AT), Köln (DE)  	Kombination von objektiven Daten von tragbaren physiologischen Sensoren mit einer eDiary-App, zwei Studien über Fußgänger*innen und Radfahrer*innen in Salzburg und Köln	x			27 (18/9) in Salzburg & 29 (14/15) in Köln (Walkability); 18 (?/?) Salzburg (Bikeability)	Selbstselektion (bestehende E-Mail-Verteiler für empirische Studien)	x	x	E4 Empatica	x	x	Zephyr Bioharness
17	LaJeneuse et al. (2021)	Chapel Hill (USA) 	Erhebung von physiologischen Parametern von Fußgänger*innen, um Auswirkungen von Sicherheitsmaßnahmen auf die „Quality of Service“ abzuschätzen			x	15 (8/7)	Selbstselektion (Massen-E-Mail über den Universitätsverteiler)	x	x	E4 Empatica		x	
18	Rodrigues et al. (2022a)	Sao Carlos (Brasil) 	Vergleich der LTS-Klassifizierung (siehe Kapitel 2.3.5) mit einem Index, der auf den physiologischen Daten von Radfahrer*innen basiert	x			15 (?/?)	n. a.	x		Bodymonitor Smartband	x		

Tabelle 5: Übersicht der identifizierten Studien

3.3 Die Forscher*innen – ein interdisziplinäres Feld

Der Forschungsgegenstand der Humansensorik in der aktiven Mobilität legt nahe, dass sich insbesondere Verkehrs- und Raumplaner*innen mit dieser Thematik beschäftigen, deren Erkenntnisinteresse in der gebauten Umwelt sowie den darin lebenden und sich bewegenden Menschen liegt. Es lässt sich allerdings feststellen, dass eine gewisse Interdisziplinarität – also das „Zusammenwirken von Personen aus mindestens zwei Disziplinen“ (Di Giulio und Defila, 2008, S. 37) – vorhanden ist, die den psychologischen Methoden, der Komplexität der Datenanalyse sowie der Breite und Ausrichtung der Fragestellungen geschuldet sind. Das bedeutet auch, dass sich nicht nur verschiedene Disziplinen mit der Thematik befassen, sondern sich diese zu Teams mit verschiedenen Expertisen zusammenfinden. Tabelle 6 zeigt hier die wesentlichen Fachrichtungen wie Raum-, Stadt- und Verkehrsplanung, Architektur und Urban Design, Geoinformatik sowie verknüpfte Disziplinen wie u. a. Psychologie, Informatik, Mathematik, Psychophysiologie und (Human-)Geographie.

Darüber hinaus wird bei einem Literatur-Mapping deutlich, welche Autor*innen einander zitieren. So sind Beziehungen zwischen den Forschungsansätzen erkennbar. Auf diese Weise wird u. a. deutlich, dass sich viele nachfolgende Papers auf Zeile et al. (2016) beziehen, aber auch auf Shoval et al. (2018) und Osborne et al. (2017).

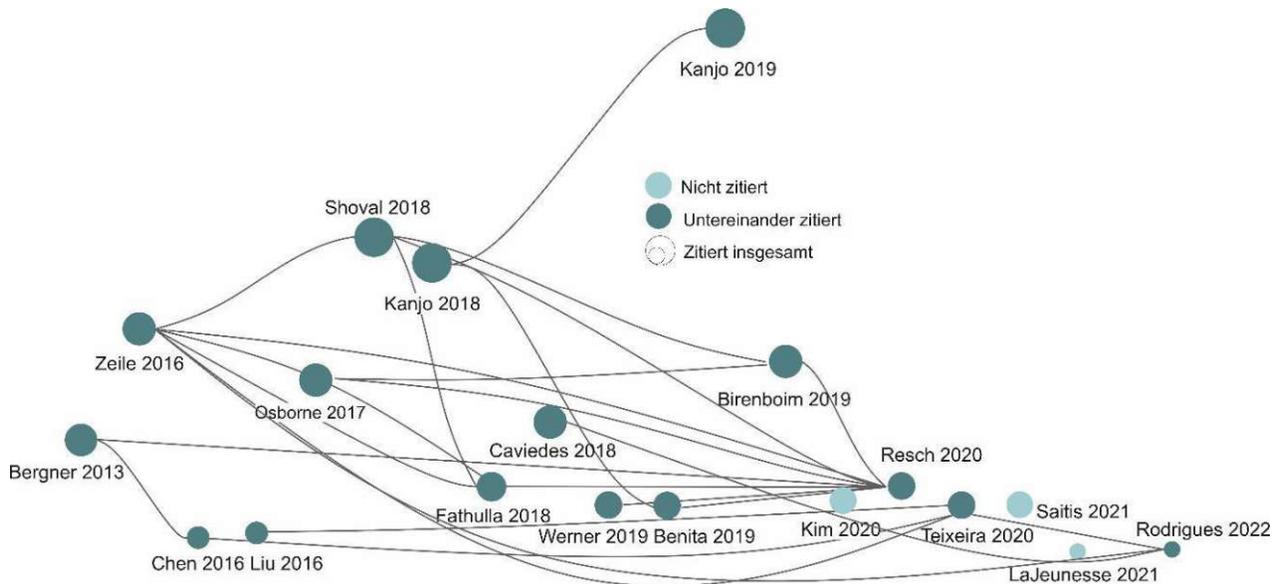


Abbildung 27: Literaturmap der 18 Publikationen der Literaturanalyse (eigene Darstellung nach Litmaps)

Die identifizierten Studien stammen überwiegend aus den USA, Großbritannien und dem deutschsprachigen Raum. In Australien, Neuseeland und Afrika sind keine Forschungstätigkeiten bekannt, was nicht bedeutet, dass diese nicht stattfinden. Zu finden sind beispielsweise wissenschaftliche Artikel zum Thema Stress und Autofahren, die mit ähnlichen Methodenbausteinen, EDA und auch „Echtzeit“-Daten Erkenntnisse erheben (Rastgoo et al., 2018). Auch wenn die Erkenntnisse im Hinblick auf Methodik, Grenzen und Herausforderungen der Humansensorik durchaus ähnlich sind, werden diese Studien nicht weiter berücksichtigt.

3.4 Herangehensweisen der Datenauswertung

Die Hintergründe der Datenauswertung von Hautleitfähigkeit wurden im Kapitel 2.1.4.1 beleuchtet. In den identifizierten Studien existieren verschiedene Ansätze der Auswertung, die sich in der deskriptiven, der strukturerkennenden und der strukturprüfenden Analyse unterscheiden.

Vorab erfolgt allerdings ein Beispiel der **Datenaufbereitung**, die Kyriakou et al. (2019) beschreibt und die u. a. in Werner et al. und Resch 2020 angewendet wurde.

1. Um Datenrauschen zu minimieren, wurden die Rohsignale unter Anwendung von Hochpass- und Tiefpassfiltern (Filter, die Frequenzen oberhalb oder unterhalb ihrer Grenzfrequenz dämpfen) bereinigt.
2. In diesem Fall wurden auch die physiologischen Signale von 4 Hz auf 1 Hz heruntergerechnet, um einen Wert pro Sekunde zu erhalten.
3. Fehlende Werte wurden mit Durchschnittswerten ergänzt (dem Durchschnitt des vorherigen und des nächsten Wertes aus dem Datensatz)
4. Anschließend erfolgte die Zuordnung diese Werte zum Standort des Smartphones, also den GPS-Daten.

Es lassen sich drei Ebenen der Datenauswertung, die sich in der Komplexität der statistischen Verfahren unterscheiden, identifizieren.

(A) Deskriptive, strukturerkennende Analysen: Stresspunkt identifizieren, verorten und qualitativ interpretieren

(B) Strukturprüfende Analysen, bivariat: Zusammenhang zwischen Stresspunkt und anderer Variable erkennen (einfache Korrelationen)

(C) Strukturprüfende Analysen, multivariat: Zusammenhang zwischen Stresspunkt und mehreren Variablen erkennen (multivariate Korrelation)

(A) Deskriptive Analysen:

Physiologische Signalvariation: Die wohl gängigste Herangehensweise ist die Ableitung von Stress aus der Variation des physiologischen Signals (siehe auch Kapitel 2.1.4), wie auch Resch et al. (2020) in einer Studienübersicht feststellen. Vorher erfolgt die Aufbereitung (z. B. Beseitigung von Artefakten) sowie die Festlegung des Stressindikators (z. B. Dauer des Anstiegs der HLF). Diese Stressmomente sind hinsichtlich der Anzahl von Teilnehmer*in zu Teilnehmer*in unterschiedlich. Eine GIS-basierte Analyse ermöglicht die Normierung der Stressmomente (z. B. nach Zeiteinheiten). Die Visualisierung erfolgt zumeist durch die Verortung der Stresspunkte in einer Karte und/oder in Form von Heatmaps, (siehe auch Kapitel 2.2.2), die es ermöglichen, Häufungen von Stressmomenten an bestimmten räumlichen Bereichen zu erkennen.

Eine Weiterentwicklung der geläufigen Auswertung bietet Kyriakou (2019) **mit einem regelbasierten Algorithmus** zur Erkennung von Stressmomenten. Dieser basiert auf mehreren Schritten:

1. Definition von Kriterien und Schwellenwerte für die Stresserkennung.
2. Gewichtung der einzelnen Regeln aufgrund der Annahme, dass jede Regel eine bestimmte Signifikanz aufweist, um Stress zu bestimmen.

3. Festlegung eines Punktesystems, welches es ermöglicht, den Grad der Regelerfüllung zu bewerten.

Der Algorithmus bewertet die Regeln und vergibt in Folge den Score von 0, 0,5 oder 1, der jeweils mit der Gewichtung der einzelnen Regeln multipliziert wird. Ein Gesamtscore wird somit berechnet, welcher maximal 100 Punkte erreichen kann. Liegt der Wert über 75, wird ein Stressmoment identifiziert (Kyriakou et al., 2019).

(B u. C) Strukturprüfende Analysen (bi- und multivariat):

Strukturprüfende Verfahren werden angewendet, um Unterschiede oder Zusammenhänge zwischen verschiedenen Variablen zu identifizieren. Geprüft wird die kausale Abhängigkeit von einer Variable zu einer oder mehreren anderen, unabhängigen Variablen (Backhaus et al., 2016). Folgende Verfahren lassen sich in den Studien identifizieren.

Beim **t-test** geht es um die Frage, ob sich die Mittelwerte zweier unabhängiger Stichproben unterscheiden. Bei abhängigen Stichproben wird der paired t-test angewendet, welcher aufgrund der Messwiederholung (anhand der gleichen Teilnehmer*innen) bei Caviedes & Figliozzi (2018) verwendet wurde. Dabei konnte u. a. festgestellt werden, dass das durchschnittliche Stressniveau während der Hauptverkehrszeiten höher ist als in den Nebenverkehrszeiten. (Caviedes & Figliozzi, 2018).

Korrelationen und Regressionen sind ebenfalls eine statistische Analyse, um Zusammenhänge zu identifizieren (Kanho et al., 2018; Saitis & Kalimeri, 2018). Teixeira et al. (2020) nutzten beispielsweise diese Analyse, um die Beziehung zwischen Straßenmerkmalen und Stress in einer **mehrstufigen logistischen Regressionsanalyse (multivariat)** zu bewerten, wobei die Variablen zur Fahrt (Ebene 1) wie Straßentyp, Straßenhierarchie, Straßenrichtung, Kreuzung sowie Merkmale der Teilnehmer*innen (Ebene 2) wie Alter, Geschlecht und Häufigkeit der Fahrradnutzung verschachtelt wurden.

Random effects model: Neben Korrelation und t-test wird bei Caviedes & Figliozzi (2018) ein Modell zur Bestimmung zufälliger Effekte verwendet, um individuelle Effekte zu berücksichtigen. „Das Modell erlaubt die Variabilität zwischen den Teilnehmer*innen. Dies ist wichtig, da die Teilnehmer*innen nicht die gleiche Reaktion oder den gleichen EDA-Peak haben, wenngleich sie sich in einer kontrollierten Umgebung befinden und mit dem gleichen stressigen Ereignis konfrontiert werden“ (ebd. übersetzt).

Es lassen sich auch Tendenzen hin zu Machine- und Deep-Learning erkennen, um Emotionen besser zu klassifizieren (Biagetti et al., 2018; Kanho et al., 2019). Aufgrund der noch zu geringen Zahl von gelabelten Datensätzen führte dies bisher zu keinen zuverlässigen Ergebnissen. Bei anderen physiologischen Signalen wie EEG wurden Machine-Learning-Algorithmen erprobt – mit variierenden Ergebnissen hinsichtlich der Genauigkeit (Biagetti et al., 2018).

Dieses Analyseverfahren ist weniger „visuell“, was bedeutet, dass auf kartographische Darstellungen und Verortung im Raum eher verzichtet wird, mit einigen Ausnahmen. Die Darstellung erfolgt vorwiegend in Tabellenform.

Welcher Analyseansatz gewählt wird, ist vermutlich abhängig von den Kompetenzen und Interessen der Forschenden, allerdings lässt sich ein Trend zu den strukturprüfenden Verfahren erkennen.

Nr.	Autor*in/ Jahr	Physiologische Parameter	Weitere Erhebungsmethoden	Analyse- methode (s. o.)			Grenzen und Verbesserungen	Identifizierte Stressoren	Involvierte Disziplinen
				A	B	C			
1	Bergner et al. (2013) 	EDA	n. a.	x			Höhere Teilnehmer*innenzahl nötig; Kombination mit virtueller Umgebung angedacht	Kreuzungen; Überqueren der Straße; schlechte oder fehlende Pflasterung; Lärm, Gedränge; hohes motorisiertes Verkehrsaufkommen	#Raumplanung, #Architektur, #Mathematik
2	Liu & Figliozzi (2016) 	EDA	n. a.	x	(x)		Keine Limitationen; künftig mehr Städte, Infrastrukturen und Teilnehmer*innen	Fahrradweg auf Fahrbahn, blockierte Radwege (durch Menschen, Schilder, Autos), Spitzenstunden, Kreuzungen, abbiegende Autos	#Mobilität, #Modelling, #Statistik
3	Zeile et al. (2016) 	EDA	Befragung über App	x			Ergebnisse nur qualitativ interpretierbar; lediglich eine Emotion abbildbar; Kooperation mit Psychologie notwendig	Dicht vorbeifahrende Autos, lange Wartezeiten bei starkem Verkehr; beschädigte Straßenbeläge	#Raumplanung, #Geoinformatik
4	Layeb et al. (2016) 	EDA	Befragung während Begehung (nicht genau spezifiziert)	x			Genauigkeit der EDA-Kurve	Lärmstress: Geräusche von Autos, Fußgänger*innen, Motorrädern, Straßenhändler*innen; Autobremsen, Polizeipfeifen	#Architektur, #Psychophysiologie, #Urban design
5	Osborne & Willis (2017) 	EDA	Qualitatives Interview beim Betrachten des Videos (self-report)	x			Artefakte in der realen Umgebung; Einfluss durch Erinnerungen und persönliche Erfahrungen	Enge, befahrene Straße (positiv: Grünräume)	#Humangeographie
6	Fathullah & Willis (2018) 	EDA	Verfolgung durch Forschende	x			Geringe Anzahl von Teilnehmer*innen, Genauigkeit der EDA; verschiedene urbane Settings, genauere Betrachtung von Kreuzungen; Potenzial als Beteiligungsmethode	Straßenkreuzungen und Einmündungen; Gebiete mit hohem städtischen Verkehrsaufkommen (positiv: Park; Gebiete mit mehr Grünflächen und natürlichen Merkmalen sorgen für eine weniger stressige Atmosphäre)	#Urban design, #Architektur

Nr.	Autor*in/ Jahr	Physiologische Parameter	Weitere Erhebungsmethoden	Analyse- methode (s. o.)			Grenzen; Verbesserungen	Identifizierte Stressoren	Involvierte Disziplinen
				A	B	C			
7	Caviedes & Figliozza (2018) 	EDA	n. a.		x		Übertragbarkeit auf andere Städte/Infrastrukturen, Kosten und Komplexität; künftig verschiedene Infrastrukturen, städtische Gebiete und mehr Teilnehmer*innen, Routenwahl nach Stresslevel; Vergleich Fragebogen und EDA, Vergleich verschiedener Modi	Verkehrsspitzenstunden, hohes Verkehrsvolumen, Kreuzungen, Radweg auf Fahrbahn	#Mobilität, #Modelling, #Statistik
8	Kanjo et al. (2018) 	EDA (+HR, Body-Temp., noise)	Befragung			x	Unklar, welche Variablen das Individuum tatsächlich beeinflussen; künftig mehr Sensoren und räumliche Segmentierung	Lärm und Sonneneinstrahlung	#Computing, #Informatik
9	Saitis & Kalimeri (2018) 	EDA (+EEG)	n. a.	x	x		Geringe Stichprobengröße, Zuverlässigkeit des Sensors	Fahrbahn kreuzen, Baustellen	#Psychologie, #Social science, #Computing
10	Shovala et al. (2018) 	EDA	Befragung über App		x		Verzerrung durch Mittelwertbildung und Aggregation, Kontext; kleineres räumliches Gebiet und längere Testdauer	Nicht spezifiziert, verschiedene touristische Orte	#Geographie, #Psychologie
11	Birenboim et al. (2019) 	EDA (HR, HRV)	Befragung danach; Ranking der verschiedenen Routensegmente	x	(x) t-test		Kleines, homogenes Sample; kurze Erhebungsdauer, Wearable nicht sensitiv genug, um Veränderungen der EDA zu erfassen, unkontrollierbare Bedingungen in der realen Umgebung (noise, Fehler)	Straßenkreuzungen	#Geographie, #Urban development, #Mental health
12	Werner et al. (2019) 	EDA	Befragung (via Smartphone)	x			Abweichung zwischen dem gemessenen und dem berichteten Stressniveau, subjektive Präferenzen; Berücksichtigung anderer sozialer Gruppen; Relation MOS und räumliche Muster	Generell auf Straßensegmente, keine bestimmten Stressoren	#Geoinformatik

Nr.	Autor*in/ Jahr	Physiologische Parameter	Weitere Erhebungsmethoden	Analyse- methode (s. o.)			Grenzen; Verbesserungen	Identifizierte Stressoren	Involvierte Disziplinen
				A	B	C			
13	Benita & Tunçer (2019) 	EDA (+Noise, Heat)	Befragung (vorher/nachher)		x		Geringe Stichprobe; Feldtest bei heißem, feuchten Wetter; künftig andere Orte in Betracht ziehen	Grünflächen, Himmelsausrichtung, bebautes Gebiet oder visuelles Durcheinander	#Design, #Architektur
14	Kim et al. (2020) 	EDA (+BVP)	n. a.	x	(x)		Vordefinierte Route, keine alltägliche Situation, Zusammenspiel verschiedener physiologischer Signale; vulnerable Gruppen mit einschließen	Abgerissene Häuser; Äste, die in den Gehweg ragen; bellender Hund, kein Gehweg oder defekte Gehwege	#Engineering, #Informatik
15	Teixeira et al. (2020) 	EDA	Befragung, Verfolgung durch Forschenden			x	Geringe Teilnehmer*innenzahl in jeder Stadt; Zusammenhang mit Fahrradkultur, Vorher-Nachher-Untersuchungen bei Umbaumaßnahmen	Abbiegen nach links oder rechts, gemeinsame Fahrbahnnutzung, hohe Lärmbelastung	#Mobilität, #Raumplanung
16	Resch et al. (2020)  	EDA (+HRV)	Befragung	x			Stichprobengröße und Zusammensetzung, Reliabilität und Auswahl der Strecke (vordefiniert/frei), reale Umgebung; automatische Korrelation zwischen Befragung und Stressmoment	Nicht spezifiziert (Ort des Stressmoments gemappt)	#Geoinformatik
17	LaJeunesse et al. (2021) 	EDA (+photoplethysmography (PPG) sensor (blood volume pulse, HR))	Befragung			x	Aufgrund der Langzeitstudie über mehrere Tage gingen viele Datensätze verloren (40 Fahrten); zwei Gründe: Teilnehmer*innen vergessen, Band mit Smartphone zu synchronisieren oder dieses zu laden oder Strecken waren zu kurz; Topographie nicht berücksichtigt	Umgebungen mit industrieller und gemischter Flächennutzung (z. B. Büros, Einzelhandel, Wohngebiete) entlang von Sammel- und Hauptverkehrsstraßen, Verkehrsaufkommen, Lärm	#Mobilität
18	Rodrigues et al. (2022a) 	EDA			x		Keine Korrelation zwischen LTS und physiologischem Stress	Keine (ursprüngliche Hypothese, dass Mischverkehr mehr Stress bei den Radfahrer*innen auslöst, konnte nicht bestätigt werden)	#Mobilität, #Raumplanung

Tabelle 6: Identifizierte Studien mit Analysemethoden, Grenzen und identifizierten Stressoren

3.5 Identifizierte Stressoren

In der Literatur lassen sich einige Stressoren beim Zufußgehen und Radfahren sowie, im Umkehrschluss, „entspannende Räume“ identifizieren. In Bezug auf die Stressoren, welche in der Psychologie zu finden sind, handelt es sich hierbei um äußere Stressoren und teilweise um Leistungsstressoren wie Zeitdruck (vgl. Kapitel 2.1.3.1), allerdings lassen sich nicht so viele wie erwartet in den Studien herausfiltern. Zum einen lag der Fokus häufig auf der methodischen Weiterentwicklung und zum anderen ist die Zuordnung der Emotion zur infrastrukturellen Umgebung schwierig, um konkrete Aussagen hinsichtlich des Auslösers zu erlauben.

Auch wenn die Studien mit Fußgänger*innen als Fokus deutlich umfassender sind (12 von 18, wobei eine davon beide Modi betrachtet), lassen sich nur wenige Stressoren erkennen. Die Designqualitäten spielen allerdings bei Fußgänger*innen eine größere Rolle. Ein Grund könnte die geringere Geschwindigkeit sein, die eine umfassendere Wahrnehmung der Umwelt zulässt. Beim Fahrrad konnten mehrere stressauslösende Faktoren im physischen Spektrum identifiziert werden (Caviedes & Figliozzi, 2018; Liu & Figliozzi, 2016; Resch et al., 2020; Teixeira et al., 2020; Werner et al., 2019; Zeile et al., 2016): Folgende Tabelle fasst die Stressoren nochmals zusammen.

Kategorie		Fahrrad	Fußgänger*in
Physische Merkmale als Stressoren	Rad- oder Gehweg	<ul style="list-style-type: none"> Beschädigte Oberflächen, unebener Straßenbelag* (Fahren auf glattem Beton verringert die Stress-Wahrscheinlichkeit**) Hindernisse, Baustellen* Bordsteinkanten*,***, Überholvorgänge des MIV Wartezeiten an LSA Engstellen* Gegenverkehr* Abbiegevorgänge (Fahrrad) 	<ul style="list-style-type: none"> Schlechte oder unzureichende Gehwege Engstellen am Gehweg
	Straßen	<ul style="list-style-type: none"> Hohes Verkehrsaufkommen, Verkehrsspitzenstunden → hohe Lärmbelastung) (Stress-Wahrscheinlichkeit ist 14 % höher auf „Primärstraßen“**) Kreuzungen* (Stress-Wahrscheinlichkeit ist höher, wenn Radfahrer*innen in eine Straße einbiegen müssen. Abbiegen auf die gleiche oder andere Straßenseite erhöht die Stress-Wahrscheinlichkeit um 28 bzw. 25 Prozentpunkte**) Einfädeln* Abbiegevorgänge mit Autobeteiligung Gemeinsame Fahrbahnnutzung mit MIV (Stress-Wahrscheinlichkeit ist 14 % geringer auf baulich getrennten Radwegen**) Signalisierte Knotenpunkte *** 	<ul style="list-style-type: none"> Kreuzungen und Queren von Straßen Hohes motorisiertes Verkehrsaufkommen → hohe Lärmbelastung (durch Autos, andere Fußgänger*innen, Motorräder, Bremsgeräusche) Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmer*innen z. B. beim Queren bei hohem Verkehrsaufkommen
	Sonstige	<ul style="list-style-type: none"> Dooring*,*** Topographie Dunkle Unterführungen *** 	<ul style="list-style-type: none"> „Crowdiness“ = wenig Platz, viele weitere Verkehrsteilnehmer*innen
Designqualitäten als Stressoren		<ul style="list-style-type: none"> Unklare Wegeführung* 	<ul style="list-style-type: none"> Unattraktive Umgebung Hohe Sonneneinstrahlung Visuelles Durcheinander Abgerissene, baufällige Häuser

Tabelle 7: Übersicht der identifizierten Stressoren, *aus Groß & Zeile (2016); ** aus Teixeira et al. (2020); *** aus Mellinger (2022)

Es ist schwierig, herauszustellen, welche Stressoren vermehrt auftreten. Auch sind die Aussagen zu den Stressoren eher abstrakt und nicht zu quantifizieren. Die Operationalisierung bzw. die Definition von spezifischen Indikatoren ist kaum gegeben. Darüber hinaus sind Überschneidungen zwischen den Studien hinsichtlich der Stressoren schwer zu beschreiben, da die Forschungsfragen und Schwerpunkte sehr unterschiedlich gelagert sowie das Hauptinteresse der methodischen Weiterentwicklung verschieden waren (mehr dazu in Kapitel 7.2).

Den größten planerischen Bezug mit Operationalisierungstendenzen hinsichtlich Radfahrer*innen unternahmen Groß & Zeile (2016), in der Tabelle mit * markiert. Diese Studie ist nicht Teil der Literaturanalyse, da es sich um eine Abschlussarbeit handelt, soll jedoch trotzdem aufgrund der relevanten Kategorisierung an dieser Stelle kurz aufgegriffen werden. Die Autor*innen identifizierten „Trigger“, die auf Stressereignisse schließen lassen und gleichzeitig eine planerische Relevanz aufweisen. Diese wurden vor dem Feldtest festgelegt und dann mithilfe der Befahrung durch Teilnehmer*innen überprüft. Auch in dem Beitrag von Teixeira et al. wurde die Relation zwischen Straßenmerkmalen – den definierten Kategorien und Stress – mithilfe einer **mehrstufigen logistischen Regressionsanalyse** bewertet, die in der Tabelle ebenfalls nochmals aufgegriffen wird (**), da es sich um die Analyse von Straßensegmenten anstatt von punktuellen Stressoren handelt, wie es auch in der Bewertung der Walkability und Bikeability sowie dem Level-of-Traffic-Stress der Fall ist (siehe Kapitel 2.3.5).

Zu erwähnen ist des Weiteren die Dissertation von Nicolas Mellinger (2022), die subjektive Daten aus Befragungen und objektive Daten aus der Stressmessung mit Radfahrer*innen (n = 60) miteinander verglichen hat. Die Route wurde in verschiedene Segmente (Typen der Radinfrastruktur und Knotenpunkte mit verschiedenen Regelungen für den Radverkehr) aufgeteilt und die Teilnehmer*innen bestimmten Radfahrtypen zugeordnet. Die identifizierten Stressoren (***) decken sich teilweise mit den bereits in Tabelle 7 aufgelisteten.

3.6 Grenzen und Ansatzpunkte der (eigenen) Forschung

Die Grenzen der Forschung sowie der künftige Forschungsbedarf wurden im Sinne eines wissenschaftlichen Mehrwertes in sämtlichen Publikationen thematisiert, welche hier nochmals sortiert aufgegriffen werden sollen. Diese wurden nach den Grenzen der Messgeräte, den Forschungsdesigns und der Auswertung gefiltert. Zudem wurden Ansatzpunkte der (eigenen) Forschung herausgearbeitet.

		Grenzen gemäß der systematischen Literaturanalyse	Ansatzpunkte der (eigenen*) Forschung
Messgeräte	Methoden & Werkzeuge auswählen – Genauigkeit der Messgeräte	<p>Die Ergebnisse sind in hohem Maße abhängig von der Genauigkeit und der korrekten Handhabung der Sensoren. Ein laufender Benchmark wurde von Projektpartner z_GIS in Walk & Feel (Fallbeispiel 1, Kapitel 4) erstellt, wobei das medizinisch zertifizierte Empatica E4 eine hohe Genauigkeit bei der HLF aufweist (internes Dokument).</p> <p>Dies ist konsistent mit Studien, die auf andere Hardware (meistens kostengünstigere Modelle) zurückgreifen und die Zuverlässigkeit infrage stellen (Saitis & Kalimeri, 2018) oder auch Mängel im Vergleich zu teuren Geräten vermuten (Fathullah & Willis, 2018, S. 10).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verwendung medizinisch zertifizierter Geräte ist ratsam (siehe FB1 und FB2)*; dies ist jedoch eine Preisfrage und limitiert die Anzahl der Geräte, die Forscher*innen anschaffen können
	Methoden & Werkzeuge auswählen – Kosten	<p>Auch wenn nur einzelne Studien (Caviedes & Figliozzi, 2018) darauf eingehen, sollte auf die verhältnismäßig hohen Kosten der Wearables und den Aufwand der Datenanalyse hingewiesen werden. Dies stellt auch eine Limitation der Forschung dar, da eventuell nur wenige bessere oder lediglich „low-cost“-Geräte erworben bzw. geliehen werden können (Stichwort: Testökonomie).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Wearables für mehrere Forschungsprojekte anschaffen oder diese zwischen verschiedenen Forschungsinstituten teilen, z. B. in einem Living Lab (siehe FB1, aspern.mobil LAB)* - Dennoch schwierig, da Handlungsspielraum von öffentlichen Fördergeldern abhängig ist
Forschungsdesign	Homogene Stichprobe	<p>Die Stichprobengröße wird durchwegs als Limitation erwähnt. Auch wird angemerkt, dass eine höhere Anzahl gleichzeitiger Teilnehmer*innen zu robusteren Ergebnissen führen würde. Die Gründe für kleine Samples sind vielfältig:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Rekrutierung, das Ausstatten mit Sensoren sowie die Auswertung ist mit einem hohen Aufwand verbunden. - Darüber hinaus limitieren die verfügbaren Wearables den Spielraum hinsichtlich der Stichprobengröße, da meist nur wenige Sensoren gleichzeitig verfügbar sind. - Es hat sich ebenfalls gezeigt, dass es sich bei den rekrutierten Teilnehmer*innen um Selbstselektion handelte (die Person erklärte sich freiwillig zur Teilnahme bereit, daher handelte es sich um keine Zufallsauswahl). Des Weiteren stammten die Teilnehmer*innen aus dem Umfeld der Forschenden und stellten eine eher homogene Gruppe dar; oder, wie es Shoval (2018) beschreibt: „In general, the sample can be characterized as ‘WEIRD’—Western, Educated, Industrialized, Rich, and Democratic“ (nach Henrich et al., 2010). 	<ul style="list-style-type: none"> - Stichprobengröße ist stets eine Herausforderung in der Forschung - Bemühungen, eine höhere Teilnehmer*innenzahl anzustreben (siehe FB1, 67 Teilnehmer*innen)* - Rekrutierung funktioniert effektiver über Incentives; hier sollten auch Gruppen angesprochen werden, die sich wenig für Forschung interessieren* - Künftig eventuell kostengünstigere, massentaugliche Wearables, die in Alltagswegen praktisch einsetzbar sind und Langzeitmessung ermöglichen
	Teilnehmer*innen: Datenschutz klären	<p>Lediglich wenige wissenschaftlichen Artikel greifen die Thematik des Datenschutzes tatsächlich auf. Bireboim (2019) erwähnt dazu: „Privacy is obviously of high concern when it comes to e-health in general and sensing technologies more specifically“. Das Bewusstsein bzw. die Sensibilität insbesondere in Bezug auf Positionsdaten haben sich weiterentwickelt.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Datenschutz, insbesondere die Bewegungsdaten, sollte ernst genommen und mit den verantwortlichen Behörden (Rechtsabteilung der Institution) abgeklärt werden*

	Grenzen gemäß der systematischen Literaturanalyse	Ansatzpunkte der (eigenen*) Forschung
	<p>Hierbei wurden insbesondere das Smartphone und die mögliche Nachvollziehbarkeit bestimmter Bewegungsmuster und weniger die physiologischen Daten oder auch Gesundheitsdaten thematisiert, auch wenn von HLF nicht wirklich ein Gesundheitszustand abzuleiten ist.</p>	
Teilnehmer*innen: ethische Belange klären	<p>Aus den wissenschaftlichen Artikeln geht nicht immer ganz klar hervor, inwiefern eine Auseinandersetzung mit den (forschungs-)ethischen Belangen stattgefunden hat.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass u. a. die Teilnahme an einem Feldtest und die Erfassung physiologischer Daten einer genauen Prüfung dieses Aspekts bedarf, um auch einer „dystopischen Angst“ vor Überwachung adäquat zu begegnen (Birenboim et al., 2019). - Bewusstseinsbildung, welche Daten gesammelt und ob diese für politische oder kommerzielle Zwecke verwendet werden, ist ebenso wichtig (Fathullah & Willis, 2018). - Die Involvierung eines Ethik-Komitees, das das Vorhaben oder die Einwilligungserklärung vorab geprüft hat, wurde ebenfalls erwähnt (Birenboim et al., 2019; Kanjo et al., 2018; Shoval et al., 2018). <p>Dies soll nicht bedeuten, dass andere Forscher*innen diese Aspekte ignoriert haben. Zum Beispiel haben Kounadi & Resch (2018) diesen Aspekt in einem anderen Journalbeitrag detailliert beleuchtet.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ethische Belange vorab mit Expert*innen abklären (z. B. Ethik-Komitee, siehe FB 2)* - Teilnehmer*innen umfassend aufklären* - Besondere Anforderungen berücksichtigen, wenn es um vulnerable Zielgruppen geht, wie Kinder (siehe FB 2)*
Vordefinierte Strecken vs. tägliche Routen	<p>Forschungsdesigns geben häufig vor, welche Routen bzw. Strecken absolviert werden sollen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Ergebnisse sind in derartigen Fällen nicht 1:1 für tägliche Rad- oder Fußwege übertragbar, da die Teilnehmer*innen auf vordefinierten Strecken unterwegs sind und das Erlebnis sich von Alltagswegen unterscheidet (Kim et al., 2020). - Auch Resch et al. (2020) stellen die Frage, ob es für die Ergebnisse einen Unterschied macht, wenn Teilnehmer*innen selbst ihren Weg wählen oder auf einem vorher definierten unterwegs sind. Für den vorgegebenen Weg spricht, dass die Ergebnisse evidenter werden, je mehr Menschen einen „Hotspot“ passieren. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rollout für Alltagswege: viele Menschen sammeln Daten im Alltag (Apps fehlen dahingehend noch, die Frage ist auch, ob es dafür einen Markt gibt) - Vordefinierte Strecken sind hinsichtlich der Testökonomie nachteilig, da nur eine kurze Strecke erfasst werden kann, aber gleichzeitig ein gezieltes Abgehen/Abfahren von kritischen Strecken ermöglicht wird (siehe FB 1)* - Andererseits ermöglichen tägliche Routen das Aufdecken von kritischen Stellen im Verkehrsnetz (siehe FB 2)*
Kurze Messdauer vs. lange Messdauer	<p>Lediglich die Studie mit den Tourist*innen von Shoval et al. (2018) und eine einwöchige Studie von LaJeunesse et al. (2021) wiesen eine längere Messdauer auf als andere Studien.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Somit konnten pro Individuum mehr Daten erhoben werden, dennoch konnten diese bei Shoval et al. (2018) schwer überlagert werden (nur wenige Messpunkte für geographische Orte). 	<ul style="list-style-type: none"> - Kurze Messdauer (Zeit, um eine definierte Strecke zu absolvieren) bedeutet Kontrolle über das Setting und technische Ausrüstung (siehe FB 1)* - Längere Messdauer (freie Strecke, ein bis mehrere Tage) bedeutet Vertrauen in die Teilnehmer*innen

		Grenzen gemäß der systematischen Literaturanalyse	Ansatzpunkte der (eigenen*) Forschung
		<ul style="list-style-type: none"> - Bei LaJeunesse kam es häufig zu einem Verlust von Datensätzen, da die Geräte nicht synchronisiert oder geladen wurden bzw. manche Fußwege schlichtweg zu kurz für eine Aufzeichnung waren. - Bei einer kürzeren Messdauer ist es der Forscher*in möglich, die Route zu definieren und bestimmte städtebaulich-physische Merkmale bei einer Begehung oder Befahrung mit den Messungen (und ggf. Befragungen) zu evaluieren 	und Bedienungsanleitung/klare Vorgaben zum Umgang mit den Wearables (siehe FB2)*
Grenzen der Auswertung	Labor vs. reale Umgebung	Viele Studien sind damit konfrontiert, dass die Funktionsfähigkeit der Sensoren in der realweltlichen Umgebung eingeschränkt ist. Dies führt dazu, dass: <ul style="list-style-type: none"> - die Auswertung der Daten aufgrund von Artefakten („noises“) schwierig ist bzw. einen Mehraufwand erfordert (Chen et al., 2016); - die Interpretation hinsichtlich der Reize eine Herausforderung darstellt, da auch oft nicht eindeutig ist, welche Variablen einen Einfluss auf das Individuum haben (Kanjo et al., 2018) und was konkret der Auslöser einer emotionalen Erregung war (Osborne & Jones, 2017); - äußere Einflüsse wie das Wetter (Hitze und hohe Luftfeuchte) insbesondere bei den EDA-Sensoren zu verfälschten Ergebnissen führen können (Benita & Tunçer, 2019). 	Die Herausforderung beim Übergang von Labor- zum Realsetting ist nicht zu vernachlässigen, dennoch existieren Ansatzpunkte zur Verbesserung: <ul style="list-style-type: none"> - Artefakte limitieren (bessere Hardware, zuverlässiges Tragen, händische Glättung)* - Validierung und Introspektion (siehe Kapitel 5.6)* - Wetterkonstante Settings wählen*
	Verschiedene Datenquellen in Einklang bringen	Bei den meisten Studien wird von HLF als Indikator für negative Emotion bzw. Stress ausgegangen. Dennoch: <ul style="list-style-type: none"> - Eine Ergänzung mit anderen physiologischen Messungen ist notwendig (Zeile et al., 2016), denn auch positive Emotionen sind zur Bewertung des Raumes bzw. der Mobilität wichtig. - Darüber hinaus ist es auch eine Herausforderung, verschiedene physiologische, quantitative Daten untereinander und mit qualitativen Daten in Einklang zu bringen und zu interpretieren (Kim et al., 2020). 	<ul style="list-style-type: none"> - Positive Emotionen sind, wie in Kapitel 2.1.4 beschrieben, über physiologische Signale schwierig zu erfassen. - Es braucht automatisierte Datenauswertungen, die die Daten synchronisieren. Kyriakou et al. (2020) verfügen bereits über einen semi-automatisierten Algorithmus (vgl. FB1) und haben auch die entsprechende Erfahrung und Routine in der Synchronisierung verschiedener Datenquellen.
	Individuelle Ebene vs. Übertragbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Bei der Forschung zu Humansensorik werden ja die individuellen – keine kollektiven – (negativen) Emotionen erhoben, die auch oft von persönlichen Erfahrungen und Erinnerungen beeinflusst sind (Osborne & Jones, 2017). - Shoval et al. (2018) stellen fest: „averaging a ‘negative’ and a ‘positive’ emotion does not make the place a ‘neutral’ emotionally arousing area.“ Dies ist ein generelles Problem aggregierter Datensätze. Es ist daher zu hinterfragen, ob diese auf eine Gesamtheit übertragbar sind und häufig wird nach Shoval et al. (2018) angedeutet, „spatial-emotional interactions from the individual perspective [...] may be used to learn about the environment in which these interactions took place.“ 	<ul style="list-style-type: none"> - Auch individuelle Emotionen können erhoben werden und sind womöglich für die eigenen Erfahrungen (siehe Kapitel 2.1.6) oder auch für Partizipation relevant („Wieso fühle ich mich so an diesem Ort?“). - Überwiegend werden in der Humansensorik physiologische Signale erfasst, die negative Emotionen ableitbar machen. Dies hat dennoch eine Aussagekraft hinsichtlich der Qualität eines öffentlichen Raumes. Allerdings erlauben Multi-Methoden-Ansätze* dann auch, positive Emotionen zu erfassen und unterschiedliche Datenlayer zu vergleichen.

	Grenzen gemäß der systematischen Literaturanalyse	Ansatzpunkte der (eigenen*) Forschung
		<ul style="list-style-type: none"> - Ein größeres (repräsentatives) Sample* würde eventuell eine Übertragbarkeit möglich machen
Gemessener vs. berichteter Stress	<p>Da meist ein Methoden-Mix angestrebt wird, um den gemessenen Stress mit dem berichteten Stress abzugleichen, lassen sich Divergenzen feststellen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Als eine Erklärung beschreibt Werner et al. (2019), dass diese Erkenntnis das Resultat unterschiedlicher Qualität und Intensität der erlebten Stressmomente sein kann. - Eine weitere Möglichkeit ist auch, dass Stress bzw. negative Emotionen nicht immer als solche von den Teilnehmer*innen wahrgenommen werden und deshalb nicht verbalisiert bzw. berichtet werden können. 	<ul style="list-style-type: none"> - Im Umkehrschluss braucht die Forschung den „verbalisierten“ Stress, um die ungenauen physiologischen Daten zu validieren (siehe FB1 Mental Maps, eDiary-App, FB2-Schulwegtagebuch, Interviews)* - Langfristiges Ziel wäre jedoch, auf ergänzende Validierungsmethoden verzichten zu können
Tatsache des „Gemessens-werdens“	<p>Teilnehmer*innen werden mit Wearables ausgestattet, die sie in ihrem Alltag üblicherweise nicht tragen. Dies kann u. a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ihre Bewegungsfreiheit etwas einschränken; - verursachen, dass sie an die Geräte denken bzw. sich dessen kontinuierlich bewusst sind, dass sie gemessen werden, was ebenfalls Einfluss auf die Ergebnisse haben kann (Chen et al., 2016). 	<p>Es kommt zu Verzerrungen durch das Bewusstsein der Teilnehmenden, dass sie „gemessen“ werden, daher wären folgende Punkte anzustreben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integration in die Alltagswege von Teilnehmer*innen(*) sowie - attraktive Wearables, die auch den Anwender*innen nützliche Informationen liefern
Ergebnisse und Kausalitäten (gebauter Raum & Stress) oft nicht evident	<ul style="list-style-type: none"> - Insbesondere bei den deskriptiven Auswerteverfahren sind die Ergebnisse nur qualitativ bewertbar (Zeile et al., 2016) bzw. geben einen Überblick darüber, wo sich kritische Stellen in der Infrastruktur befinden. - Auch bei den strukturprüfenden Auswertungen(z. B. Regressionsanalysen) sind die Ergebnisse jedoch wenig evident, eventuell da die Stichprobe sehr klein war oder eben keine statistische Korrelation festgestellt werden konnte (Caviedes & Figliozzi, 2018; Rodrigues et al., 2022b). 	<ul style="list-style-type: none"> - Stichprobengröße erhöhen - Hypothesen aufstellen, die näher betrachtet werden sollen und ggf. statistisch überprüfbar sind - (Qualitativer) Vergleich verschiedener Gebiete mit variierenden Verkehrsstärken, Fußweginfrastrukturen, baulichen Gegebenheiten etc.*

Tabelle 8: Grenzen und Ansatzpunkte aus der Literaturanalyse (*Ansatz eigene Forschung)

Die **Limitationen** können wie folgt nochmals **zusammengefasst** werden, wobei anzumerken ist, dass nicht alle Limitationen auf alle Studien zutreffen:

- a) keine Zufallsauswahl der Teilnehmer*innen (limitiert durch den Charakter der Rekrutierung und der freiwilligen Teilnahme bzw. Selbstselektion) → geringe Repräsentativität bei nicht definierter Grundgesamtheit
- b) geringe Stichprobengröße³, was den Zufallsfehler erhöht und keine multivariaten, statistischen Verfahren ermöglicht (wobei die Mindeststichprobe von der jeweiligen Forschungsfrage und vom letztendlich gewünschten statistischen Modell abhängt)
- c) keine medizinisch zertifizierten Wearables (wobei es vor einigen Jahren noch kaum Wearables mit dieser Zertifizierung gab)
- d) keine ergänzenden Nutzer*innen-Befragungen zu Soziodemographie, Mobilität etc.
- e) keine bzw. intransparente ethische Abklärung (wobei dies vielleicht geschehen ist, aber unerwähnt bleibt)

An dieser Stelle soll angemerkt werden, dass es zu diskutieren ist, ob beispielsweise Repräsentativität bei allen Studien gleichermaßen notwendig ist, um Stressoren oder kritische Stellen der Infrastruktur zu identifizieren. Dies hängt stark von Forschungsinteresse und -frage ab.

Etwas ausgeklammert wird in den Studien die **Diskussion hinsichtlich wissenschaftlicher Gütekriterien**, die in einem Beitrag (Berger & Dörrzapf, 2018) aufgegriffen wurde und hier nochmals kurz dargelegt werden soll. Die Methoden zur EDA (und auch HRV-Messung) sind in Laborumgebungen etabliert. Die Übertragung auf eine reale Umgebung bedarf allerdings einer weiterführenden Diskussion hinsichtlich der wissenschaftlichen Gütekriterien wie Objektivität, Reliabilität und Validität. Beispielsweise sollte die Objektivität durch die Messung mit Sensoren gegeben und besser vor einer Verzerrung der Versuchsteilnehmenden und des/der Versuchsleitenden geschützt sein als Messungen, die auf Berichten oder Verhaltensbeobachtungen beruhen (Meehan, 2001, S. 14). Dennoch stellt sich die Frage, ob dies auch außerhalb eines Labors zutreffend ist, denn eine vollständige Standardisierung der Testsituation ist nicht möglich. Bei der Hautleitfähigkeit können beispielsweise die Werte aufgrund von körperlicher Belastung oder durch unabhängige „Gedanken“ („Habe ich den Herd ausgemacht?“) ohne Bezug auf die bauliche Umgebung verfälscht werden.

3.7 Fazit aus der systematischen Literaturanalyse

Mit der Literaturanalyse sollte ein umfassendes Bild zu aktuellen Forschungstätigkeiten im Kontext der Messung der HLF bei Fußgänger*innen und Radfahrer*innen erstellt werden. Es lassen sich 18 Studien mit verschiedenen Ansätzen identifizieren, die sich zwischen methodenzentriert, emotionszentriert und planungszentriert unterscheiden, wobei ein deutlicher Fokus auf die Methodenweiterentwicklung gelegt wurde. Grundsätzlich ist festzustellen, dass Humansensorik nach wie vor eine „Nischenforschung“ ist, und die Methode zur Untersuchung der aktiven Mobilität wenig genutzt wird.

³ Wenn eine Radfahrer*innen-Erhebung in Wien stattfinden soll, kann bei einem Modal-Split von 9 % von ca. 162.000 Radfahrer*innen als Grundgesamtheit ausgegangen werden. Bei einem Konfidenzniveau von 95 % und einer Fehlerspanne von 5 % müssten ca. 384 Personen bei der Erhebung teilnehmen. Allerdings ist auch der Charakter der explorativen Forschungsdesigns zu berücksichtigen, die eventuell mit einem geringeren N zu verwertbaren Ergebnissen kommen.

Auch wenn häufig der Anspruch formuliert wird, diese Daten bzw. Methoden in Planungsprozesse einfließen zu lassen, wird wenig verdeutlicht, auf welche Weise dies umgesetzt werden kann und es werden keine Handlungsempfehlungen



Abbildung 28: Anzustrebende Ansätze der Forschungsmotivation und -tätigkeit (eigene Darstellung)

an die Planung formuliert. Da der Fokus der Studien großteils eher auf der methodischen Weiterentwicklung und einem „experimentellen“ Setting lag, konnten in den Studien nur wenige Stressoren identifiziert werden. Auch die Herstellung des oft thematisierten Kontexts zwischen gebauter Umwelt und Stressor konnte nur schwer abgeleitet werden. Somit ist der planerische Bezug äußerst selten gegeben, wodurch die Studien einen eher pilothaften Charakter besitzen und es an analytischer Tiefe hinsichtlich der Datenauswertung fehlt. Dadurch ergibt sich auch der Bedarf an mehr planungszentrierter Forschungsmotivation und -tätigkeit.

Die Forschungsdesigns weisen sehr ähnliche Ansätze hinsichtlich der Realisierung, Teilnehmer*innenzahl und Streckendefinition auf. Die technische Ausrüstung ist unterschiedlich, wobei dies auch der technischen Weiterentwicklung seit 2013 geschuldet ist und sich das E4 von Empatica als CE-medizinisch zertifiziertes Gerät zunehmend durchsetzen konnte.

Beim Blick auf die Forschungsteams bzw. Institutionen der Co-Autor*innen ergibt sich ein sehr interdisziplinäres Bild, wobei die Disziplin der Psychologie – woher die Methode auch ursprünglich stammt – etwas außen vor scheint.

Es lassen sich unterschiedliche Herangehensweisen der Datenauswertung erkennen: Diese variieren von regelbasierten Algorithmen zur Identifikation von Stressmomenten und deren räumlicher Häufigkeit bis zu statistischen Korrelationen bzw. Regressionen von Stressmomenten in Kombination mit infrastrukturellen Gegebenheiten.

Die Limitationen (keine Zufallsauswahl, geringe Stichprobe etc.) und Grenzen der Methode, der Forschungsdesigns, der technischen Ausrüstung (überwiegend der Wearables zur Messung des physiologischen Signals) wurden in allen Studien beschrieben. Ethische und datenschutzrechtliche Aspekte werden nur wenig thematisiert und noch weniger diskutiert. Es werden zwar methodische Anpassungen und Adaptionen des Forschungsdesigns diskutiert, inwieweit diese in der nachfolgenden Forschung aufgegriffen wurden, bleibt schwierig zu bewerten. Aus der Literaturanalyse ergeben sich verschiedene Anknüpfungspunkte für die eigene Forschung, aber auch darüber hinaus für die Forschungscommunity. Zu erwähnen sind unter anderem das Bestreben einer größeren Stichprobe, Einholen von Nutzer*innen-Feedback, Klärung ethischer Belange und die Visualisierung verschiedener Datenquellen. **Abbildung 29 fasst die wesentlichen Grenzen und Ansatzpunkte nochmals zusammen.**

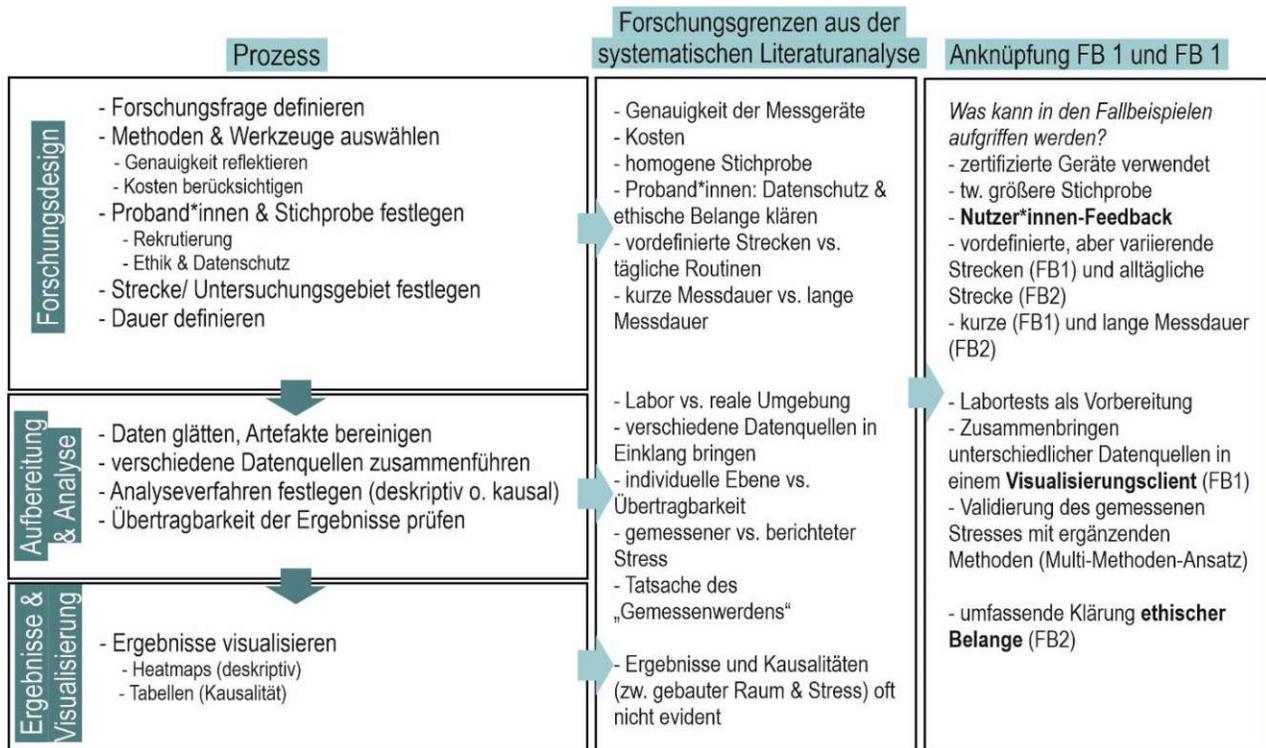


Abbildung 29: Anknüpfungen der Fallbeispiele an die Literaturanalyse, Synthese aus Tabelle 8 (eigene Darstellung)



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist in der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in the TU Wien Bibliothek.

KAPITEL 4

BESCHREIBUNG UND ANALYSE DER FALLSTUDIEN

4 Beschreibung und Analyse der Fallstudien

Im folgenden Kapitel werden zwei Fallstudien vorgestellt, die auf verschiedenen methodischen Vorgehensweisen und Zielgruppen basieren. Nach einer Beschreibung des methodischen Vorgehens werden die zwei Fallstudien „Wohlfühlen beim Gehen“ und „Kinder am Schulweg“ beschrieben, analysiert sowie Überschneidungen und Unterschiede herausgearbeitet. Zu den Fallstudien zählen Forschungs- bzw. Pilotprojekte, in welchen die Verfasserin der Arbeit vom Projektantrag bis zur Finalisierung involviert war.

4.1 Methode der Fallstudienanalyse

Bei Fallstudien wird zwischen Einzelfallstudien (single-case design) und der vergleichenden Fallstudie (multiple-case design) unterschieden. In dieser Arbeit wird Zweitere zur Anwendung kommen. Die vergleichende Fallstudie ist eine Methode, um verschiedene Fälle miteinander zu vergleichen sowie Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu identifizieren (Borchardt & Gätlich, 2007). Dabei wird vor allem im Sinne der qualitativen Forschung der Frage nach dem „Wie“ und „Warum“ nachgegangen. Hier ist die Replikationslogik wesentlich, bei der es darum geht, Erkenntnisse durch Vergleich zu kontrastieren (theoretische Replikation) oder zu wiederholen (literale Replikation) (R. Yin, 2012). Während Yin zwischen diesen Logiken trennt, kann jedoch auch eine Kombination angestrebt werden, bei der, wie in dieser Arbeit, Fälle ausgewählt werden, die sich in den meisten Dimensionen ähneln, aber in wichtigen Details auch divergieren (R. K. Yin, 1994).

Da Fallstudienanalysen kein festgelegtes Methodenrepertoire haben, kommen in dieser Fallstudienanalyse verschiedene Methoden zum Einsatz: Neben der direkten, internen Beobachtung und Dokumentation der eigenen Forschungsarbeit, werden die Fälle auch teilweise mit Expert*innen-Interviews und Gesprächen ergänzt. Tabelle 9 hilft bei der Systematisierung und der Vergleichbarkeit der einzelnen Fälle. Darüber hinaus wurden auch innerhalb der Fallstudien verschiedene Methoden angewendet bzw. Datenquellen herangezogen, die zum einen den Methoden der Humansensorik entsprechen und zum anderen, ergänzende Methoden wie Interviews, Befragungen und Erhebungen zur baulichen Umgebung beinhalten. Diese Triangulation erlaubt eine dichtere Beschreibung und sichert die Qualität der Fallbeispiele. Eine Sonderform dieser Fallstudienanalyse ist die Tatsache, dass es sich um in sich geschlossene Projekte handelt, die eine Innensicht der Forscherin selbst erlauben.

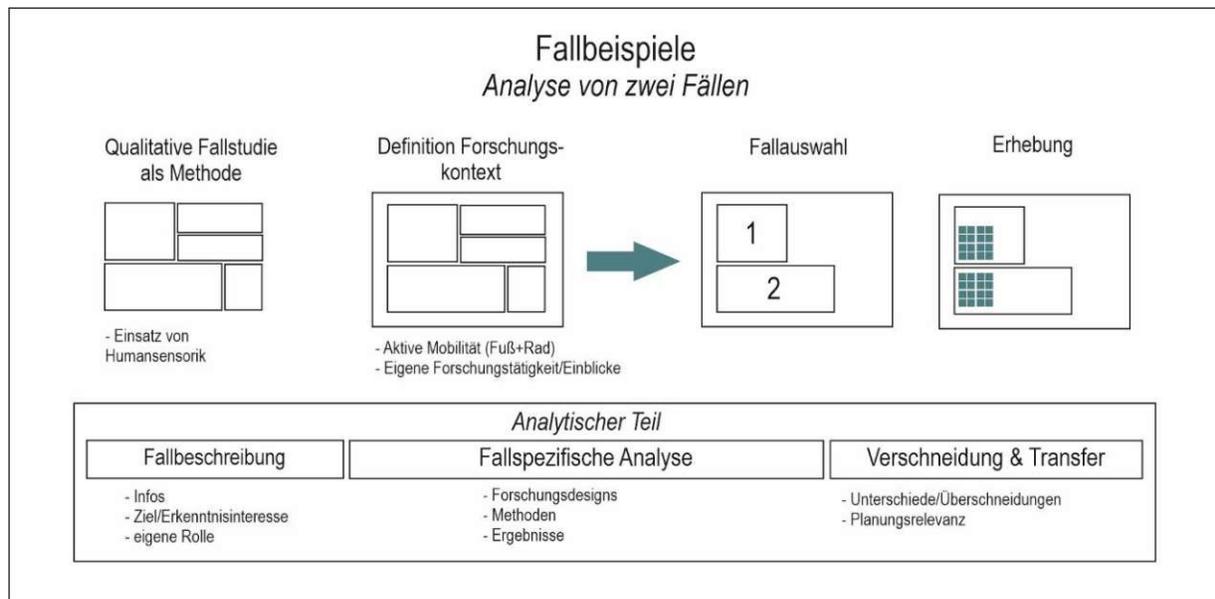


Abbildung 30: Vorgehensweise der Fallstudienanalyse (eigene Darstellung)

Ziele der Fallstudienanalyse sind daher:

- die Erkenntnisse der systematischen Literaturanalyse zu vertiefen
- die In-depth-Darlegung der Forschungsschritte und Ergebnisse
- Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Forschungsprojekte hinsichtlich der Erkenntnisinteressen, der Grenzen und der praxisbezogenen Relevanz zu identifizieren
- das Fundament für die Reflexion hinsichtlich der Planungspraxis in Kapitel 5 zu legen

Festlegung des Forschungskontexts: Es gibt auch keine klaren Verfahrensschritte, daher wurde in dieser Arbeit (vgl. Abbildung 30) zunächst der Forschungskontext definiert, der sich aus der eigenen Forschungspraxis und dem Themenfeld der aktiven Mobilität sowie der Humansensorik speist. Somit konnten zwei Fälle, die auch gleichzeitig in sich geschlossene Forschungsprojekte sind, identifiziert werden.

Fallauswahl und Erhebung: Die Fallbeispiele ähneln sich durch den Forschungskontext, unterscheiden sich jedoch in manchen Details (z. B. Ziele, Zielgruppen). Die Erhebungsinhalte wurden festgelegt, die sich in den Unterkapiteln der einzelnen Fälle zeigen. Die Fälle haben verschiedene Schwerpunkte, die sich nach den Fokussen

- Fallstudie 1: Nutzer*innen-Erfahrungen und WebClient zur Visualisierung
- Fallstudie 2: Kinder als Nutzer*innengruppe und ethische Belange

unterscheiden. Ziele, eigene Rolle bzw. Involvement, Forschungsdesign sowie Auswertung sind in der Tabelle dargestellt und werden nochmals in den Fallstudien selbst als Teil der **Fallbeschreibung** näher spezifiziert. Eine fallspezifische Analysen-Schlussfolgerung wird entlang der Methoden, ausgewählten Forschungsdesigns und ausgewählten Ergebnisse innerhalb der Fallstudien formuliert. **Die abschließende Betrachtung sowie die Verschneidung** erfolgen mit besonderem Augenmerk auf die praxisbezogene Relevanz. Abschließend erfolgt ein Vergleich dieser, um Überschneidungen und Unterschiede erkennbar zu machen.

4.2 Übersicht der Fallstudien

In der folgenden Tabelle werden die zwei Fallbeispiele anhand von Kategorien (Ziele, eigene Rolle, Forschungsdesign etc.) plakativ beschrieben.

Fallstudien	Wohlfühlen beim Gehen	Stress am Schulweg
Hauptfokus	Nutzer*innenperspektive und Visualisierung	Kinder als Zielgruppe und ethische Belange
Ansatz der Forschungsmotivation & -tätigkeit (siehe auch Kapitel 3.1)	Planungszentriert: Die Motivation des Forschungsvorhabens war insbesondere dadurch begründet, mithilfe einer verbesserten Methodik unter Einsatz von Humansensorik planungsrelevante Daten zu erhalten.	Methodenzentriert und planungszentriert: Die Motivation des Forschungsvorhabens war insbesondere dadurch begründet, zum einen die Eignung der Geräte für Kinder zu prüfen und zum anderen bei Erfolg auch Mängel an Schulwegen zu identifizieren.
Generelle Infos zu den Fallstudien	Im Rahmen des Forschungsprojektes Walk & Feel sollten anhand von Humansensorik und ergänzenden Methoden Auslöser von Emotionen im Raum identifiziert werden.	In dieser Studie wurde Humansensorik an der Zielgruppe der Kinder getestet, um herauszufinden, ob die Methode geeignet ist und ob Ereignisse am Schulweg identifiziert werden können.
Was war das Ziel der Fallstudie?	<p>a) Methodische Ziele: Bewertung der Methodik, Empfehlungen für Walkability-Untersuchungen, Potenziale für Planung</p> <p>b) Inhaltliche Ziele: Identifikation und räumliche Verortung von Auslösern der erfassten Emotionen; Darstellung von räumlichen Häufungen von humanphysiologischen Reaktionen; exemplarische Bewertung der Walkability für die drei Testgebiete aus den Feldtests</p>	<p>a) Methodische Ziele: Eignung der Sensoren für Kinder, Eruierung der Messbarkeit von Stressmomenten</p> <p>b) Inhaltliche Ziele: Identifikation von Stressmomenten am Schulweg; Konfliktpunkte</p>
Wie gestaltete sich die eigene Involvierung?	Entwicklung des Untersuchungsdesigns (nur Feldtest, kein Labor)	Entwicklung des Untersuchungsdesigns (für Labor- und Feldtest)
	Datenerhebung	Datenerhebung
	Auswertung (Befragung und Beobachtungen)	Auswertung (qualitative Befragung, Beobachtungen)
	Reflexion der Ergebnisse im Konsortium und mit Stakeholder*innen	Reflexion der Ergebnisse (Auftraggeber und Ethikkomitee)
	Nutzer*innenakzeptanz (quantitative Befragung), qualitatives Feedback	Nutzer*innenakzeptanz (qualitative Einschätzung)
Forschungsdesign	Methoden-Mix (siehe Tabelle 10)	Methoden-Mix (siehe Tabelle 15)
Teilnehmer*innen	67 Teilnehmer*innen zwischen 21 und 63 Jahren; 27 Männer und 36 Frauen	5 Teilnehmer*innen zwischen 6 und 11

Erhebungsmethoden/ Eingesetzte Geräte	Vorgegebene Strecken E4 Empatica (sowie Zephyr BioHarness)	Freie Strecke (wobei determiniert, da Schulweg) E4 Empatica (sowie Zephyr BioHarness)
Datenauswertung und Analysemethoden	Regelbasierter Algorithmus (Kyriakou 2019) (vgl. Kapitel 3.4.)	Regelbasierter Algorithmus (Kyriakou 2019) (vgl. Kapitel 3.4.)
Was sind die Grenzen?	Methodisch: „Unnatürliche“ Umgebung, da vorgegebene Strecke Inhaltlich: Aussagekraft der Daten hinsichtlich planerischen Bezugs	Methodisch: Kinder als Teilnehmer*innen; Eignung der Wearables, Ablenkung am Weg Inhaltlich: Aussagekraft der Daten hinsichtlich Sicherheit am Schulweg, ethische Belange
Potenzial für Planungsprozess?	Mittel: es konnten Hotspots für Stressmomente identifiziert werden; Auslöser teilweise schwierig nachzuvollziehen; Visualisierungscient gut geeignet für Stakeholder*innen der öffentlichen Hand	Gering: Wearables grundsätzlich geeignet und Roll-out mit mehr Kindern möglich; Planungsansätze hinsichtlich Sicherheit von Kindern am Schulweg schwer abzuleiten

Tabelle 9: Gegenüberstellung der Fallbeispiele

4.3 Fallstudie 1: Wohlfühlen beim Gehen

Die folgende Fallstudie war in einem Forschungsprojekt namens Walk & Feel eingebettet, das im Rahmen des Programmes „Mobilität der Zukunft“ von 2017 bis 2019 vom damaligen Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) gefördert (heute Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, kurz BMK) gefördert wurde.⁴

Das Projekt trug den offiziellen Titel „Neue Messmethoden für die Erfassung und Bewertung der Walkability“, kurz: Walk & Feel.

4.3.1 Motivation und Ziele des Forschungsprojektes

Die Motivation des Forschungsvorhabens Walk & Feel lag zum einen darin, die Bedingungen der Fußgänger*innen zu verbessern, da der Fußwegeanteil bundesweit um 10 % gesunken ist, und zum anderen, eine bessere Datenbasis zu Fußgänger*innenverkehr zu gewährleisten. Insbesondere im Bereich Walkability, die eigentlich auf die Verbesserung der fußläufigen Qualität abzielt, mangelt es an neuen und innovativen Methoden, um die Wahrnehmung und Emotionen zu berücksichtigen. Das methodische Konzept wird im Detail in Dörrzapf et al. (2019) beschrieben.

Das übergeordnete Ziel von Walk & Feel war die Analyse und Beurteilung erprobter sowie neuer Erhebungsmethoden und -komponenten in Bezug auf Walkability (vgl. Kapitel 2.3.5). Eine wesentliche Erhebungsmethode war die Messung von Stress anhand der Hautleitfähigkeit (vgl. Kapitel 2.1.4.1). Es gab methodische Ziele wie die Anwendung und Überprüfung der ausgewählten Sensoren (wie E4 Wristband) sowie eine Bewertung der Methodik durch Forscher*innen (und ggf. Nutzer*innen) zur Frage, was der Mehrwert der Methoden ist. Des Weiteren wurden Anwendungsbereiche und Potenzial der Methodik für die Schaffung von Planungsgrundlagen und für partizipative Prozesse aufgezeigt. Die inhaltlichen Ziele fokussierten sich auf die Identifikation und räumliche Verortung von Auslösern der erfassten Wahrnehmung und der gemessenen Emotionen. Die Darstellung von räumlichen Häufungen physiologischer Reaktionen der Fußgänger*innen sind als Indikator für die Attraktivität des Zufußgehens (= Walkability) zu sehen. Potenziell stressige oder (un-)angenehme Orte und deren exemplarische Bewertung der Walkability erfolgte in drei Testgebieten: in Wien (Seestadt) sowie in Salzburg (Lehen und Süd). Die **These** lautete, dass in dem neuen Entwicklungsgebiet Seestadt hohe Anforderungen an die Gestaltung des öffentlichen Raumes gestellt wurden und davon auszugehen war, dass diese Räume stressfreier sind. Ein Vergleich mit den weiteren Testgebieten sollte dazu Aufschluss bringen.

4.3.2 Das Forschungsdesign

In einem projektinternen Dokument wurde das Untersuchungsdesign detailliert beschrieben (Brozca et al., 2020). An dieser Stelle werden lediglich die für das Verständnis wesentlichen Inhalte aufgegriffen.

⁴Die beteiligten Partner*innen waren PRISMA solutions EDV-Dienstleistungen GmbH (**Konsortialführung, WebClient**), Technische Universität Wien, Institut für Raumplanung, Forschungsbereich Verkehrssystemplanung (Move) (**Untersuchungsdesign und Methoden**), Universität Salzburg, Fachbereich Geoinformatik – Z_GIS (**Datenauswertung**) und das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut Entwerfen von Stadt und Landschaft (**Methodisches Know-how**).

4.3.2.1 Erhebungsmethoden und -instrumente

Entsprechend den Zielen des Forschungsprojektes kamen verschiedene Erhebungsmethoden zum Einsatz, welche miteinander kombiniert wurden. Dabei sollten die Stärken der einen Vorgehensweise die Schwächen der jeweils anderen ausgleichen.

Methoden/Tools	Instrument	Beschreibung
GPS-Tracking	GPS-Logger oder Smartphone	Um die genauen Routen der Teilnehmer*innen erheben zu können, ist ein GPS-Tracking erforderlich.
EDA messen	Empatica E4 (Armband)  Fotoquelle: Eigene Aufnahme	Das Armband misst u. a. die Hautleitfähigkeit (die elektrischen Leiteigenschaften der menschlichen EDA).
EKG messen	BioHarness Zephyr (Brustgurt)  Fotoquelle: BioHarness 3.0 User Manual	EKG und Atemfrequenz (Messqualität möglicherweise unzureichend), Ableitung der Herzrate und der Herzratenvariabilität.
Befragung der Teilnehmer*innen + Karte zum Einzeichnen	gedruckter Fragebogen (Karte zum Einzeichnen) und eDiary-App	(Teil-)Standardisierter Fragebogen eDiary-App: Rückmeldung von Stressmomenten und Emotionen über ein elektronisches Tagebuch (Smartphone-App).
Ego-Video	GoPro-Kamera	Das Ego-Video dient zur Validierung der gemessenen und rückgemeldeten Stresswerte und zur Korrelation mit möglichen Stressoren im Verkehrsraum.

Tabelle 10: Erhebungsmethoden und verwendete Werkzeuge

Die Humansensorik-Daten wurden mit zwei unterschiedlichen Geräten aufgenommen. Es kamen das Armband Empatica E4 und der Brustgurt BioHarness der Firma Zephyr zum Einsatz. Ersteres misst die Hautleitfähigkeit, womit später die Zeitpunkte der Stressmomente ermittelt werden können. Zweiteres erfasst die Herzratenvariabilität, wobei diese Daten zu diesem Zeitpunkt nicht in die Analyse mit aufgenommen wurden. Grund war die unzureichende Evidenz, um tatsächlich Stress ableiten zu können. Über den Zeitstempel können MOS (Stressmomente) mit dem GPS-Track verknüpft und auf der Karte dargestellt werden.

Beobachtungen und Wahrnehmungen aus der eDiary-App

Die eDiary-App bildete den zentralen Sammelplatz für die Sensordaten (Resch et al., 2020). Sowohl E4 als auch BioHarness wurden mit dieser App verknüpft und übermittelten ihre Daten an die App. Vom Smartphone wurde der Standort abgefragt und mit abgespeichert. Die Teilnehmer*innen hatten darüber hinaus die Möglichkeit, spontane Wahrnehmungen und Emotionen, die mit Orts- und Zeitangaben gespeichert wurden, in der App festzuhalten. Kontextinformation und Intensität der Emotion konnten seitens der Benutzer*innen näher konkretisiert werden. Nach dem Ende der Messung wurden alle Daten in einer lokalen SQLite-Datenbank am Smartphone gespeichert. Diese konnte dann zu weiteren Analysen heruntergeladen und in zusätzliche gewünschte Datenformate umgewandelt werden.

Fragebogen-Erhebung

Nach der Begehung wurde ein Fragebogen an die Teilnehmer*innen verteilt. Dieser hatte das Ziel, die gemessenen Stresspunkte mit einer teils qualitativen und teils quantitativen Befragung abzugleichen. Der Fragebogen umfasste die Themenblöcke Sozio-Demographie, Mobilitätsverhalten mit Schwerpunkt Zufußgehen, allgemeines Wohlbefinden sowie Tragekomfort der Sensoren. Zur Verortung auffallender Situationen gab es die Möglichkeit, diese auf einer analogen Karte („Mental Map“) zu vermerken (Fragebogen und Beispiele Mental Maps siehe Anhang II).

Der Fragebogen hatte primär das Ziel, abzuschätzen, inwieweit die Aussagen zur Walkability (Integrierter Walkability-Index) mit den Ergebnissen aus Sensoren und Fragebogen übereinstimmen. Aufgrund der geringen Stichprobe wurden die Daten rein deskriptiv univariat ausgewertet und dienen einer groben Einschätzung der Fußgehsituation im jeweiligen Testgebiet.

Walkability-Index

Audits sind bei Walkability-Untersuchungen eine gängige Vorgangsweise (vgl. Kapitel 2.3.5). Anhand von Checklisten mit einer variierenden Anzahl von Items wurde in dem Projekt die Fußwegequalität erhoben.

Stakeholder*innen-Workshop

Zum Abschluss des Projektes wurde ein Stakeholder*innen-Workshop in Graz realisiert, um die Praxisrelevanz abzuschätzen.

*4.3.2.2 Teilnehmer*innen und Rekrutierung*

Die Realisierung der Feldstudie in Wien erfolgte in enger Zusammenarbeit mit dem aspern.mobil LAB (AML, www.mobillab.wien). Die Leistungen umfassten u. a. die Ankündigung des Events und Rekrutierung von Teilnehmer*innen über den E-Mail-Verteiler, die Facebook-Seite und die Webpräsenz des AML. Für die Feldtests konnten die Räumlichkeiten und die Infrastruktur des open.mobil LABs in der Seestadt (Wien) genutzt werden. Mitarbeiter*innen des AML unterstützten neben dem Forschungsteam auch die Teilnehmer*innen der Feldtests. Es gab zwei Rekrutierungswellen im Zeitraum von vier Wochen und einer Woche vor dem Teststart. So konnten für den ersten

Feldtest 21 und für den zweiten neun Teilnehmer*innen rekrutiert werden. Die Feldtests in der Seestadt fanden am 21. Mai 2019 und am 13. August 2019 statt. Ziel war es, überwiegend Seestädter*innen als Expert*innen ihrer Wohnumgebung zu gewinnen. Letztendlich waren neun Teilnehmer*innen in der Seestadt, 18 in anderen Wiener Bezirken und drei im Wiener Umland wohnhaft.

In Salzburg wurden die Feldtests über universitäre und private E-Mail-Verteiler beworben. Da der Partner z_GIS vor Ort ansässig war, konnten auch hier auf einfache Weise geeignete Räumlichkeiten als Startpunkt gefunden werden.

Die Feldtests in Salzburg Süd fanden am 23. Mai 2019 (17 Teilnehmer*innen) und in Lehen am 22. Mai 2019 (12 Teilnehmer*innen) sowie am 23. Juli 2019 (acht Teilnehmer*innen) statt. In Salzburg nahmen folglich insgesamt 37 Teilnehmer*innen an den Feldtests teil. Auch hier war das Ziel, überwiegend Bewohner*innen der Feldtest-Gebiete zu gewinnen. Da die Postleitzahl im Fragebogen keine genaue Wohnortbestimmung zulässt, kann lediglich gesagt werden, dass 30 Teilnehmer*innen aus Salzburg Stadt stammen, drei aus dem Umland Salzburg und vier keine Angaben machten. Auf Nachfrage wurde die Auskunft gegeben, dass die meisten Teilnehmer*innen das Gebiet Lehen gut kennen, Salzburg Süd hingegen war ihnen weniger bekannt.

Es konnten Daten von 67 Strecken mit 63 Teilnehmer*innen erfasst werden (4 Teilnehmer*innen sind mehr als eine Feldtest-Strecke gegangen). Davon waren 27 Männer und 36 Frauen. Der Altersdurchschnitt lag bei 33 Jahren, wobei die Hälfte der Teilnehmer*innen zwischen 21 und 30 Jahre alt war.

Datum	Ort	Anzahl Teilnehmer*innen	Anzahl Projektmitglieder für Betreuung
21. Mai 2019	Seestadt, AML	21	5 – 6
22. Mai 2019	Salzburg Lehen	12	4
23. Mai 2019	Salzburg Süd	17	2 – 3
23. Juli 2019	Salzburg Lehen	8	4
13. August 2019	Seestadt	9	2

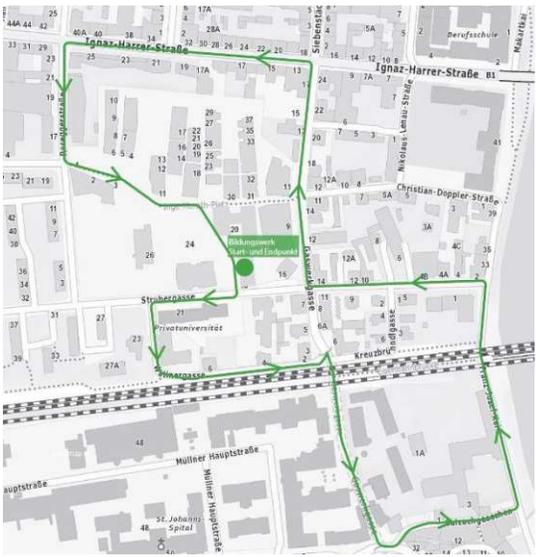
*Tabelle 11: Übersicht Testtage und Teilnehmer*innenzahl*

Die Anzahl der Teilnehmer*innen gestaltet sich über die Testtage hinweg sehr unterschiedlich. Aus eigener Erfahrung – dies wurde von dem Konsortium ebenfalls so wahrgenommen – sinken der Aufwand bzw. die benötigten personellen Ressourcen mit der Routine und Erfahrung, die sich mit der Zeit einstellt.

Als Incentivierung wurden Gutscheine im Wert von 20 € an die Teilnehmer*innen vergeben.

4.3.2.3 Testgebiete und Strecken

Die Strecken wurden seitens des Forschungsteams vorab definiert und den Teilnehmer*innen als Karte zur Verfügung gestellt. Diese stellen sich hinsichtlich ihrer stadträumlichen Kriterien und verkehrlichen Eigenschaften wie folgt dar.

Testgebiet	Stadträumliche Kriterien	Verkehrliche Eigenschaften
<p>Salzburg Lehen</p>  <p>Eigene Darstellung (Grundlage OSM)</p>	<p>Hohe Einwohnerdichte (123 E/ha)</p> <p>Keine Grünräume (außer entlang der Salzach)</p> <p>Wohn- und Mischnutzung</p> <p>Heterogene städtebauliche Struktur entlang der Route (Gründerzeit, Altstadt, Flusspromenade, Neubaugebiet)</p> <p>Quellen: Stadt Salzburg, Statistik Austria, OSM</p>	<p>Hohe Pkw-Belastung, z. B. Ignaz-Harrer-Straße als Durchzugsstraße mit 30.000 Pkws</p> <p>Heterogene Nebenstraßen (z. B. verkehrsberuhigt, Fußgängerzone)</p> <p>Anteil MIV am Modal Split 28 %</p> <p>Hoher Fuß- und Radverkehrsanteil am Modal Split (Fuß 37 %; Rad 21 %)</p> <p>Erlaubte Höchstgeschwindigkeit 50 km/h</p> <p>Gehwegbreiten größtenteils unter 2 m</p> <p>515 Pkw pro 1.000 Einwohner*innen (Datenstand 31.12.2020)</p> <p>Quellen: Stadt Salzburg, Statistik Austria, OSM, ORF</p>
<p>Salzburg Süd</p>  <p>Eigene Darstellung (Grundlage OSM)</p>	<p>Geringe Einwohnerdichte (18 E/ha)</p> <p>Private Grünräume</p> <p>Zeilen und Einfamilienhäuser</p> <p>Fast ausschließlich Wohnnutzung und zwei Bildungseinrichtungen</p> <p>Quellen: Stadt Salzburg, Statistik Austria, OSM</p>	<p>Geringe Verkehrsbelastung in Nebenstraßen (da nur Anwohner*innen-Verkehr)</p> <p>Durchzugsstraßen (Alpenstraße) starke Belastung (DTV 28000, Stand 2015)</p> <p>Erlaubte Höchstgeschwindigkeit im Gebiet 30 km/h</p> <p>Keine oder enge Gehwege (unter 1,5 m)</p> <p>Starke Autoorientierung (515 Pkw pro 1.000 Einwohner*innen)</p> <p>Modal Split MIV 39 %, Fuß 15 %, Rad 25 %</p> <p>Quellen: Stadt Salzburg, Statistik Austria, OSM</p>

<p>Seestadt Aspern</p>  <p>Eigene Darstellung (Grundlage OSM)</p>	<p>Entwicklungsgebiet Hohe Einwohnerdichte (117E/ha) Überwiegend Wohnnutzung mit EG-Nutzung Hohe Qualität des Grün- und Erholungsraums</p> <p>Quellen: 3420 aspern development AG, aspern.mobil LAB, OSM</p>	<p>Geringe Pkw-Belastung mit Schwerverkehrsanteil (angestrebter DTV = 5.700 auf Sonnenallee, Abschnitt siehe Route) Sehr gutes Fuß- und Radwegenetz (Fußwegebreiten über 3 m und/oder verkehrsberuhigt) Hoher Fuß- und ÖV-Anteil am Modal Split (Fuß 28 %, ÖV 36 %) Mittlere Autoorientierung (255 Pkw pro 1.000 Einwohner*innen); Max. erlaubte Geschwindigkeit 30 km/h</p> <p>Quellen: 3420 aspern development AG, aspern.mobil LAB, OSM</p>
--	--	--

Tabelle 12: Übersicht Testgebiete und Kriterien

Die ausgewählten Gebiete und die vordefinierten Strecken, die die Teilnehmer*innen zu absolvieren hatten, unterschieden sich in ihren Teilstrecken (z. B. weniger und mehr Verkehrsaufkommen). Des Weiteren wurde zwischen den drei Gebieten versucht, sehr kontrastierte Eigenschaften auszuwählen.

4.3.3 Datenauswertung

Die Datenauswertung erfolgte gemäß einem regelbasierten Algorithmus nach Kyriakou et al. (2019) (vgl. Kapitel 3.4.) – eine Auswertungsmethode, die von dem Partner z_GIS entwickelt und im Projekt weiter angepasst und spezifiziert wurde.

4.3.4 WebClient zur Visualisierung der Ergebnisse

Die Visualisierung der Walk & Feel-Ergebnisse erfolgte mit dem Demonstrator für einen Walk & Feel-WebClient (Walk & Feel-Deliverable 1 und 2, internes Dokument, 2020). Der Demonstrator wurde vom **Projektpartner PRISMA solutions** entwickelt.

Der Client wurde als webbasierte Anwendung umgesetzt und war über einen Link online aufrufbar. Bei der Authentifizierung meldet sich der/die Benutzer*in mit Benutzernamen und Passwort an. Je nach zugewiesener Rolle und den damit verbundenen Rechten hat die Person Schreib- und Leserechte oder auch nur Leserechte auf das Modul Walk & Feel. Nach der erfolgreichen Anmeldung wird die Startseite „Überblick verschaffen“ geladen. Die folgende Abbildung zeigt die Basiselemente der Benutzeroberfläche. Im vertikalen Balken rechts werden die Tasks, also die zu bearbeitenden Aufgaben, ausgewählt. Je nach Task werden andere Kartenlayer und andere Objekte in der Karte angezeigt. Es folgen ein paar beispielhafte Screenshots mit Funktionen des WebClients.

Übersicht verschaffen

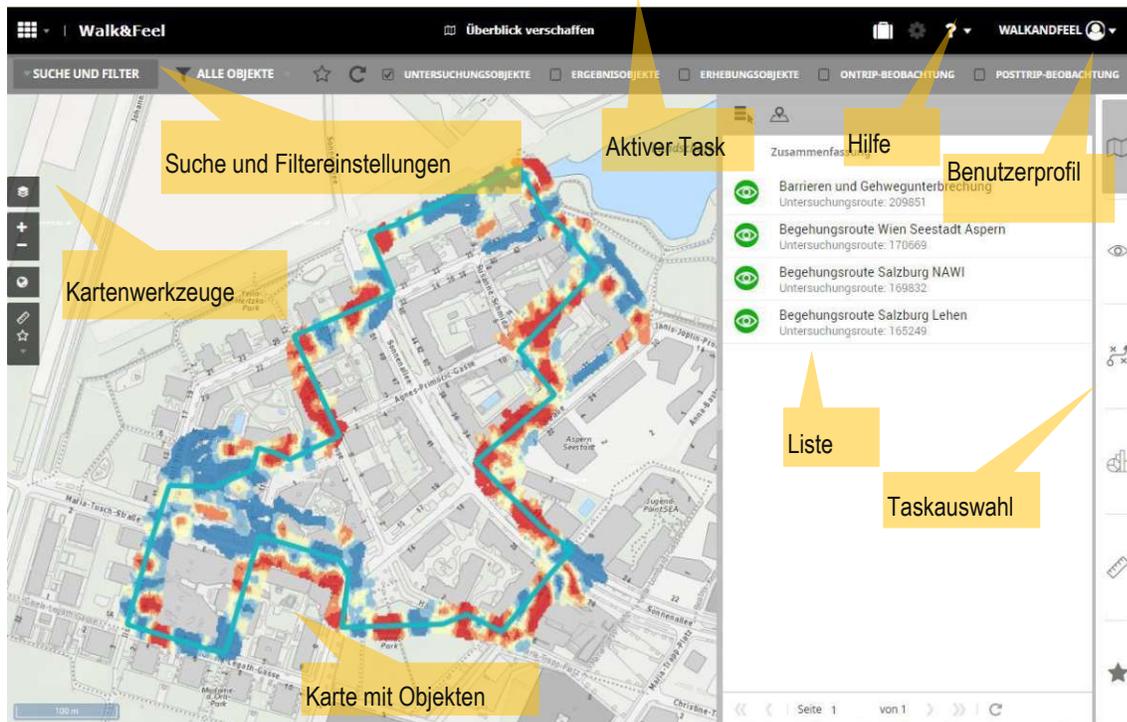


Abbildung 31: Walk & Feel-WebClient – Übersicht verschaffen (Brozca et al., 2020)

Stresspunkte anzeigen

Anzeige des Layers mit Cold- und Hotspots von Stresspunkten (Auswertung der Humansensor-Daten)

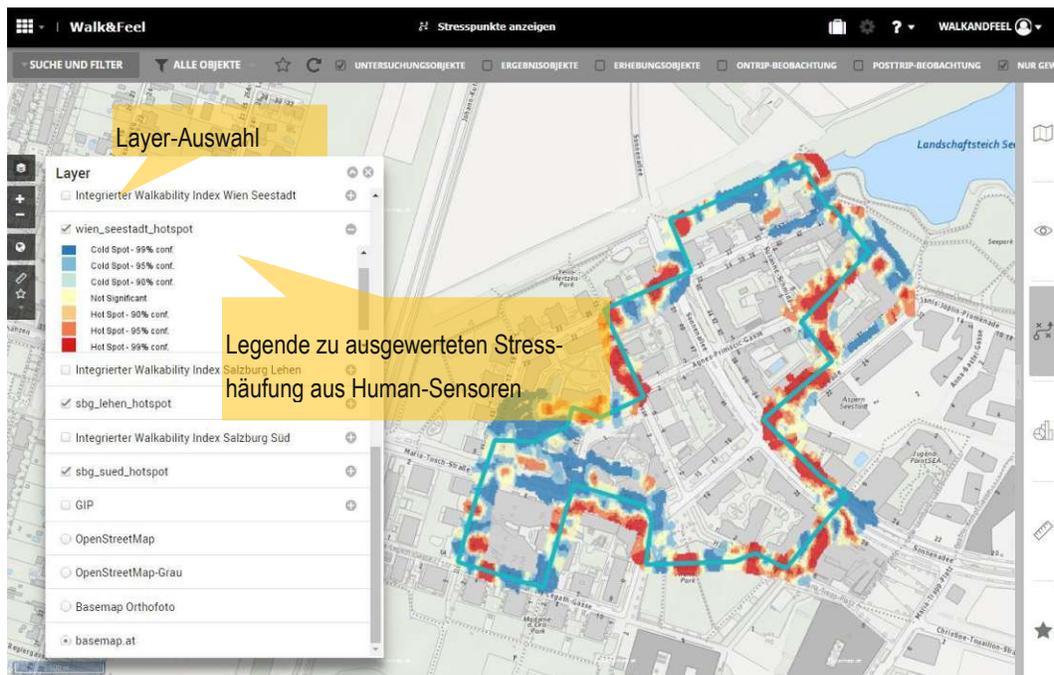


Abbildung 32: Walk & Feel-WebClient – Stresspunkte anzeigen (Brozca et al., 2020)

Integrierten Walkability-Index darstellen

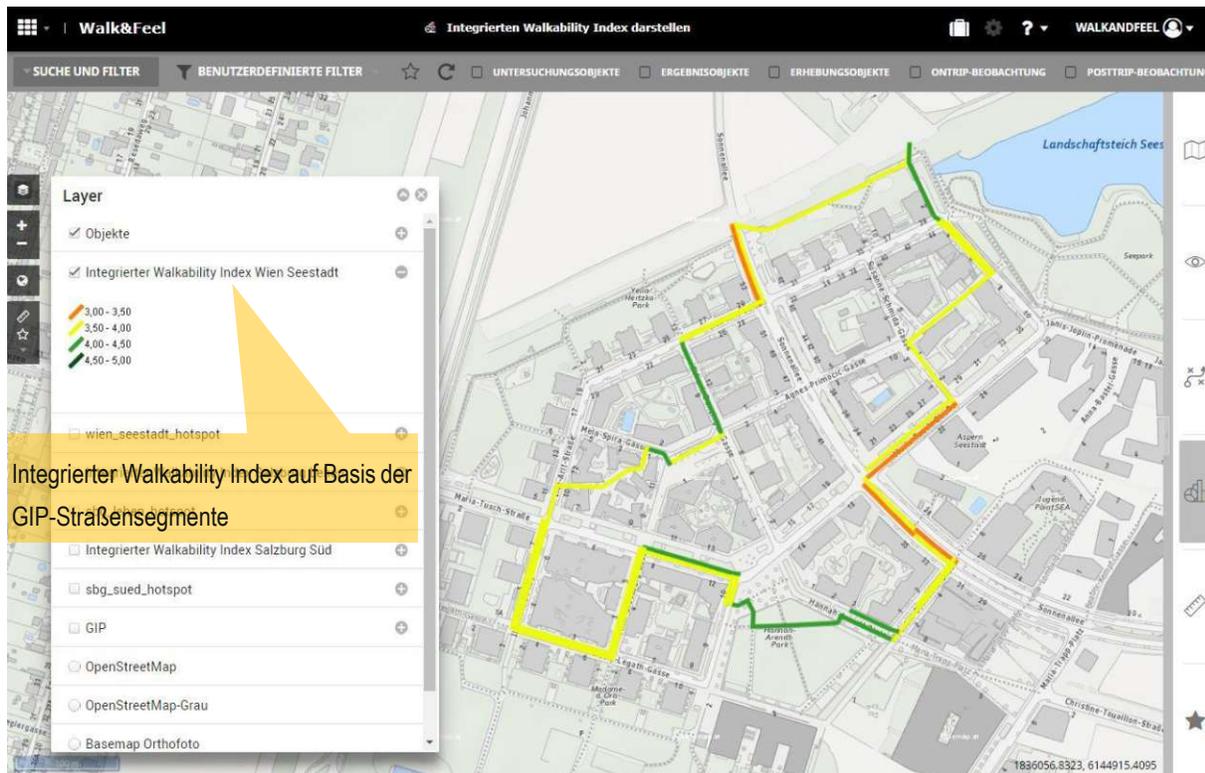


Abbildung 33: Walk & Feel-WebClient – Walkability-Index darstellen (Brozca et al., 2020)

Im Entwicklungszyklus des WebClients in Richtung eines marktreifen Produktes sind weitere Schritte erforderlich. So sollen Daten aus unterschiedlichen Quellen und mit heterogenen Inhalten in eine Sensordatenbank integriert werden. Des Weiteren könnten Diagramme, Tabellen oder auch statistische Auswertungen im Zuge der Weiterentwicklung angedacht werden. Weitere Screenshots sind in Anhang III zu finden.

4.3.5 Ausgewählte Ergebnisse

Im Folgenden werden ausgewählte, exemplarische Ergebnisse der Begehung dargelegt (Brozca et al., 2020). Diese gliedern sich nach den drei Testgebieten, mit besonderem Fokus auf die Erhebungsmethoden Walkability-Index (siehe Grafiken Walkability Index in Anhang IV), Stressmomente (physiologische Reaktionen) sowie Beobachtungen on-Trip (eDiary-App) und post-Trip (Befragung, Mental Maps). Beim Vergleich der verschiedenen Datenquellen fällt vor allem auf, dass diese nicht immer übereinstimmen. Es bestätigen sich auch teilweise die in der systematischen Literaturanalyse gemachten Beobachtungen: So ist die Übereinstimmung des gemessenen und berichteten Stresses nicht immer konsistent. Darüber hinaus ist die Kausalität nicht immer gegeben. Das heißt, nicht immer ist klar, was den Stress ausgelöst, da von den umgebenden baulichen Faktoren nichts oder nicht viel darauf hindeutet.

Anschließend erfolgt ein Einblick in die Nutzer*innen-Akzeptanz, welche in vergangenen Studien (siehe Literaturanalyse) kaum bis gar nicht aufgegriffen wurde sowie die Reflexion mit Stakeholder*innen aus der Verwaltung.

4.3.5.1 Wien: Aspern Seestadt

Es folgen exemplarisch zwei deskriptive Auswertungen der Seestadt-Feldtests zu finden. Zum einen kann gesagt werden, dass sich beinahe alle Teilnehmer*innen sehr wohl bzw. ganz wohl gefühlt haben. Zum anderen ist beim Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer*innen anzumerken, dass insbesondere Autofahrer*innen ihren Spaziergang gestört haben (13 von 30 Nennungen). Radfahrer*innen wurden in diesem Zusammenhang fünf Mal genannt.



Abbildung 34: Wohlempfinden beim Spaziergang (links) und Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer*innen (rechts) in der Seestadt (eigene Darstellung)

Positives Beispiel Seestadt

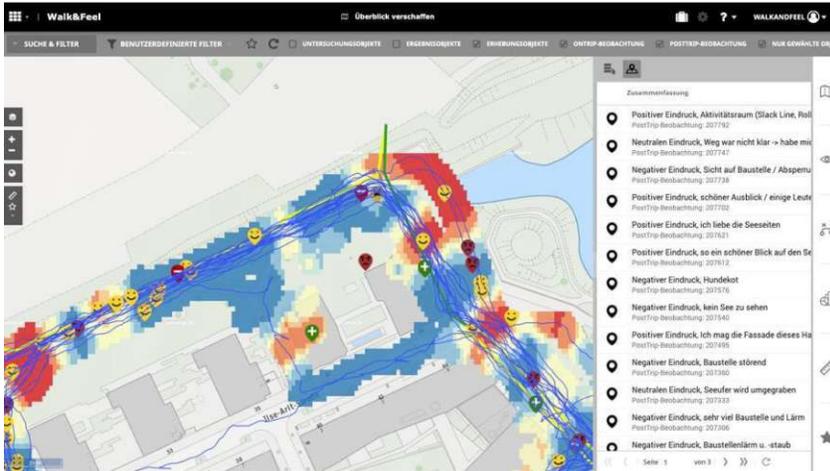


Abbildung 35: Walk & Feel-WebClient – Seestadt (Quelle: PRISMA solutions)



Abbildung 36: Seestadt (Aufnahme Teilnehmer*in)

Integrierter Walkability-Index

Der Kreuzungsbereich um das nördliche Ende der Janis-Joplin-Promenade und dem Yella-Hertzka-Park weist einen sehr guten und hohen Integrierten Walkability-Index im Bereich zwischen 4,00 und 4,50 (von max. 5,0) auf. Grund hierfür sind die Nähe zum Seestadt-See, breite Gehwege sowie die verkehrsberuhigte Erreichbarkeit und die Verfügbarkeit von Sitzmöglichkeiten inklusive leichter Beschattung.

Hotspots/Emotionsdaten

Cold Spots entlang der Promenade deuten geringen Stress an. Hot Spots sind vor allem am Uferrand erkennbar. Dies kann verschiedene Ursachen haben, da es zum einen sehr windig war, Bautätigkeiten zu hören waren, aber zum anderen auch (aufregende) Emotionen durch die Sicht auf den See ausgelöst werden können.

OnTrip-Beobachtung (eDiary-App)

Interessant ist, dass die OnTrip-Beobachtungen ein differenzierteres Bild zeichnen. Die Bandbreite reicht von Freude (6), Ekel (1) bis zu Ärger (3).

PostTrip-Beobachtung (Befragung, Mental Map)

Eine negative Beobachtung bezieht sich auf die Sicht auf die Baustelle und eine Absperrung. Neutral wird die missverständliche Wegführung beschrieben, sowie die Tatsache, dass das Seeufer umgegraben wird. Positive Beobachtungen überwiegen dennoch. Der schöne Ausblick, die Bewegungs- und Sportmöglichkeiten, die Fassade eines Hauses und das Buchgeschäft „Seeseiten“ finden hier Erwähnung.

Negatives Beispiel Seestadt

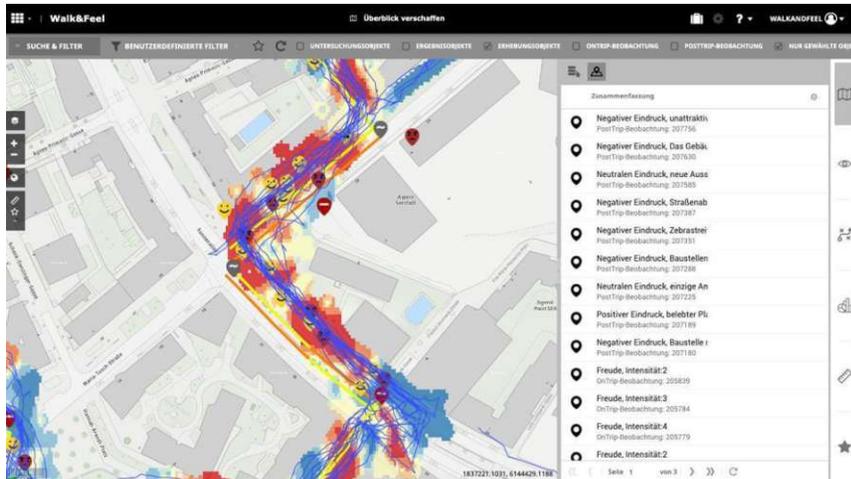


Abbildung 37: Walk & Feel-WebClient – Seestadt (Quelle: PRISMA solutions)



Abbildung 38: Seestadt (Aufnahme Teilnehmer*in)

Integrierter Walkability-Index

Der Index ist hier im mittleren Bereich (ca. 3,5 von max. 5,0). Dieser Abschnitt der Seestadt-Route ist gekennzeichnet durch geringe Begrünung, partielle Unzugänglichkeit des Gehweges aufgrund von Bautätigkeiten und wenige Sitzmöglichkeiten. Da beim Index auch städtebauliche Qualitäten miteinbezogen werden, muss hier auch auf wenig abwechslungsreiche Fassaden eingegangen werden.

Hotspots/Emotionsdaten

Dieser Abschnitt ist gekennzeichnet durch eine hohe Dichte an Stressmomenten. Dies ist ein Hinweis dafür, dass hier physiologische Reaktionen durch den Sensor registriert wurden, die vermutlich vor allem durch die lärmende Bautätigkeit und das unattraktive Umfeld aufgrund der Baustelle ausgelöst wurden.

OnTrip-Beobachtung

Diese Intensität an Emotionen verschiedenster Art zeigt sich ebenfalls in der Betrachtung der OnTrip-Beobachtungen. Ärger und Freude halten sich ziemlich die Waage.

PostTrip-Beobachtung

Die PostTrip-Beobachtungen stellen diese Dinge noch einmal differenzierter dar. Hier überwiegen eindeutig die negativen und neutralen Eindrücke. Die Kommentare beziehen sich auf die Baustellen und die damit verbundenen Auswirkungen. Es geht um Lärm, Schmutz und subjektive/persönliche Meinungen zu gewissen Gebäuden. Auch die Regelung des Verkehrs durch eine Ampel wird angesprochen.

4.3.5.2 Salzburg Süd

In dem Testgebiet Salzburg Süd haben sich sämtliche Teilnehmer*innen sehr wohl bzw. ganz wohl gefühlt. Beim Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer*innen fällt allerdings auf, dass über zwei Drittel der Teilnehmer*innen angeben, dass Autofahrer*innen subjektiv zu schnell gefahren sind. In sechs Fällen wurde nicht am Zebrastreifen gehalten und in vier Fällen wurde das Fahrzeug im Kreuzungsbereich geparkt, etwas häufiger als in der Seestadt.

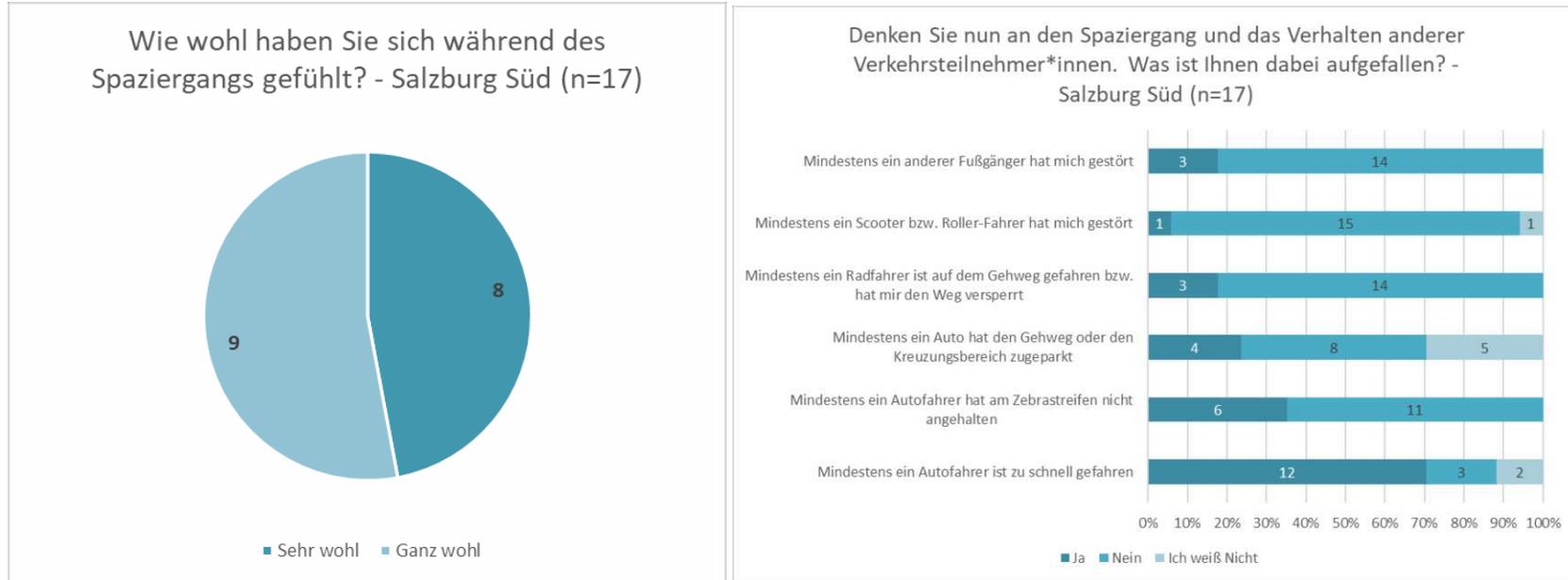


Abbildung 39: Wohlempfinden beim Spaziergang (links) und Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer*innen (rechts) in Salzburg Süd (eigene Darstellung)

Positives Beispiel

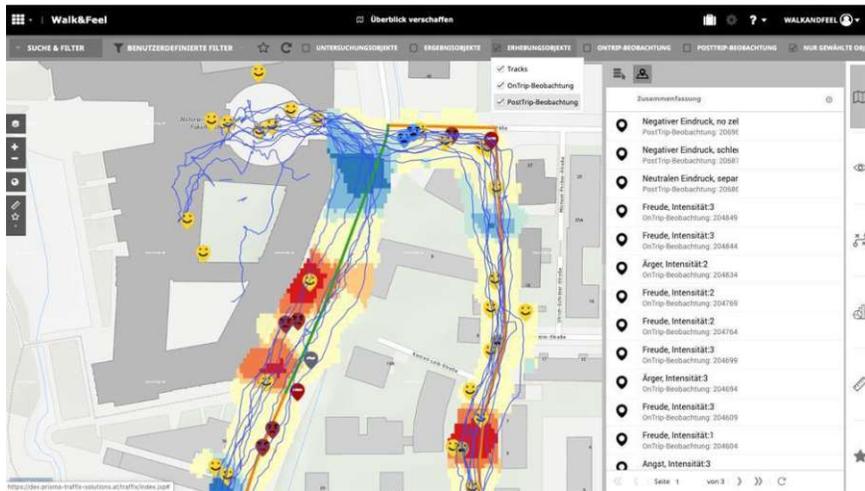


Abbildung 40: Walk & Feel-WebClient – Salzburg Süd (Quelle: PRISMA solutions)



Abbildung 41: Salzburg Süd (Aufnahme Teilnehmer*in)

Integrierter Walkability-Index

Dieser Abschnitt ist einer von dreien, an denen der Integrierte Walkability-Index relativ hoch liegt (4,0 – 4,5). Dieser Abschnitt befindet sich gleich zu Beginn und auch am Ende der Begehungsrouten. Gründe für das gute Abschneiden sind die intensive Begrünung durch Alleebäume sowie der getrennte Rad- und Fußweg. Abzüge sind mit den fehlenden Sitzmöglichkeiten und mangelnder Zugänglichkeit zum ÖPNV begründet.

Hotspots/Emotionsdaten

Beim Thema gemessene Emotionsdaten gibt es hier zwei Intensiv-Hotspots, aber auch einen eher niedrigen Bereich. Auch viele nicht signifikante Bereiche (hellgelb) wurden gemessen. Der Auslöser des Stresses bleibt an dieser Stelle unklar.

OnTrip-Beobachtung

In diesem Untersuchungsabschnitt überwiegen die positiven Emotionen eindeutig. Nur wenige Angst-, Ekel- und Ärger-Punkte sind festzustellen.

PostTrip-Beobachtung

Interessant ist, dass bei den erhobenen Daten nach dem Rundgang ausschließlich negative und neutrale Eindrücke (z. B. schlechte Sicht auf eine Ausfahrt) erwähnt wurden. Einen direkten Zusammenhang zwischen den anderen Untersuchungskategorien kann man hier demnach nicht feststellen.

Negatives Beispiel

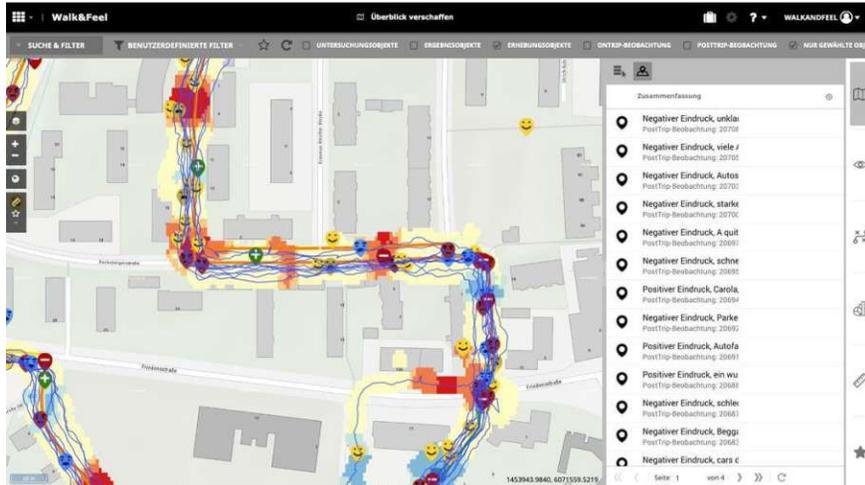


Abbildung 42: Walk & Feel-WebClient – Salzburg Süd (Quelle: PRISMA solutions)



Abbildung 43: Salzburg Süd (Aufnahme Teilnehmer*in)

Integrierter Walkability-Index

Der niedrige Walkability-Index in diesem Abschnitt im Süden Salzburgs ist dadurch zu begründen, dass die Straße zum Zufußgehen aufgrund der fehlenden Begrünung und der geringen Fußwegbreiten im Verhältnis zur Straßenbreite nicht optimal ist.

Hotspots/Emotionsdaten

In diesem Untersuchungsraum sind die punktuell häufigeren Stressmomente an den Kreuzungspunkten auffällig. Hier liegt die Vermutung nahe, dass die Qualität der Querungsmöglichkeiten unzureichend ist.

OnTrip-Beobachtung

Bei den OnTrip-Beobachtungen überwiegen Ärger und Ekel. Nur wenig positive Elemente finden während der Begehung direkt Erwähnung. Die Intensität der Emotionen ist durchgehend eher hoch.

PostTrip-Beobachtung

Ein deutlicheres und detaillierteres Bild wird bei den PostTrip-Kommentaren gezeichnet. Unangenehm fallen in dieser Gegend die vielen Autos, unklare Verkehrssituationen und uneinsehbare Kreuzungsbereiche auf. In diesem Beispiel zeichnen die verschiedenen Erhebungsmethoden ein überschneidendes Bild.

4.3.5.3 Salzburg Lehen

Im Gegensatz zu den anderen zwei Testgebieten, fühlten sich in Salzburg Lehen ein paar Teilnehmer*innen (4) weniger wohl. Auch sind im Testgebiet Salzburg Lehen die Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmer*innen höher: So wurde fast die Hälfte von Fußgänger*innen oder Radfahrer*innen gestört. Über die Hälfte der Teilnehmer*innen berichtete, dass mindestens ein Auto zu schnell unterwegs war.

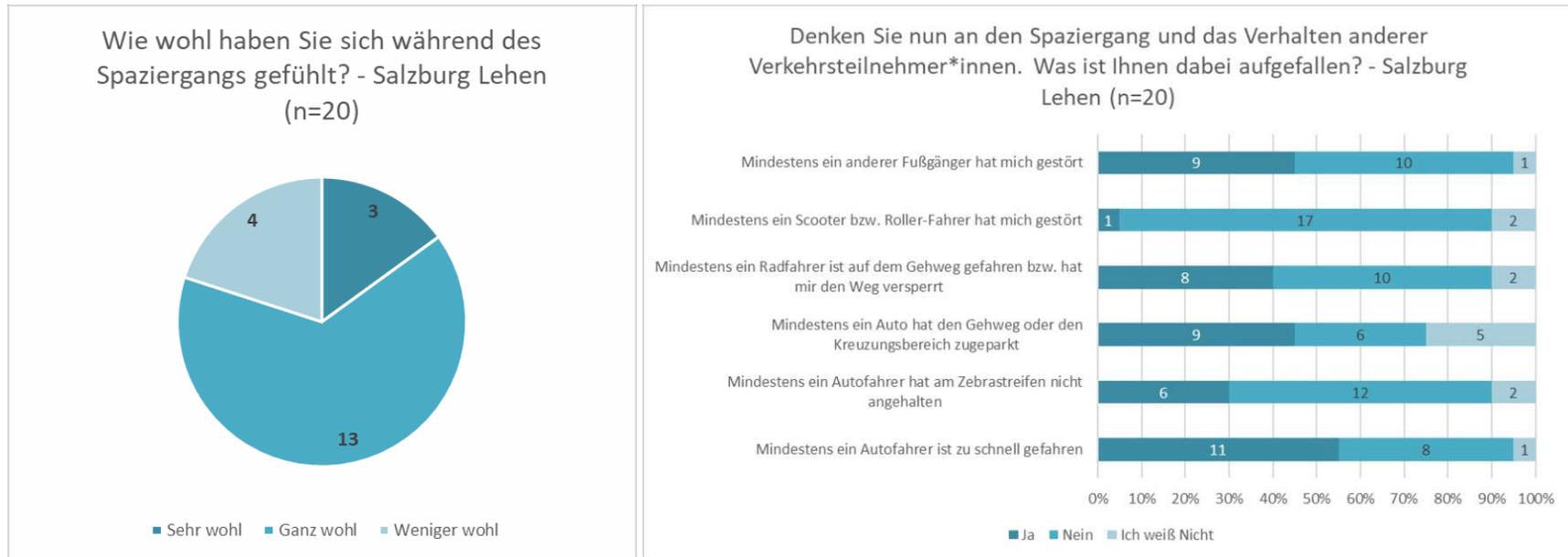


Abbildung 44: Wohlempfinden beim Spaziergang (links) und Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer*innen (rechts) in Salzburg Lehen (eigene Darstellung)

Positives Beispiel

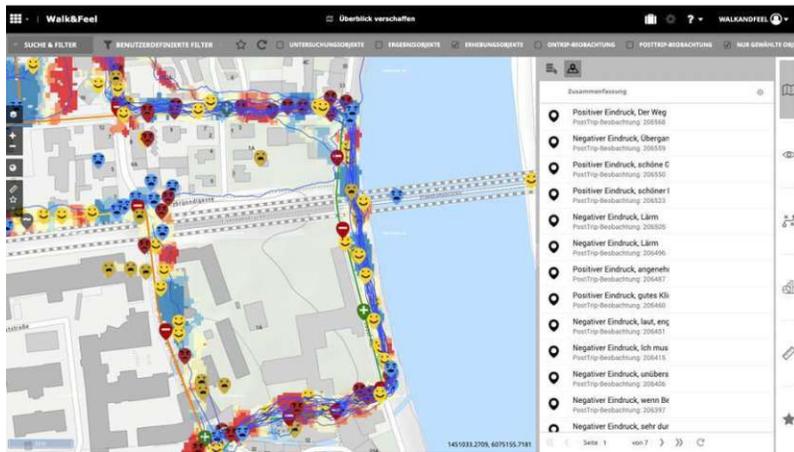


Abbildung 45: Walk & Feel-WebClient – Salzburg Lehen (Quelle: PRISMA solutions)



Abbildung 46: Salzburg Lehen (Aufnahme Teilnehmer*in)

Integrierter Walkability-Index

An dieser Stelle liegt der Walkability-Index über einen langen Abschnitt im guten Bereich (4,0 – 4,5). Ausschlaggebend hierfür ist der getrennte, begrünte Geh- und Radweg entlang der Salzach.

Hotspots/Emotionsdaten

Entlang des Flusses sind wenige Stressmomente zu erkennen. Nur in den Straßen, die von der Salzach wegführen, sind punktuell Stressmomente festzustellen.

OnTrip-Beobachtung

Bei den OnTrip-Beobachtungen überwiegen eindeutig positive Emotionen. An den nördlichen, aber auch südlichen Querungspunkten wurden Ärger- und Angst-Icons von den Teilnehmer*innen vermerkt.

PostTrip-Beobachtung

Vergleichsweise wenige Nennungen insgesamt gibt es bei den PostTrip-Beobachtungen. Hier wird einerseits von der grünen und angenehmen Wegeführung, dem guten Klima und der übersichtlichen Verkehrsführung berichtet. Andererseits führt die fehlende Trennung von Fuß- und Radverkehr auch zu einigen Konflikten, die sich in negativen Kommentaren zu letzteren Verkehrsteilnehmer*innen äußern. Auch hier decken sich überwiegend die Ergebnisse der verschiedenen Erhebungsmethoden.

Negatives Beispiel

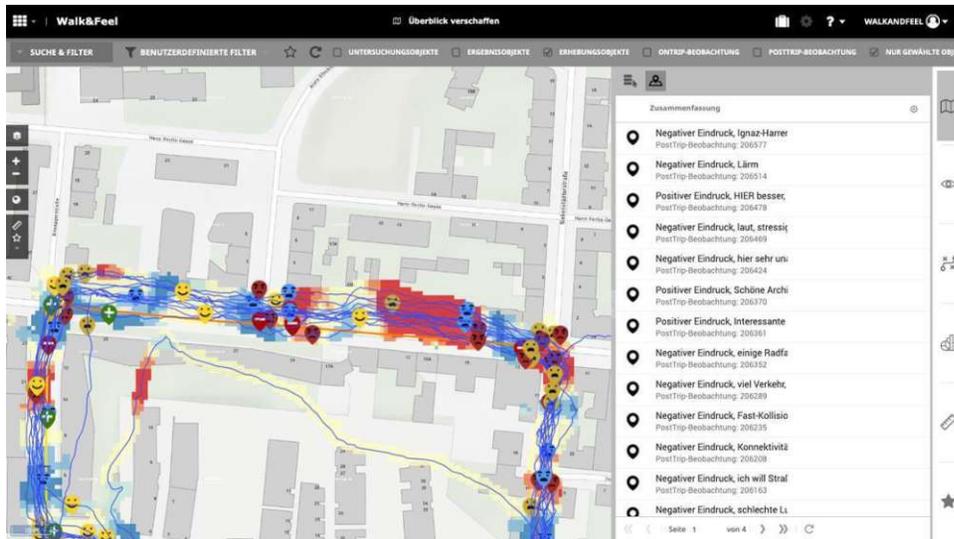


Abbildung 47: Walk & Feel-WebClient – Salzburg Lehen (Quelle: PRISMA solutions)



Abbildung 48: Salzburg Lehen (Aufnahme Teilnehmer*in)

Integrierter Walkability-Index

Im Norden des Untersuchungsgebietes in Lehen grenzt ein neu errichtetes Stadtentwicklungsgebiet an eine der Haupteerschließungsachsen in Salzburg an. Der Index ist im mittleren Bereich (3,5 – 4,0) angesiedelt. In diesem Bereich ist die Qualität des öffentlichen Raums nicht besonders hoch und hauptsächlich auf den MIV ausgerichtet. Es gibt wenig Beschattung, spärliche Sitzmöglichkeiten und geringe Gehwegbreiten (<2 m).

Hotspots/Emotionsdaten

Entlang des Straßenabschnitts gibt es drei Hotspots an Stressmomenten. Im mittleren, östlichen Bereich sind diese eindeutig höher als am anderen, westlichen Teil der Ignaz-Harrer-Straße. Dies könnte auf die hohe MIV-Belastung, Hindernisse am Weg (siehe Foto) oder auch den Rückstau an der Ampel hinweisen.

OnTrip-Beobachtung

Lediglich äußerst wenige Teilnehmer*innen konnten der dortigen Situation während der Begehung etwas Positives abgewinnen. Ekel, Ärger und Angst dominieren hier ganz klar.

PostTrip-Beobachtung

Es herrscht ein durchwegs negativer Grundtenor unter den Teilnehmer*innen. Hier wird hauptsächlich die vollkommen auf den MIV ausgelegte und überlastete Verkehrssituation thematisiert sowie damit verbunden Lärm, Abgase, Stau, rücksichtslose Autofahrer*innen, auf den Gehsteig ausweichende Radfahrer*innen sowie fehlende oder auch schlechte Querungsmöglichkeiten für Fußgänger*innen. Auch in diesem Gebiet finden sich Übereinstimmungen zwischen den Methoden.

4.3.6 Nutzer*innen-Akzeptanz

Wie bereits erwähnt, wurde im Rahmen des Projektes auch eine Befragung realisiert, um Sozio-Demographie, Mobilitätsverhalten mit Schwerpunkt Zufußgehen, allgemeines Wohlbefinden sowie Tragekomfort der Sensoren zu erheben. In den wissenschaftlichen Beiträgen wurde angemerkt, dass die Teilnehmer*innen meist dem WEIRD-Spektrum („Western, Educated, Industrialized, Rich, and Democratic“ nach Henrich et al., 2010) entsprechen, was sich auch in dieser Stichprobe widerspiegelt, da es sich um überwiegend gut gebildete Teilnehmer*innen mit einem Überhang der Altersgruppe zwischen 26 und 35 Jahren handelte. Der Vergleich in Tabelle 13 zeigt somit, dass eine Repräsentativität nicht gegeben ist.

Sozio-demographisch setzte sich die Teilnehmer*innen-Gruppe (n = 67) wie folgt zusammen:

	Projekt-Teilnehmer*innen	Bevölkerung Österreich
Alter		
0 – 17	0 %	17 %
18 – 25	30 %	9 %
26 – 35	42 %	18 %
... 36 – 49	16 %	27 %
50 – 70	12 %	41 %
... 70 –	0 %	13 %
Geschlecht		
Weiblich	56,7 %	49,3 %
Männlich	43,3 %	50,7 %
Bildungsgrad		
Pflichtschule	1,5 %	25 %
Lehre/Ausbildung/Matura	28,4 %	62 %
Universitätsabschluss	65,7 %	13 %
Anderer Abschluss	4,5 %	–
Pkw-Verfügbarkeit	22 % (immer)	67 % (immer)

Tabelle 13: Vergleich Sozio-Demographie der Teilnehmer*innen, Projekt und Bevölkerung Österreich (Quelle: Statistik Austria 2021)

Andererseits wurde in der systematischen Literaturanalyse deutlich, dass die Nutzer*innen sowie die Akzeptanz der Wearables wenig berücksichtigt wurden. Hierzu ein paar Erkenntnisse.

Teilnehmer*innen sind fußgeaffin

Schon die Rekrutierung implizierte, dass eine Strecke zu Fuß absolviert werden soll. Somit ist davon auszugehen, dass sich eher Personen zur Teilnahme bereitklärten, die vermutlich schon viel bzw. gerne zu Fuß unterwegs sind (Selbstselektion). Mit einem überwiegenden Anteil von Bewohner*innen urbaner Gebiete war davon auszugehen, dass es weniger Pkw-Besitzer*innen (22 % von ihnen steht immer und 35 % steht nie einen Pkw zur Verfügung) und mehr ÖV-Nutzer*innen in der Stichprobe gibt, als im gesamtösterreichischen Durchschnitt.

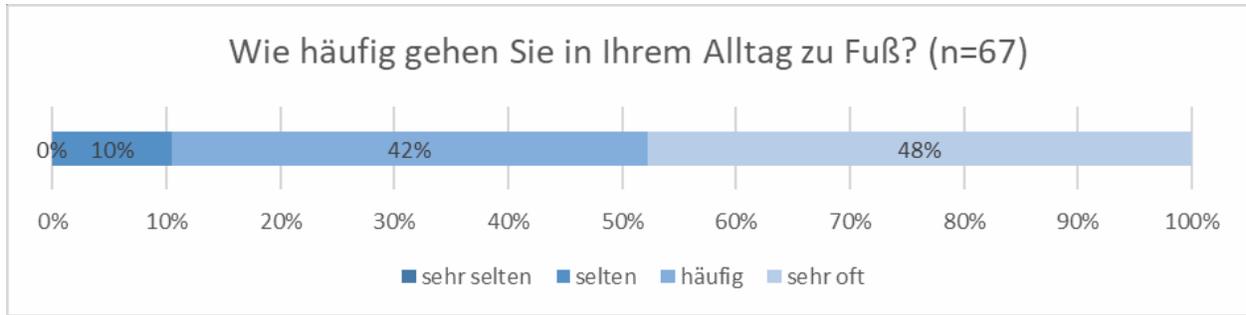


Abbildung 49: Häufigkeit Zufußgehen (eigene Darstellung)

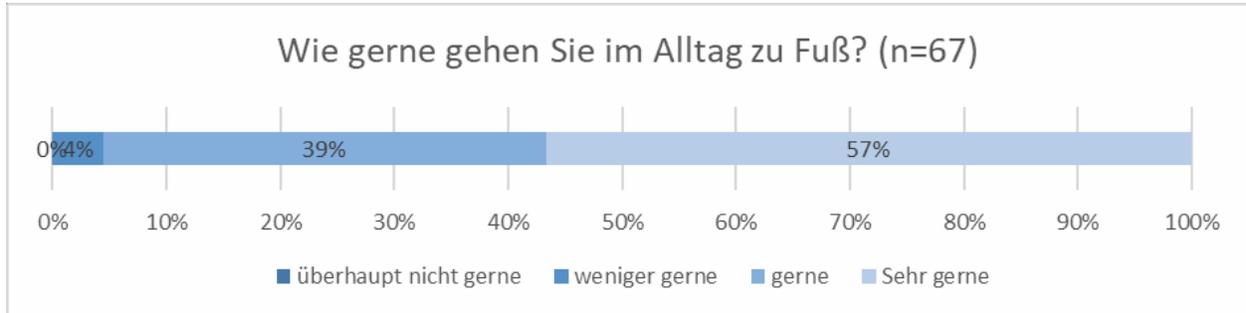


Abbildung 50: Einstellung Zufußgehen (eigene Darstellung)

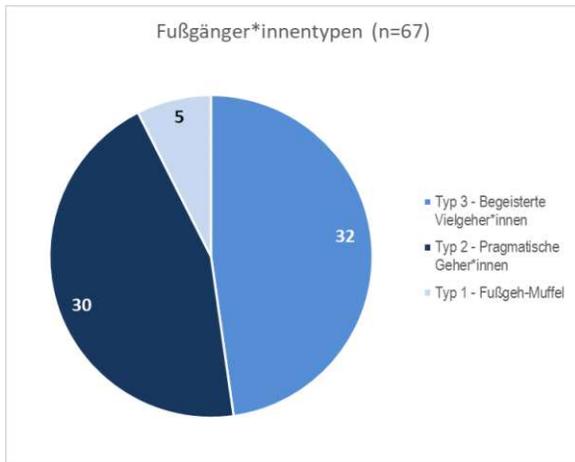


Abbildung 51: Fußgänger*innentypen (eigene Darstellung)

Die Befragung zeigt, dass ca. die Hälfte der Befragten sehr oft und sehr gerne zu Fuß geht und gleichzeitig eine Gehzeit von durchschnittlich 45 Minuten angibt. Zum Vergleich: Die tägliche „Unterwegszeit“ in der Schweiz beträgt 35 Minuten, in Österreich liegen dazu keine Daten vor.

Hinsichtlich Fußgänger*innen-Typen, basierend auf Pkw-Verfügbarkeit, alltäglichen Fußwegen, Einstellung zum Gehen und täglicher Gehzeit, stellen sich die Teilnehmer*innen als überwiegend begeisterte oder zumindest pragmatische Geher*innen dar. Eine ausführliche Darlegung der Typ-Bestimmung (begeisterte Vielgeher*in, pragmatische Geher*in und Fußgeh-Muffel) findet sich in Anhang V.

Außerdem wurde auch qualitativ von einigen Teilnehmer*innen eine positive Grundeinstellung gegenüber dem Fuß- und Radverkehr und der Förderung dessen betont („Mehr Platz für Radfahrer und Fußgänger – Bewusstsein schaffen“, Teilnehmer*in 126).

Sensoren wenig störend

Das Projektteam ging davon aus, dass besonders das Anlegen der Brustsensoren für Irritationen und Unwohlsein sorgen würde. Die Räumlichkeiten für die Ausstattung der Teilnehmer*innen boten ihnen jedoch die Möglichkeit, sich in einem separaten Raum den Brustgurt anzulegen. Das rote Blinken der GoPro-Kamera während der Aufnahme wurde nach mehreren Feldtests deaktiviert, da Teilnehmer*innen die Aufmerksamkeit anderer Fußgänger*innen auf sich zogen, was wiederum für Stress sorgte. „Es ist komisch, mit einer laufenden Kamera durch die Gegend zu laufen“ (Teilnehmer*in 121).

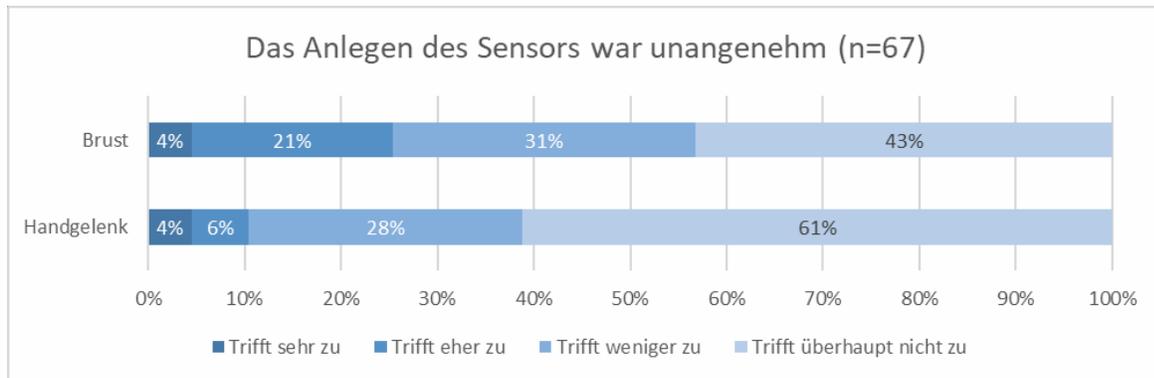


Abbildung 52: Anlegen Sensor (n = 67) (eigene Darstellung)

Das Anlegen der Sensoren war für die wenigsten unangenehm: Nur 10 % stimmten sehr oder eher zu beim Armband, 25 % beim Brustgurt. Somit wurde das Anlegen des Armbands von den Teilnehmer*innen als angenehmer empfunden.

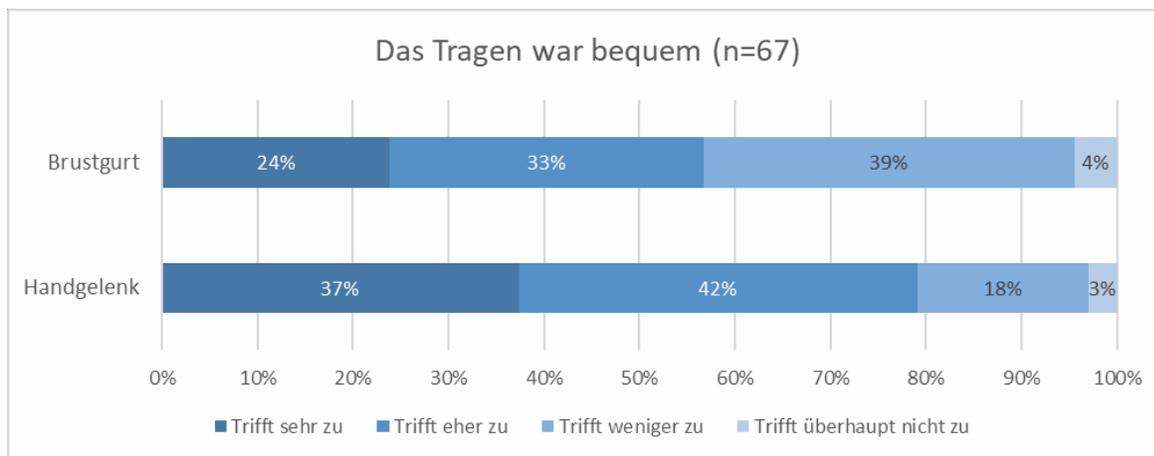


Abbildung 53: Tragen bequem (n = 67) (eigene Darstellung)

Der Brustsensor im Vergleich zum Handgelenkssensor als unangenehmer empfunden. Dennoch empfanden mehr als die Hälfte (57 %) den Brustgurt und drei Viertel (78 %) das Armband als bequem.

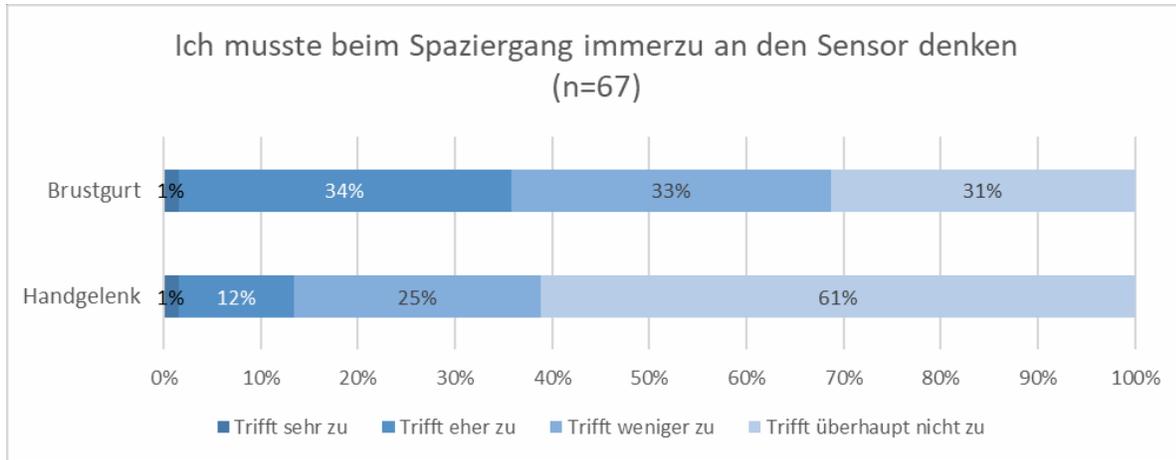


Abbildung 54: Denken an Sensor (n = 67) (eigene Darstellung)

Auch wenn der Brustsensor für die Teilnehmer*innen unsichtbar war, gaben doch deutlich mehr Befragte (35 %) an, an den Brustsensor während des Spaziergangs gedacht zu haben als an das Armband (13 %). Dies liegt vermutlich daran, dass das Tragen eines Armbandes bzw. einer Uhr alltäglicher ist, als das Tragen eines Brustgurts.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Frage zur Einschränkung beim Gehen. Dabei schnitt der Brustgurt wieder schlechter ab als das Armband, welches 84 % der Teilnehmer*innen als gar nicht einschränkend empfanden.

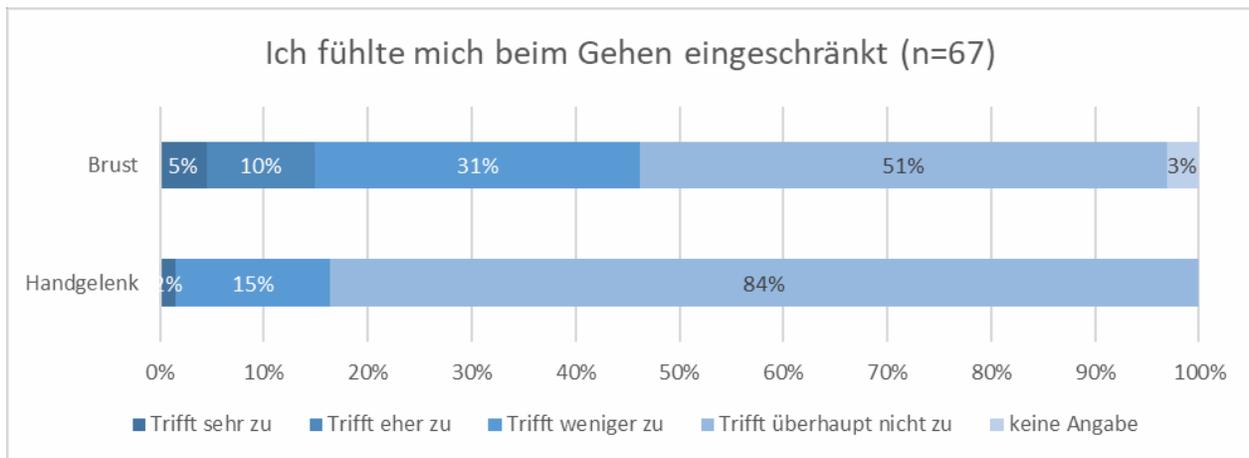


Abbildung 55: Beim Gehen eingeschränkt (eigene Darstellung)

Fußgänger*innen-Typen und Akzeptanz der Wearables

Typ	Das Anlegen des Sensors war unangenehm		Das Tragen war bequem		Ich musste immerzu an den Sensor denken		Ich fühlte mich beim Gehen eingeschränkt	
	Brust	Hand	Brust	Hand	Brust	Hand	Brust	Hand
1 (n = 5)	-	~	~	~	~	~	--	--
2 (n = 30)	-	--	~	+	-	--	--	--
3 (n = 32)	-	--	+	++	-	--	--	--

Tabelle 14: Vergleich Fußgänger*innen-Typen und Akzeptanz (Zustimmung: sehr stark ++, stark +, mittel ~, weniger -, gar nicht --)

Im Vergleich der Sensoren untereinander lässt sich feststellen, dass das Armband eher akzeptiert und als angenehmer empfunden wurde. Zwischen den Fußgänger*innen-Typen sind die Unterschiede minimal, wobei das Tragen beider Sensoren von den Vielgeher*innen unterwegs eher als bequem empfunden wurde und das Anlegen als weniger unangenehm. Das deckt sich etwas mit der qualitativen Beobachtung, dass manche Teilnehmer*innen für ihre sportlichen Tätigkeiten einen Pulsgurt/eine Pulsuhr verwenden und ihnen daher die Wearables vertraut erschienen.

Offenheit und Neugier, aber skeptisch

Aus Beobachtungen durch das Konsortium konnte eine gewisse Offenheit und Neugier seitens der Teilnehmer*innen erkannt werden, die sich durch genaueres Nachfragen und großes Interesse an den eigenen „Stressdaten“ ausdrückte. Zudem wurde auch die Neuheit des Themas angesprochen: „Ein interessantes Forschungsgebiet, das ich noch gar nicht kannte, aber sehr interessant finde!“ (Teilnehmer*in 216).

Es gab jedoch auch eine gewisse Skepsis: „Ich hatte auch das Gefühl, dass die innere Einstellung dafür verantwortlich ist, wie man die Dinge wahrnimmt“ (Teilnehmer*in 201). Häufig wurden aber auch Bedenken geäußert, sich zu verlaufen oder die vorgegebene Strecke nicht zu finden. In Einzelfällen teilten die Teilnehmer*innen dem Konsortium nach der Begehung eine Entschuldigung mit, da sie falsch gegangen waren. Auch das muss als Stressfaktor mitbedacht werden. Zudem hätte vorher genauer definiert werden müssen, wann die eDiary-App zum Einsatz kommen soll. „Wenn dir etwas auffällt“ war seitens der Teilnehmer*innen teilweise schwierig nachzuvollziehen.

Des Weiteren wurde auch hinterfragt, ob Ortskenntnis oder das Wetter die Daten nicht verfälschen könnte: „Da ich vier Jahre in der Seestadt gewohnt habe, kenne ich die ganzen Wege schon und der Spaziergang war für mich dadurch ziemlich neutral und mir ist nicht viel aufgefallen. Hoffe, es hat trotzdem was gebracht!“ (Teilnehmer*in 309). Ein andere*r Teilnehmer*in äußerte, dass das (schlechte) Wetter die Stimmung stark beeinflusste.

Vorgegebene Strecke und Orientierung

Im Forschungsdesign wurde den Teilnehmer*innen eine Strecke vorgegeben, die sie im Uhrzeigersinn zu bewältigen hatten. Viele Teilnehmer*innen waren die Orientierung über eine Karte (anstatt über einen Online-Wegweiser) nicht gewöhnt, hatten Schwierigkeiten sich zurechtzufinden und sind auch teilweise falsch abgebogen, was sich anhand der GPS-Daten nachträglich rekonstruieren ließ. Die Herausforderungen bzgl. der Wegfindung wurden von vielen

Teilnehmer*innen auch offen kommuniziert, so berichtet unter anderem Teilnehmer*in 128: „Habe mich zwischendurch vergewissern müssen, ob ich evtl. nicht die Route abkürze, da ich Teile des Weges auch zur Uni oder zur Arbeit mit dem Fahrrad fahre.“

Interesse an den Ergebnissen

Die meisten Teilnehmer*innen (84 %) gaben an, an den Ergebnissen und insbesondere an ihren eigenen „Stresswerten“ interessiert zu sein, haben sich jedoch zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr gemeldet.

Feedback zur eDiary-App

In der Befragung nach dem Spaziergang konnten die Teilnehmer*innen in einem freien Feld noch etwas mitteilen. Überwiegend wurde auf die eDiary-App Bezug genommen. „Manche Stellen des Walks habe ich interessant gefunden, beim Survey etwas schwergetan, Freude, Ärger, Ekel, ... zuzuweisen – manchmal war es eine Mischung“ (Teilnehmer*in 123). Weitere Kommentare waren wie folgt:

- Wunsch nach zusätzlichen Auswahlkategorien wie Lärm (mehrfach genannt), Geruch, Wetter sowie freies Feld
- Schwierig, die Emotion zuzuordnen (Freude, Ärger, Angst, Ekel), da es manchmal eine „Mischung“ gab
- Generell waren mehr Auswahlmöglichkeiten in der eDiary-App gewünscht

4.3.7 Stakeholder*innen-Workshop

Die entwickelte Plattform hat sich in Gesprächen bzw. in einem Workshop mit Stakeholder*innen der Stadt Graz, der Grazer Holding und dem Land Steiermark (organisiert vom UML Graz) als äußerst hilfreich für die Kommunikation und differenzierte Darstellung von Daten bewiesen. Wesentliche Erkenntnisse aus dem Workshop waren, dass die Daten aus dem Projekt Walk & Feel für eine **evidenzbasierte Planung** eingesetzt werden können. Hintergrund ist, dass aktuell die Verkehrsplanung häufig nur im Zusammenhang mit Unfällen tätig wird, da diese Daten greifbar sind. Analysen im Zusammenhang mit der Walkability unter Einsatz von Humansensorik bieten nach Ansicht der Expert*innen die Chance, evidenzbasierte Daten zu erzeugen und diese Entscheidungsträger*innen präsentieren zu können, um den Bedarf an Umgestaltung argumentieren zu können. Solche Methoden sind jedoch häufig aufgrund der knappen finanziellen Mittel (siehe Kapitel 5.6.2) gehemmt.

Des Weiteren ist die **Ableitung von Richtlinien für die Fußwege-Planung** ein denkbare Einsatzfeld. Der Visualisierungsclient bietet eine gewisse Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Straßenquerschnitten oder räumlichen Strukturen und gibt Aufschluss darüber, in welchem räumlichen Setting Fußgänger*innen sich unwohl fühlen. Auch wenn viele Zusammenhänge dahingehend weitestgehend bekannt sind, kann dieses Wissen weiter verortet und objektiviert werden.

4.3.8 Abschließende Betrachtung und aktueller Stand

Aus diesem Fallbeispiel ergeben sich zusammenfassend folgende wesentlichen Erkenntnisse:

- a) Der Aufwand für die Feldtests sinkt mit der Routine der Forschenden, da pro Forschendem mehr Teilnehmer*innen betreut werden können.
- b) Die webbasierte Anwendung ermöglichte es, verschiedene Daten kartenbasiert zu präsentieren und diese über diverse Filter anzeigen zu lassen.
- c) Beim Vergleich der unterschiedlichen Datenquellen fällt insbesondere auf, dass diese manchmal konsistent sind, jedoch nicht immer übereinstimmen, z. B. hinsichtlich des gemessenen und berichteten Stresses. Auch war der Auslöser des Stresses nicht immer klar, da von den umgebenden baulichen Faktoren nichts oder nicht viel darauf hindeutete. Es war im Nachhinein schwierig, die gemessenen physiologischen Reaktionen mit dem gebauten Raum in Verbindung zu bringen. Die Annahme, dass das neue Entwicklungsgebiet Seestadt Aspern „stressfreier“ ist, konnte auf diese Weise auch nicht bestätigt werden. Einen Mehrwert konnten jedoch die vielen verschiedenen Methoden liefern, die ein umfassendes Bild der baulichen Gegebenheiten und der Störfaktoren boten.
- d) Die Teilnehmer*innen der Feldtests waren überwiegend gehaffin und gut gebildet.
- e) Sensoren bzw. Wearables am Handgelenk wurden als weniger störend empfunden, als der Brustgurt. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass diese eher akzeptiert werden. Das ist insbesondere wichtig, da künftige Studien auf **die Nutzungsfreundlichkeit und Akzeptanz angewiesen** sind, um ausreichend Teilnehmer*innen rekrutieren zu können.
- f) Die Unterschiede in der Akzeptanz der Wearables zwischen den Fußgänger*innen-Typen sind minimal, wobei das Tragen beider Sensoren unterwegs von den Vielgeher*innen eher als bequem empfunden wurde und das Anlegen als weniger unangenehm.
- g) Seitens der Teilnehmer*innen konnten Neugier und Offenheit beobachtet werden, jedoch auch Unsicherheiten in Bezug auf die Strecke und die Verwendung der Wearables sowie auch Skepsis hinsichtlich der Methoden.

Das Projekt Walk & Feel, welches hier als Fallbeispiel herangezogen wurde, endete 2020. Es konnten im Vergleich zu den Studien in der systematischen Literaturanalyse viele Teilnehmer*innen dafür rekrutiert werden, die Herausforderungen und Erkenntnisse waren jedoch ähnlich. Der Fokus dieses Projekts lag ebenfalls mehr auf der methodischen Weiterentwicklung sowie der Plattform. Auch hier wären eine weitere Operationalisierung und der Vergleich der Stresspunkte (z. B. Anzahl pro Segment oder Vergleich verschiedener Kreuzungssituationen) als nächster Schritt denkbar (siehe auch Kapitel 7.2).

Die entwickelte Plattform wurde in Gesprächen bzw. im Workshop als hilfreich für die Kommunikation und Darstellung von unterschiedlichen Daten bewertet. Dennoch wurde das Forschungsprojekt nicht weiter aufgegriffen. Geplant war zwar eine neue Einreichung mit der Idee, die Sensordaten mit dem MobiMeter® (App zur Erfassung und Analyse des Mobilitätsverhaltens) zu verknüpfen, allerdings fehlten die Anwendungspartner*innen, d. h. die Städte, Gemeinden und Planungsbüros, die das Produkt dann auch implementieren und testen hätten sollen. Es sei jedoch erwähnt, dass nach einem Gespräch mit Projektleiterin Ulrike Brozca bestimmte Features, die im Rahmen des Projekts entwickelt wurden, z. B. das Längenband, in ein anderes Produkt der PRISMA solutions GmbH übernommen und dort weiterentwickelt worden sind. In Ermangelung einer Förderung wurde das Produkt des Visualisierungsclients nicht weitergeführt, da in

die Entwicklung investiert hätte werden müssen. Aus reinem Interesse kann ein Unternehmen jedoch solch ein Produkt nicht weiterführen, da es lediglich einen sehr kleinen Markt sowie geringe oder auch unklare Zahlungsbereitschaft gibt.

4.4 Fallstudie 2: Kinder und Stress am Schulweg

Kinder sind auf Schulwegen vielen Herausforderungen ausgesetzt und es bedarf einer kindgerechten Infrastruktur, um einen sicheren sowie stressfreien Schulweg zu Fuß zu garantieren. Die selbständige Mobilität von Kindern hat einen wesentlichen Einfluss auf deren Gesundheit und Entwicklung (Scheiner, 2019). Für das Wohlbefinden von Kindern spielt die Verkehrssicherheit eine wesentliche Rolle. Circa die Hälfte der Wiener Schulkinder geht zu Fuß zur Schule (48 %) und legt dabei eine durchschnittliche Strecke von 600 Metern zurück (Zuser et al., 2015). Da Kinder eine sehr vulnerable Gruppe sind, sind vor allem kritische (Unfall-)Punkte bedeutsam, die bei Kinder Unbehagen auslösen oder auch gefährlich sein können. Hierbei spielen neben den kognitiven Fähigkeiten der Kinder insbesondere äußere Faktoren wie die Verkehrsdurchmischung, das Verkehrsaufkommen, die Ablenkung oder eine überhöhte Geschwindigkeit eine Rolle (Cordin & Hackenfort, 2021). Zu Fuß bewältigte Schulwege sind auch mehr als eine Fortbewegung zwischen A und B: Sie sind ein Ort, wo Kinder neue Fähigkeiten u. a. im Austausch mit anderen Kindern erlernen und weiterentwickeln. Schulwege sollten oder können daher auch „ein Ort des Vergnügens mit positiver Auswirkung auf das physische und mentale Wohlbefinden der Kinder“ (Berchtold-Sedooka et al., 2021) sein.

Die Stress- und Emotionsforschung beschäftigt sich nicht nur mit Erwachsenen, sondern auch mit Stressprozessen bei Kindern. Die Bewertung von beispielsweise affektiven Bildern (siehe Kapitel 4.4.2.3) kann auch bei Kindern Anwendung finden und es kann angenommen werden, dass die physiologischen Reaktionen darauf (z. B. Zunahme der Hautleitfähigkeit) jenen von Erwachsenen ähneln. Diese Reaktionen wurden auch zwischen fünf und 25 Jahren als konstant beschrieben (Venables and Mitchell, 1996). Auch wenn hier teilweise Abweichungen festgestellt werden können, die durch Stichprobenfehler oder das gegenseitige Ablenken der Kinder untereinander begründet werden können, bestätigte McManis et al. (2001), dass bei unangenehmen Bildern die Hautleitfähigkeit höher war als bei angenehmen oder neutralen Bildern – und das über alle Gruppen (Kinder von 7 bis 10 Jahren und Erwachsene) hinweg.

Wie die systematische Literaturanalyse zeigte, wurden vulnerable Gruppen, zu denen Kinder gehören, noch nicht in die Forschung zur Humansensorik einbezogen. Diese Fallstudie hat daher zum Ziel, zu überprüfen, ob die Methode der Humansensorik, insbesondere die Messung mit Wearables, durchführbar ist und die Geräte für Kinder geeignet sind. In einem nächsten Schritt sollen die Daten der Identifikation kritischer Punkte im Schulwegenetz dienen, die von Eltern und Kindern nicht bewusst wahrgenommen oder verbalisiert werden.

4.4.1 Motivation und Ziele der Studie

Die Studie wurde von Kuratorium für Verkehrssicherheit (KFV) in Auftrag gegeben. Ausführende Partner*innen waren die Technische Universität Wien, Institut für Raumplanung, Forschungsbereich Verkehrssystemplanung (Move) (**Untersuchungsdesign und Methoden**), die Universität Salzburg, Fachbereich Geoinformatik – z_GIS (**Datenauswertung**).

Wesentliches Ziel war die Prüfung der Eignung der Wearables und die Aussagekraft der Daten. Durch die räumliche Verortung lassen sich möglicherweise stressbehaftete Situationen für Kinder und Erwachsene in der Umgebung identifizieren. In dieser Studie soll insbesondere das kindliche Stressempfinden beim unbegleiteten Schulweg detailliert betrachtet werden, um bei der Behebung von (Sicherheits-)Mängeln konkrete Planungshinweise geben zu können.

Methodische Ziele:

- Anwendung und Überprüfung der ausgewählten Wearables mit Kindern (und ggf. deren Eltern)
- Bewertung der Methodik durch Forscher*innen (und ggf. Nutzer*innen)
- Abschätzung der Sinnhaftigkeit der Untersuchungen mit Kindern

Inhaltliche Ziele:

Im „Labor“:

- Prüfung der Eignung der Wearables für Kinder (Nachvollziehbarkeit der Daten)
- Identifikation von Stressmomenten
- Datenprüfung und -auswertung sowie Bewertung der Zuverlässigkeit der gewonnenen Stressinformationen
- Interne Evaluierung der Machbarkeit eines umfassenderen Feldtests, v. a. in Bezug auf die Generierung von zuverlässiger Stressinformation sowie die Möglichkeit der Einhaltung ethischer Rahmenbedingungen
- Reflexion der ethischen Belange von Kindern

Im „Feld“:

- Prüfung der Eignung der Wearables für Kinder und Erwachsene im alltäglichen Gebrauch (Tragekomfort, Nutzungsfreundlichkeit)
- Identifikation von Wahrnehmungen und Stress am Schulweg, die im (räumlichen) Kontext zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen können
- Darstellung von räumlichen Häufungen von Stressmomenten bzw. physiologische Reaktionen der Kinder als Indikator für die Verkehrssicherheit und Wahrnehmung des Schulwegs
- Überprüfung und Diskussion der Ergebnisse mit Teilnehmer*innen der Feldstudie
- Reflexion der ethischen Belange von Kindern

4.4.2 Das Forschungsdesign

In einem projektinternen Dokument (Jeremias et al., 2021) wurden das Untersuchungsdesign sowie die Ergebnisse detailliert beschrieben. Im Folgenden werden die Erkenntnisse aufgegriffen und nochmals differenzierter mit Fokus auf die Nutzungsfreundlichkeit und die ethischen Belange dargelegt. Die Studie zeichnete sich dadurch aus, dass die Teilnehmer*innen-Gruppe aus Kindern bestand und die Wearables mit nach Hause genommen wurden, um die Testungen **selbstständig** realisieren zu können. Das ist in den wenigsten Studien zu Stressmessung und Mobilität der Fall (siehe systematische Literaturanalyse, Kapitel 3).

4.4.2.1 Erhebungsmethoden

Es kamen verschiedene Erhebungsmethoden zum Einsatz, welche miteinander kombiniert wurden. Dabei sollte wiederum (wie bei Fallbeispiel 1) versucht werden, mit den Stärken der einen Vorgehensweise die Schwächen der jeweils anderen auszugleichen.

Methoden/Tools	Instrument	Beschreibung	Labortest	Feldtest
GPS-Tracking	GPS-Logger oder Smartphone	Um die genauen Routen der Teilnehmer*innen erheben zu können, ist ein GPS-Tracking erforderlich.		x
EDA messen	Empatica E4 (Armband)  Fotoquelle: eigene Aufnahme	Das Armband misst u. a. die Hautleitfähigkeit (die elektrischen Leiteigenschaften der menschlichen EDA).	x	x
EKG messen	BioHarness (Brustgurt)  Fotoquelle: BioHarness 3.0 User Manual	Gemessen werden EKG und Atemfrequenz (die Messqualität ist möglicherweise unzureichend), danach erfolgt die Ableitung der Herzrate und der Herzratenvariabilität.	x	x
Emotional Pictures/Sounds & Self Assessment Manekins	Bilder der Datenbank EmoMadrid	Bilder und Geräusche, die angenehm, unangenehm und neutral sind, werden gezeigt bzw. abgespielt, um Emotionen bzw. physiologische Reaktionen hervorzurufen.	x	
Interview mit den Teilnehmer*innen nach dem Feldtest	Interview-Leitfaden	Ein Gespräch mit Kindern und Eltern soll u. a. Aufschlüsse über die Nutzungsfreundlichkeit der Hardware sowie die Herausforderungen und besonderen Ereignisse am Schulweg geben (da auf eDiary-Rückmeldungen unterwegs via App verzichtet wurde).		x
Schulwegtagebuch	Gedrucktes Heft zum Ausfüllen	Nach dem Schulweg haben die Kinder die Möglichkeit, die aktuelle Stimmung, das Wetter und besondere Ereignisse am Weg zu notieren.		x

Tabelle 15: Erhebungsmethoden und verwendete Werkzeuge

Die Humansensorik-Daten wurden mit zwei unterschiedlichen Geräten aufgenommen. Zum Einsatz kamen das Armband Empatica E4 und der Brustgurt BioHarness der Firma Zephyr. Diese messen unter anderem die Hautleitfähigkeit und Herzratenvariabilität, womit danach die Zeitpunkte der Stressmomente (Moments of Stress – MOS) ermittelt werden können. Über den Zeitstempel können die Stressmomente mit dem GPS-Track verknüpft und auf der Karte dargestellt werden.

„Emotional Pictures“ & Self Assessment- Manekins

Standardisierte Bilder werden in der Psychologie häufig eingesetzt (vgl. Kapitel 2.1.6). Hier wurde die Datenbank „EmoMadrid“ mit einer großen Anzahl standardisierter, emotional-evokativer, international zugänglicher Farbfotografien herangezogen. Aus diesen wurden jeweils zehn angenehme, unangenehme und neutrale Bilder ausgewählt und den Kindern auf einer großen Leinwand gezeigt (Carretié et al., 2019). Darüber hinaus wurden Geräusche von der International Affective Digitized Sounds (IADS) Datenbank abgespielt, die ebenfalls nach den Kriterien angenehm, unangenehm bzw. neutral ausgewählt wurden (Fernández-Abascal et al., 2008). Die Kinder konnten daraufhin mithilfe von Self Assessment- Manikins (SAM) angeben, wie positiv bis negativ (emotionale Valenz) und beruhigend bis aufwühlend (Arousal) sie das Bild oder Geräusch empfanden. Die SAM sind stilisierte Figuren, die es den Kindern ermöglichen, durch Draufzeigen ihre entsprechende Emotion auszudrücken. Ein Vergleich mit den physiologischen Daten soll dann Aufschluss bringen, ob die gemessenen Daten mit den angegebenen Emotionen übereinstimmen.

Bei der Bilder- und Geräuschauswahl wurden die maximal unangenehmen (z. B. Kriegsoffer) aufgrund forschungsethischer Überlegungen aussortiert. Die Auswahl hat sich an einer von Müller et al. (2004) orientiert, wobei nicht die identischen, sondern nur ähnliche Bilder in der EmoMadrid-Datenbank zu finden waren.

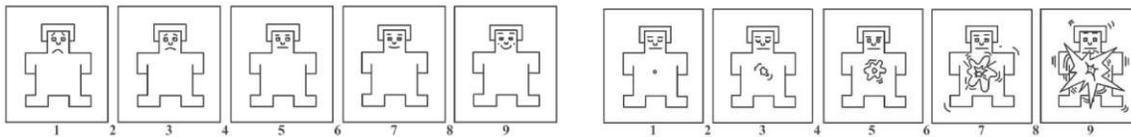


Abbildung 56: Zwei Sets der Manikins mit emotionaler Valenz (li.) und Erregung (Arousal) (re.) (Grafik von Bradley & Lang, 1994)

Schulwege-Tagebuch

Wegetagebücher, in denen Teilnehmer*innen ihre Wege am Ende des Tages notieren, werden in der Mobilitätsforschung häufig eingesetzt. In vorliegendem Fall ist das Wegetagebuch ein kleines Heft (siehe Beispiel in Anhang VI), in welchem die Kinder nach dem Schulweg ihre Stimmung, das Wetter und die Situationen beschreiben können, die ihnen am Schulweg in Erinnerung geblieben sind.

Interview

Nach dem Feldtest wurden leitfadengestützte Interviews (siehe Leitfaden Anhang VII) mit den Kindern und ihren Eltern realisiert. Das Ziel war zum einen, die Bedienbarkeit, Nutzungsfreundlichkeit und Tragekomfort der Wearables in Erfahrung zu bringen. Zum anderen hatten die Kinder nochmals die Möglichkeit, ihren Schulweg zu rekapitulieren und auf mögliche Ereignisse hinzuweisen. Die Themen Datenschutz und Sicherheit konnten nochmals gemeinsam reflektiert werden.

4.4.2.2 Die Teilnehmer*innen

Die Teilnehmer*innen waren Kinder von Mitarbeiter*innen des KfV. Da es sich um eine Vorstudie handelte, bei der primär die Eignung der Wearables und die Messbarkeit der physiologischen Reaktionen untersucht wurden, waren lediglich fünf Kinder involviert (beim Labortest waren es vier). Ihr Alter lag zwischen 7 und 11 Jahren.

Datum	Ort	Anzahl Teilnehmer*innen
Labortest Mai 2021	TU Wien-Gebäude	4
Feldtest 1 – 2 Wochen Ende September/Anfang Oktober 2021	Wohnorte der Teilnehmer*innen	5

Tabelle 16: Übersicht Labor- und Feldtest

Die Teilnehmer*innen erhielten Pseudonyme, um ihre Identität zu schützen.

4.4.2.3 Labortest

Zu einem Labortest wurden die Kinder und Erziehungsberechtigten im Mai 2021 eingeladen. Ziel war es unter anderem, die Wearables in einem geschlossenen Setting ohne Störvariablen bzw. Umweltfaktoren zu testen, die Kinder an die Technologie heranzuführen und Messdaten auf ihre Brauchbarkeit hin zu prüfen.

Bei Schulwegen gibt es diverse kritische Aspekte, auf welche im Labortest nicht im Detail eingegangen werden kann, wie Emissionen, Lärm/störende Geräusche, andere Verkehrsteilnehmer und unübersichtliche Querungen. Da nicht alles in einem geschlossenen Setting nachgebildet werden kann, wird auf verschiedene, kindgerechte Reize durch Bilder (visuell) und Geräusche (auditiv) zurückgegriffen.

Die Kinder wurden mit Sensoren ausgestattet und nahmen vor einer Video-Leinwand Platz. Alle paar Sekunden wechselte das vorgeführte Bild bzw. Geräusch. Nach jedem Bild bzw. Geräusch konnten die Kinder zudem eine subjektive Einschätzung des Gesehenen bzw. Gehörten mithilfe der SAM abgeben. Abschließend fragte die Projektleiterin, ob die Wearables bequem waren und ob die Kinder sich vorstellen könnten, diese Armbänder bzw. Brustgurte auch auf ihrem Schulweg zu tragen.

4.4.2.4 *Feldtest*

Beim Feldtest wurden die Kinder gebeten, auf ihrem Schulweg die Sensoren zu tragen und in der Schule wieder abzulegen. Die Strecken variierten stark in ihrer Länge und auch ihrem baulichen Umfeld (städtisch und dörflich). Eine Anleitung („Manual“, siehe Anhang VIII) wurde den Eltern zur Verfügung gestellt, da sie die Anbringung ohne Unterstützung der Forschenden umsetzen mussten. Es wurde empfohlen, mindestens sechs Testungen zu machen und bei Gelegenheit Fotos vom Schulweg aufzunehmen. Die Teilnehmer*innen wurden darauf hingewiesen, am Schulweg nicht mit dem Equipment zu interagieren, um Ablenkungen zu vermeiden. Nach Ankunft in der Schule konnten die Sensoren entfernt und Messungen seitens der Teilnehmer*innen beendet werden.

4.4.3 *Datenauswertung*

Mithilfe des E4-Armbands und des BioHarness-Brustgurts konnten physiologische Werte wie Hauttemperatur, Hautleitfähigkeit oder Herzschlag für den Labor- und Feldtest erfasst werden. Die Identifikation von Stressmomenten (MOS-Detektion) erfolgte nach Kyriakou et al. (2019) (siehe auch Kapitel 3.4) und wurde für den Feldtest in Form von Karten visualisiert.

4.4.4 *Ausgewählte Ergebnisse*

4.4.4.1 *Labortest*

Der Labortest zeigte, dass die Wearables auch bei Kindern verlässliche Ergebnisse lieferten und somit ein Feldtest anberaumt werden konnte (interner Bericht). Die Kinder vermittelten zudem, dass sie die Wearables als angenehm empfanden und für einen Feldtest offen waren.

4.4.4.2 *Feldtest*

Wie im unveröffentlichten Studienbericht von z_GIS und TU Wien ausführlich erläutert, spiegelt eine Ansammlung von Stressmomenten in den Punktdichtekarten nicht zwangsläufig eine höhere Stressdichte wider, da z. B. durch Wartezeiten an Ampeln mehrere MOS erfasst werden können.

Es folgt ein Beispiel von Teilnehmer*in Hase mit den verorteten MOS (Stressmomenten):

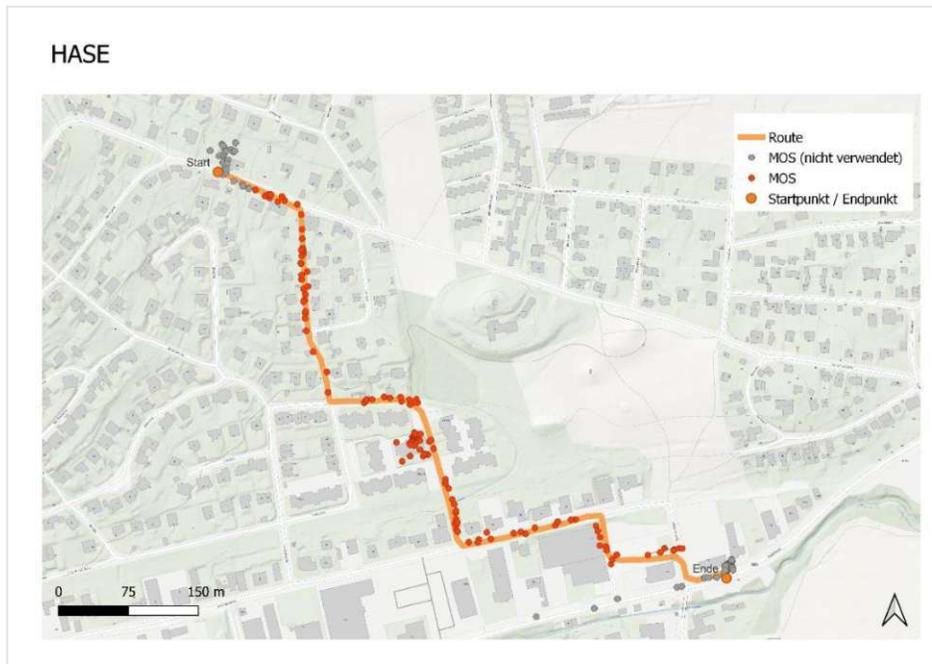


Abbildung 57: Errechnete MOS für Teilnehmer*in „Hase“ (Grafik erstellt von z_Gis, Uni Salzburg)

Es lässt sich eine sehr hohe Stressdichte im Norden, in der Nähe zum Startpunkt, erkennen. Im weiteren Verlauf der Route sind wiederum vermehrt Stresspunkte zu finden. In der Mitte der Route tritt ebenfalls eine hohe Stressdichte auf (siehe Abbildung 57). Dies könnte auf einen nicht routenspezifischen Stressfaktor, zum Beispiel der längere Aufenthalt aufgrund von Wartens auf jemanden, hindeuten (Jeremias et al., 2021)

Kontextualisierung MOS: Wie Hase in dem Interview mitteilte, wird am Weg noch ein*e Freund*in abgeholt. Da es hier wahrscheinlich zu einer geringeren Bewegungsgeschwindigkeit kommt, kann dies die Anhäufung von MOS erklären. Sonst wurde der Schulweg eher als ruhig und wenig ereignisreich beschrieben.

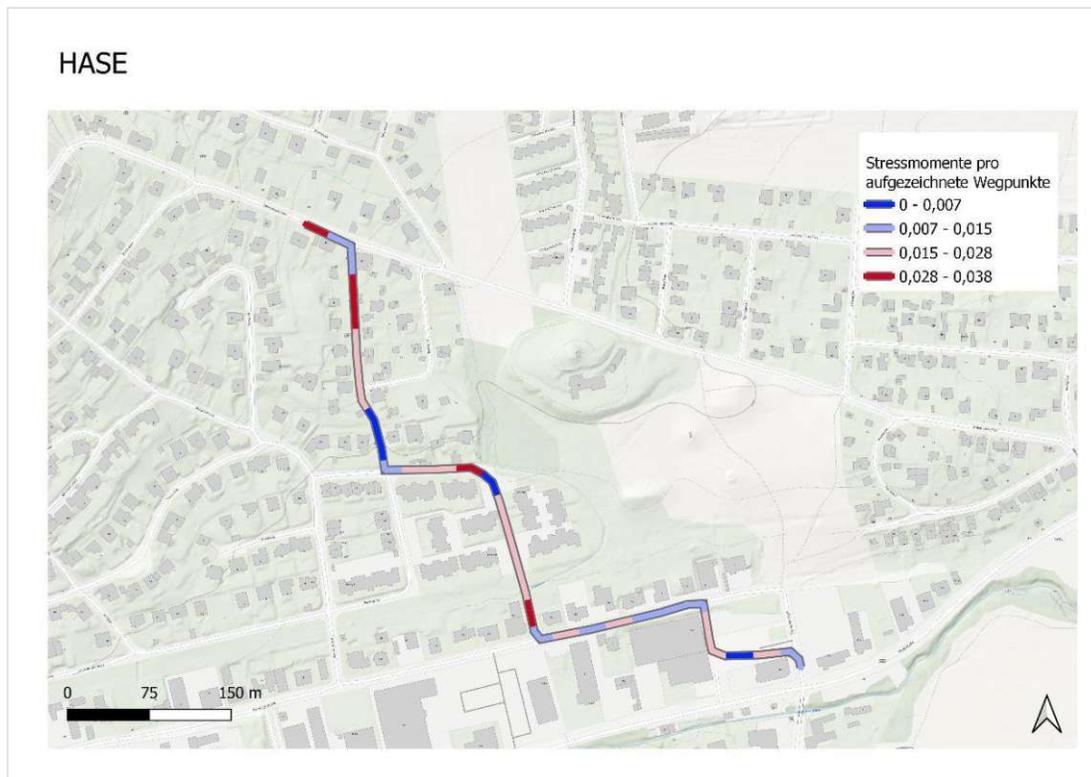


Abbildung 58: Stressdichte für Teilnehmer*in „Hase“ (Grafik erstellt von z_Gis)

Abbildung 58 zeigt Segmente mit sehr hoher Stressdichte im Norden, was ca. dem Startpunkt entspricht. Ein paar weitere Segmente sind im weiteren Verlauf der Route zu finden und eine hohe Stressdichte kurz vor der Kreuzung ist zu erkennen (Jeremias et al., 2021).

4.4.4.3 Interviews

Im Rahmen der Studie zu Stress am Schulweg wurden auch Interviews mit den Eltern und Kinder geführt. Dabei handelte es sich zwar lediglich um fünf Kinder und ihre Mütter, die Rückmeldungen geben jedoch einen guten Einblick darüber, wie die Teilnehmer*innen innerhalb von zwei bis drei Wochen den selbstständigen Umgang mit den Wearables wahrnahmen.

	Kategorie	Feedback
Geräte	Im Allgemeinen	Generell sind Teilnehmer*innen gut zurechtgekommen. Etwas missverständlich am Armband war das Abnehmen der Ladekappe, um die Sensoren freizulegen. Das wurde von zwei Teams anfangs vergessen und somit keine Daten aufgezeichnet. Auch der Brustgurt rutschte aufgrund der Erwachsenengröße.
	Anlegen am Morgen	Eine Herausforderung war das Anlegen der Sensoren am Morgen, da es doch etwas Zeit benötigt. Dies konnte von Eltern und Kindern in zwei bis zehn Minuten erledigt werden und erzeugte zum Teil einen gewissen Stress bei den Beteiligten. Besondere Vorsicht galt auch beim Anziehen der Jacke und Schultasche, da dieser Vorgang die Wearables verschieben konnte. Mit der Zeit wurden die Teilnehmer*innen immer routinierter.
	Tragen der Geräte	Großteils wurden die Wearables nicht als störend empfunden, außer dass der Brustgurt etwas rutschte, unter der Schultasche etwas drückte und das Armband unter dem Jackenärmel etwas groß war. Da es sich allerdings sowohl bei dem Armband als auch dem Brustgurt um Erwachsenengrößen handelt, musste teilweise mit Sicherheitsnadeln oder

		Klammern nachgeholfen werden, damit es nicht verrutscht. Ein Kind gab an, dass das Armband zu groß war; ein weiteres, dass der Brustgurt des Öfteren rutschte. Die Kinder mussten auch nicht ununterbrochen an die Geräte denken und hatten überwiegend unterwegs darauf vergessen, dass sie diese tragen. In der Schule hatten sie die Geräte in der Garderobe oder im Klassenzimmer abgelegt oder sogar manchmal vergessen, sie abzunehmen bzw. auszuschalten.
Schulweg	Besondere Situationen am Schulweg	Den Kindern sind nur wenige besondere Situationen aufgefallen, was auch teilweise an der Gewöhnung an den Schulweg oder an der geringen Anzahl der besonderen Ereignisse liegen kann. Ein Kind berichtete von einer Baustelle vor der Schule sowie von schnell fahrenden Pkws, ein anderes von einem Polizeieinsatz. Die meisten Kinder gehen zu zweit oder zu mehr in die Schule, was auch die Daten verzerren kann.
	Wohlbefinden	Die Kinder haben sich auf dem Schulweg überwiegend wohl und sicher gefühlt. Ein Kind berichtete von viel Verkehr und vollen Gehwegen.
	Auswahl des Schulwegs	Meistens wurden die Schulwege nach Direktheit ausgesucht. Einmal hat sich ein Schulweg aus Gewohnheit ergeben. Eine Mutter wählte einen bestimmten Weg, da die Straße verkehrsberuhigt ist.
Sonstiges	Verbesserungsbedarf	Eine kleinere, kindgerechte Brustgurtgröße sowie ein schlankeres bzw. flexibleres Design des Armbandes wurden vorgeschlagen.
	Ethische und datenschutzrechtliche Bedenken	Da der eigene Arbeitgeber sowie die TU Wien beteiligt waren, schuf dies Vertrauen. Es gab daher keine Bedenken, da auch die Aufklärung ausführlich war und die Daten wissenschaftlichen Zwecken dienen.
	Anleitung	Die Anleitung (siehe Anhang H) wurde als sehr hilfreich empfunden.
	Schulwege-Tagebücher	In die Schulwege-Tagebücher wurde nicht viel eingetragen bzw. dokumentiert, weil zum einen sich nicht viel zugetragen hat und zum anderen, die Testtage einander sehr ähnelten.
	Bereitschaft	Die Mehrheit der Kinder (drei von fünf) wäre wieder bereit, an Tests teilzunehmen.

4.4.5 Rückkoppelung mit dem Ethik-Komitee der Technischen Universität Wien

In der Forschung bedürfen Kinder einer besonderen Rücksicht hinsichtlich ihrer Vulnerabilität und ihrer Ängste (Reppin, 2021). Daher war es wichtig, dass sich das Projektteam umfassend mit den forschungsethischen Aspekten beschäftigte. Die Koordinationsstelle für Forschungsethik an der Technischen Universität Wien, Dr. Marjo Rauhala, wurde involviert. Das Research Ethics Committee (Pilot REC), welches seit 2020 an der TU Wien getestet wird, besprach gemeinsam mit der Projektleitung und der Koordinationsstelle für Forschungsethik bei einem „Pre-Review Meeting“ die forschungsethischen Dimensionen. Das Meeting stellte eine freiwillige Beratung dar und war somit keine formelle ethische Begutachtung. Dennoch war es äußerst wertvoll hinsichtlich der Frage, wie ethische Aspekte in einem Forschungsplan zu berücksichtigen sind. Dabei wurden Themen wie die Einwilligung durch Kinder, die Eignung des technischen Equipments und die Ablenkung durch das Smartphone im Straßenverkehr reflektiert und abgewogen. Es wurden entsprechende Maßnahmen vorgenommen, wie eine ausführliche Einweisung der Eltern, Informationsblätter für Eltern, **Abstimmung des Consents und Assents** mit der Koordinationsstelle für Forschungsethik etc.

In der folgenden Tabelle werden ethische Themenfelder in der Forschung mit Kindern und entsprechende Handlungsansätze dargelegt:

	Themenfeld	Anmerkung Ethik-Komitee	Eigener Handlungsansatz & eigene Erfahrung
Ethische Belange der Methode	Übertragbarkeit vom Labor auf reale Umgebung	Es gab Bedenken hinsichtlich der Bilder, die den Kindern im Labor gezeigt wurden; es wurde vorgeschlagen, auch positive Stimuli zu verwenden.	<p>Eine Psycholog*in wurde konsultiert. Feedback:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bei EDA (bzw. Hautleitfähigkeit-Messung) ist es wichtig, auch das subjektive Erleben abzufragen, um überprüfen zu können, ob dieses mit den Daten korreliert (im vorliegenden Fall über SAM) → dies war nur im Labor möglich. - Die IAPS/EmoMadrid-Datenbank ist bekannt für Bilder für Emotions-Induktion. - Geräuschauswahl über das IADS2007 Database. - Artikel: „Validierung und Normierung von kindgerechten, standardisierten Bildmotiven aus dem International Affective Picture System“ als Anhaltspunkt zur Auswahl von Bildern für Kinder zwischen 6 und 12 Jahren.
	Auswahl der Stimuli im Labortest	Es war unklar, wie Kinder auf diese Bilder reagieren würden, da Menschen dazu neigen, Stress generell zu meiden.	s. o.
	Baseline ermitteln	Eine Eingewöhnungs- bzw. Ruhephase war wichtig, um eine Baseline zu schaffen. Bereits das Tragen von Wearables kann Stress darstellen; die Baseline kann im Labor und im Feld unterschiedlich ausfallen.	Das Schaffen einer Baseline gestaltete sich insbesondere für die Feldtests schwierig, da davon auszugehen war, dass der Grundpegel Schwankungen unterliegt (z. B. morgens eher stressig, da das Kind pünktlich zur Schule muss, die Schultasche zusammenpacken muss etc.).
Ethische Belange des Forschungsdesigns	Alter der Teilnehmer*innen (6 – 10 Jahre)	Die Teilnehmer*innen waren sehr jung; es stellte sich die Frage, ob die Forschungsfrage auch mit älteren Kindern beantwortet werden kann.	Das Forschungsinteresse bezog sich auf Kinder, die unbegleitet zur Schule gehen. Dabei waren insbesondere Volksschulkinder und ihre Wahrnehmung relevant.
	Befangenheit, Abhängigkeit, Interessenskonflikt in der Rekrutierung	Die Rekrutierung von Kindern der Mitarbeiter*innen des Auftraggebers erhöht die Vulnerabilität; eine unabhängige Rekrutierung über z. B. eine Schule wurde angeraten.	Eine unabhängige Rekrutierung ist eventuell bei einer Folgestudie realisierbar; für diese Studie war die Rekrutierung über die Mitarbeiter*innen einfacher umsetzbar.
	Einwilligung der Kinder	Eine Einwilligung sollte auch von den Kindern, nicht nur von den Eltern eingeholt werden.	Die Einwilligungserklärung wurde so formuliert, dass die Kinder sich informiert fühlten und Bescheid wussten, was passieren wird.

Ethische Belange technische Geräte	Eignung der Geräte für Kinder	Der Brustgurt kann sehr beengend sein, Elektroden eignen sich besser.	Zentrales Ziel dieser Studie war es, herauszufinden, ob die Wearables für Kinder geeignet sind. Ein Umstieg auf ein anderes Gerät hätte Mehrkosten zur Folge gehabt.
	Messgeräte und Smartphone im Schulalltag	Es gab Bedenken hinsichtlich der Auswirkungen der Forschungsteilnahme und der Smartphones in der Schule sowie der Reaktion anderer Kinder; die Abnahme der Wearables sorgte für Aufmerksamkeit; die Verantwortung für teure Ausrüstung könnte bei Kindern Stress verursachen.	Auch für Lehrer*innen wurde ein Informationsblatt erstellt, tlw. wurden die Lehrer*innen von den Eltern informiert. Das Smartphone wurde nur für notwendige Funktionen freigeschaltet. Kinder wurden gebeten, die Wearables vor Schulbeginn auszuschalten und in der Schultasche zu verstauen. Der Umgang der Kinder mit den Geräten verlief weitestgehend problemlos.
Ethische Belange des Datenschutzes	Speicherung der Daten	Die Daten sollten lokal am Gerät und nicht in eine Cloud verschoben werden; Kinder sollten nicht ihre eigenen Smartphones verwenden.	Das Forschungsteam stellte jedem Kind ein eigenes Smartphone zur Verfügung. Die Daten wurden einzig in einer App bzw. am Gerät selbst gespeichert. Das Kind musste sich auch nicht mit dem Smartphone auskennen.
	Ausstattung der Kinder mit Kamera (z. B. GoPro)	Es gab Bedenken hinsichtlich der Videoaufnahmen anderer, unbeteiligter Menschen.	Von Kameraaufnahmen wurde abgesehen, weil dazu erstens ein weiteres Gerät hätte angelegt werden müssen, was den Aufwand seitens der Eltern und Kinder nochmals erhöht hätte. Zweitens wäre die Zustimmung der Datenschutzbehörde notwendig gewesen. Als Alternative wurden Fotos der jeweiligen Straßenzüge von den Eltern erstellt, was die Validierung der gemessenen Daten allerdings schwierig machte. Das Schulwegetagebuch gab wenig Aufschlüsse.

Tabelle 17: Ethische Aspekte FB 2

4.4.6 Abschließende Betrachtung

Aus diesen Fallbeispielen ergeben sich zusammenfassend folgende wesentlichen Erkenntnisse:

- a) Die Wearables sind mit ein paar Einschränkungen grundsätzlich für Kinder geeignet und die Datenerfassung ist damit möglich. Dadurch konnten im Gegensatz zu anderen Schulweg-Studien, die eher qualitativ-subjektiv angelegt waren, objektive Daten erfasst werden.
- b) Labor- und Feldtest waren mit Kindern realisierbar und wurden seitens der Teilnehmer*innen als nicht zu aufwändig empfunden.
- c) Ein relevanter beiläufiger Erfolg bestand jedoch darin, den Eltern die Geräte (Armband, Brustgurt und Smartphone) mit nach Hause zu geben und nach einer kurzen Einführung diese ihren Kindern über einen Zeitraum von mehreren Tagen selbst anlegen zu lassen. Auch wenn u. a. nicht im Nachhinein überprüft werden kann, ob die Sensoren ordnungsgemäß angebracht wurden, lassen die Daten und auch die Aussagen der Eltern darauf schließen, dass dieses Vorgehen sehr erfolgreich war. So konnten die Schulwege der Kinder an mehreren Tagen erfasst werden.
- d) Es lassen sich jedoch keine verkehrsplanerischen Handlungsanforderungen aus den Daten ableiten. Dies liegt einerseits an der Datenmenge an sich (zu wenige Teilnehmer*innen pro Strecke) und andererseits eventuell auch an den Ablenkungen am Weg (z. B. durch Weggefährt*innen), wodurch viele Datenartefakte entstehen. Auch denkbar und plausibel ist, dass die Strecken an sich tendenziell unkritisch sind.
- e) Ethische Belange erfordern bei der Forschung mit Kindern genaue Betrachtung. Der Austausch mit Ethik-Expert*innen brachte dabei wichtige Erkenntnisse. So ist insbesondere im Labortest die adäquate Auswahl der Bilder und Geräusche wichtig, im Feldtest der Umgang mit den Geräten. Generell ist es essenziell, die Einwilligung der Kinder einzuholen. Es ist ein ständiger Abwägungsprozess zwischen dem Wohl der Kinder und den Forschungsinteressen, wobei Ersteres im Vordergrund steht.

In einem nächsten Schritt müsste reflektiert werden, welche Fragenstellungen in Bezug auf Sicherheit am Schulweg mit dieser Methodik beantwortet werden können, wie das Forschungsdesign hinsichtlich des Feldtests angepasst werden müsste, beispielsweise indem eine gewisse Anzahl von Kindern den gleichen vorgegebenen Weg geht, und welche neueren technischen Lösungen berücksichtigt werden können. Aktuell ist die Messung von physiologischen Parametern über einen längeren Zeitraum wahrscheinlich zu umfassend und fordernd für Kinder und deren Eltern. Für Kinder ist vielleicht ein Feldtest über eine vorgegebene Strecke, ähnlich wie Walk & Feel, angebrachter. Es ist jedoch durchaus denkbar, die Langzeitmessungen (Mitgabe der Geräte) auch auf andere Anwendungsfelder auszudehnen (siehe auch Projekt ESSEM).

4.5 Gemeinsamkeiten & Unterschiede der Fallstudien

Die ausgewählten Fallbeispiele sind hinsichtlich des Forschungskontextes an der Schnittstelle aktive Mobilität und Humansensorik zu verorten. In den abschließenden Betrachtungen der Fallbeispiele konnten bereits die wesentlichen Erkenntnisse umrissen werden. Gemeinsamkeiten und Unterschiede werden hier nochmals getrennt dargelegt.

Folgende Gemeinsamkeiten lassen sich zwischen den Fallbeispielen identifizieren. Die zwei Fallbeispiele:

- hatten grundsätzlich zum Ziel, Stress von physiologischen Reaktionen abzuleiten, in Bezug zur Mobilität zu setzen und diese mit der gebauten Umwelt in Verbindung zu bringen;
- hatten die gleichen Modi, wobei FB 2 Alltagswege berücksichtigte;
- bedienten sich eines ähnlichen methodischen Settings und Methoden-Mixes über die Messung mit Sensoren, Kamera- bzw. Bildaufnahmen und Fragebögen;
- bedienten sich der gleichen Auswerteverfahren (regelbasierter Algorithmus nach Kyriakou 2020);
- waren von ähnlichen Herausforderungen hinsichtlich der Aussagekraft der Daten betroffen, da die Stressmomente dem baulichen Umfeld nicht logisch zuordenbar waren und weitere Untersuchungen benötigen würden;
- rekrutierten eine eher homogene Teilnehmer*innen-Gruppe – während bei „Wohlfühlen beim Gehen“ eine sehr fußgehaftere Gruppe mit hohem Bildungsniveau, jedoch größerer Altersbandbreite vorhanden war, war FB 2 auf Kinder fokussiert;
- klärten ethische und datenschutzrechtliche Belange vorab, wobei bei der Studie mit den Kindern ein besonderes Augenmerk auf die Bedürfnisse dieser Teilnehmer*innen-Gruppe gelegt wurde;
- wurden nicht weitergeführt, wobei die Gründe hierfür unterschiedlich sind (s. u.).

Folgende Unterschiede lassen sich identifizieren. Die zwei Fallstudien:

- bedienten sich unterschiedlicher Methoden: erweiterte Methoden durch eDiary-App (Erfassung von auffälligen Situationen, Walkability-Index, Mental Maps, Nutzer*innenbefragung bei FB 1);
- unterscheiden sich in der Anleitung der Teilnehmer*innen: Navigation über eine ausgedruckte Karte (FB1), eigener Schulweg (FB 2);
- hatten verschiedene Laufzeiten (Langzeitmessung bei FB2 über 2 Wochen, FB 1 war für einen Tag angelegt);
- hatten unterschiedliche Ziele: Visualisierung über eine Plattform sowie Nutzer*innenerfahrungen (FB1), Überprüfung der Machbarkeit einer Studie mit Kindern (FB2);
- wurden aus unterschiedlichen Gründen nicht weitergeführt: In FB1 gab es Bemühungen seitens des Konsortiums, Walk & Feel 2 zu etablieren, allerdings fehlte die Zusage der Anwendungspartner*innen und von einer Projekteinreichung wurde abgesehen. FB2 war erstmals als Pilotstudie angedacht. Es liegt beim Auftraggeber, ob eine Nachfolgestudie geplant wird.

Im Vergleich zur systematischen Literaturanalyse konnten mit den Fallbeispielen nochmal vertiefende Einblicke in die eigene Forschung gegeben werden. Innerhalb der Fallbeispiele konnten Themen wie Visualisierung, ethische Belange und alternative Auswertemethoden in der Tiefe und Breite erläutert sowie auf Probleme hingewiesen werden. Im Folgenden stellt eine ausführliche Tabelle die Ansatzpunkte – in Referenz zu den Erkenntnissen aus der Literaturanalyse – sowie Unterschiede (grau hinterlegt) und Überschneidungen der beiden Fallbeispiele zusammenfassend dar.

		Ansatzpunkte der (eigenen*) Forschung	Anknüpfungen FB1	Anknüpfungen FB 2
Messgeräte	Methoden & Werkzeuge auswählen – Genauigkeit der Messgeräte	<ul style="list-style-type: none"> - Verwendung medizinisch zertifizierter Geräte ist ratsam (siehe FB1 und FB2)*, dies ist jedoch auch eine Preisfrage und limitiert die Anzahl der Geräte, die Forscher*innen anschaffen können. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es standen je fünf Empatica E4 und Zephyr BioHarness als zertifizierte Geräte zur Verfügung. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es standen je fünf Empatica E4 und Zephyr BioHarness als zertifizierte Geräte zur Verfügung.
	Methoden & Werkzeuge auswählen – Kosten	<ul style="list-style-type: none"> - Wearables für mehrere Forschungsprojekte anschaffen oder diese zwischen verschiedenen Forschungsinstituten teilen, z. B. in einem Living Lab (siehe FB1, aspern.mobil LAB)* - Dennoch schwierig, da der Handlungsspielraum von öffentlichen Fördergeldern abhängig ist. 	<ul style="list-style-type: none"> - Über das aspern.mobil LAB konnten die Wearables mitgenutzt werden. - Allerdings handelt es sich um kostenintensive Geräte mit empfindlichen Sensoren, die bei fahrlässiger Handhabung Abnutzungen zur Folge haben können. 	<ul style="list-style-type: none"> - Über das aspern.mobil LAB konnten die Wearables mitgenutzt werden. - Allerdings handelt es sich um kostenintensive Geräte mit empfindlichen Sensoren, die bei fahrlässiger Handhabung Abnutzungen zur Folge haben können. - Das Risiko für Verlust, Schaden etc. ist größer, wenn diese Geräte den Teilnehmer*innen „mit nach Hause“ gegeben werden. Hier ist jedoch anzumerken, dass dies in FB 2 sehr gut funktioniert hat.
Forschungsdesigns	Homogene Stichprobe	<ul style="list-style-type: none"> - Stichprobengröße ist stets eine Herausforderung in der Forschung - Bemühungen, eine höhere Teilnehmer*innenzahl anzustreben (siehe FB1, 67 Teilnehmer*innen)* - Rekrutierung funktioniert besser über Incentives; hier sollten auch Gruppen angesprochen werden, die sich wenig für Forschung interessieren* - Künftig eventuell kostengünstigere, massentaugliche Wearables, die auf Alltagswegen praktisch einsetzbar sind und Langzeitmessung ermöglichen 	<ul style="list-style-type: none"> - Es konnten 67 Teilnehmer*innen rekrutiert werden, wobei sich diese auf drei verschiedene Strecken aufteilten, was die Zahl wieder minimiert. - Incentives wurden eingesetzt, um diverse Teilnehmer*innen anzusprechen, dennoch bewegten sich diese im WEIRD-Spektrum. 	<ul style="list-style-type: none"> - Geringe Stichprobe (5 Kinder), daher nicht repräsentativ - Rekrutierung erfolgte über Auftraggeber
	Teilnehmer*innen: Datenschutz klären	Datenschutz, insbesondere die Bewegungsdaten, sollte ernst genommen und mit den verantwortlichen Behörden (Rechtsabteilung der Institution) abgeklärt werden*.	<ul style="list-style-type: none"> - Rücksprache mit Rechtsabteilung der TU Wien - Datenschutzerklärung für Teilnehmer*innen wurde erstellt 	<ul style="list-style-type: none"> - Rücksprache mit Rechtsabteilung der TU Wien - Datenschutzerklärung für Teilnehmer*innen wurde erstellt

		Ansatzpunkte der (eigenen*) Forschung	Anknüpfungen FB1	Anknüpfungen FB 2
			- Pseudonymisierung der Teilnehmer*innen	- Pseudonymisierung der Teilnehmer*innen
	Teilnehmer*innen: Ethische Belange klären	<ul style="list-style-type: none"> - Ethische Belange vorab mit Expert*innen abklären (z. B. Ethik-Komitee, siehe FB 2)* - Teilnehmer*innen umfassend aufklären* - Besondere Anforderungen berücksichtigen, wenn es um vulnerable Zielgruppen geht, wie Kinder (siehe FB 2)* 	<ul style="list-style-type: none"> - Ethische Belange wurden über die Erfahrungen der Forschungspartner*innen reflektiert; dies hätte umfassender passieren können. 	<ul style="list-style-type: none"> - Umfassende Abklärung der ethischen Belange mit dem Ethik-Komitee - Themen waren u. a. Einwilligung durch die Kinder, Eignung der Geräte für Kinder, Zufallsbefunde in den Daten, Stressinduktion im Labortest.
	Vordefinierte Strecken vs. tägliche Routen:	<ul style="list-style-type: none"> - Rollout für Alltagswege: viele Menschen sammeln Daten im Alltag (Apps fehlen dahingehend noch; die Frage ist auch, ob es dafür einen Markt gibt) - Vordefinierte Strecken sind hinsichtlich der Testökonomie nachteilig, weil nur eine kurze Strecke erfasst werden kann, gleichzeitig wird jedoch ein gezieltes Abgehen/Abfahren von kritischen Strecken ermöglicht (siehe FB 1)* - Andererseits ermöglichen es tägliche Routen, kritische Stellen im Verkehrsnetz zu entdecken (siehe FB 2)* 	<ul style="list-style-type: none"> - Vordefinierte Strecken, um gezielt kritische Stellen zu identifizieren: Die Strecke wurde auf einer Karte vorgegeben, was wiederum bei manchen Teilnehmer*innen zu Herausforderungen bei der Orientierung geführt hat (dies könnte wiederum einen Stressauslöser darstellen) 	<ul style="list-style-type: none"> - Alltägliche Wege wurden über mehrere Tage erfasst, allerdings mit erheblicher Ablenkung am Weg durch Begleitung (Eltern, andere Mitschüler*innen); Alltagswege haben eventuell auch Gewöhnungseffekte
	Kurze Messdauer vs. lange Messdauer:	<ul style="list-style-type: none"> - Kurze Messdauer bedeutet Kontrolle über das Setting und technische Ausrüstung (siehe FB 1)* - Längere Messdauer bedeutet Vertrauen in die Teilnehmer*innen und klare Vorgaben zum Umgang/Bedienungsanleitung zu den Wearables (siehe FB2)* 	<ul style="list-style-type: none"> - Kurze Messdauer (einmalig eine vorgegebene Strecke); Teilnehmer*innen bringen Wearables wieder zurück; dies bietet Forscher*innen die Möglichkeit, sich u. a. über die Erfahrungen auszutauschen oder eine Befragung zu realisieren - Die Geräte stehen nachfolgenden Teilnehmer*innen direkt zur Verfügung 	<ul style="list-style-type: none"> - Messdauer über mehrere Tage, selbstständiger Umgang mit den Wearables, Bedienungsanleitung wurde bereitgestellt

		Ansatzpunkte der (eigenen*) Forschung	Anknüpfungen FB1	Anknüpfungen FB 2
Auswertung	Labor vs. reale Umgebung	<p>Die Herausforderung beim Übergang von Labor- zum Realsetting ist nicht zu vernachlässigen, dennoch existieren Ansatzpunkte zur Verbesserung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Artefakte limitieren (bessere Hardware, zuverlässiges Tragen, händische Glättung)* - Validierung und Introspektion (siehe Kapitel 5.6)* - Wetterkonstante Settings auswählen* 	<ul style="list-style-type: none"> - Für Fallbeispiel 1 wurde hochwertige Hardware verwendet - Artefakte können nur bis zu einem gewissen Grad limitiert werden; dennoch wurde darauf geachtet, dass die Geräte richtig angebracht und Teilnehmer*innen eingewiesen wurden. - Ergänzende Methoden (eDiary-App und Mental Maps ermöglichten Validierung) - Wetterschwankungen während der Testtage 	<ul style="list-style-type: none"> - Für Fallbeispiel 2 wurde hochwertige Hardware verwendet - Artefakte können nur bis zu einem gewissen Grad limitiert werden; dennoch wurde darauf geachtet, dass die Eltern eingewiesen wurden und eine gedruckte Anleitung zur Verfügung gestellt wurde. - Keine Validierung möglich (außer Interviews im Anschluss, die allerdings Erinnerungsverzerrungen wahrscheinlich machen) - Da Alltagswege erfasst wurden, gab es keinen Einfluss auf Wetter.
	Verschiedene Datenquellen in Einklang bringen	<ul style="list-style-type: none"> - Positive Emotionen sind, wie in Kapitel 2.1. dargelegt, schwierig über physiologische Signale zu erfassen. - Es braucht automatisierte Datenauswertungen, die die Daten synchronisieren. Kyriakou et al. (2020) sind mit einem semi-automatisierten Algorithmus bereits ziemlich fortgeschritten und haben auch die entsprechende Erfahrung und Routine in der Synchronisierung verschiedener Datenquellen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Forschungspartner z_GIS ermöglichte die semi-automatisierte Auswertung der physiologischen Daten im Abgleich mit den Bewegungsdaten. - Qualitative Daten konnten mit den Daten-Layern des WebClients sichtbar gemacht werden, dennoch besteht Verbesserungsbedarf. 	<ul style="list-style-type: none"> - Forschungspartner z_GIS ermöglichte die semi-automatisierte Auswertung der physiologischen Daten im Abgleich mit den Bewegungsdaten.
	Individuelle Ebene vs. Übertragbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Auch individuelle Emotionen können erhoben werden und sind eventuell für die eigenen Erfahrungen oder auch für Partizipation relevant („Wieso fühle ich mich so an diesem Ort?“). - Überwiegend werden in der Humansensorik physiologische Signale erfasst, die negative Emotionen ableitbar machen. Dies hat dennoch eine Aussagekraft hinsichtlich der Qualität eines öffentlichen Raumes. 	<ul style="list-style-type: none"> - In FB1 wurde angedacht, die einzelnen Ergebnisse je Teilnehmer*in nochmals gemeinsam mit diesen zu reflektieren. Die Dauer der Auswertung und die nochmalige Aktivierung der Teilnehmer*innen führte zu einer Entscheidung dagegen. 	<ul style="list-style-type: none"> - In FB2 wurde angedacht, die einzelnen Ergebnisse je Teilnehmer*in nochmals gemeinsam mit diesen zu reflektieren. Die Dauer der Auswertung und die geringe Aussagekraft der Daten führte zu einer Entscheidung dagegen. - Keine weiteren Datenquellen aufgrund des Forschungsdesigns (siehe auch ethische Belange)

	Ansatzpunkte der (eigenen*) Forschung	Anknüpfungen FB 1	Anknüpfungen FB 2
	<p>Allerdings erlauben es Multi-Methoden-Ansätze* (siehe FB1), auch positive Emotionen zu erfassen und unterschiedliche Daten-Layer zu vergleichen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eine größeres (repräsentatives) Sample* würde eine Übertragbarkeit ermöglichen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verschneidung von identifizierten Stressmomenten aus den physiologischen Daten und weiteren Datenquellen (Mental Maps, eDiary) - Größeres Sample im Vergleich zur systematischen Literaturanalyse (n = 67) 	<ul style="list-style-type: none"> - Übertragbarkeit schwierig aufgrund des kleinen Samples und der Aussagekraft der Ergebnisse
Gemessener vs. berichteter Stress	<ul style="list-style-type: none"> - Im Umkehrschluss braucht die Forschung den „verbalisierten“ Stress, um die ungenauen physiologischen Daten zu validieren (siehe FB1 Mental Maps, eDiary-App)*. - Langfristiges Ziel wäre der Verzicht auf ergänzende Validierungsmethoden. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verschneidung von Stressmomenten aus den physiologischen Daten und weitere Datenquellen (Mental Maps, eDiary), um „verbalisierten“ Stress abzugleichen. Dieser ist allerdings nicht immer konsistent. 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine weiteren Methoden zur Verbalisierung des Stresses aufgrund des Forschungsdesigns (siehe auch ethische Belange) - Hier sehr schwierig, nur aus den MOS Rückschlüsse zu ziehen
Tatsache des „Gemessen werdens“:	<p>Es kommt zu Verzerrungen durch das Bewusstsein der Teilnehmenden, dass sie „gemessen“ werden, daher wären folgende Punkte anzustreben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integration in die Alltagswege von Teilnehmer*innen sowie - attraktive Wearables, die auch den Anwender*innen nützliche Informationen liefern 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufgrund des Forschungsdesigns (vorgegebene Strecken, kurze Messdauer) nicht realisierbar - Wearables sind wenig attraktiv bzw. alltagstauglich (Design, geringer Nutzen für die Anwender*innen) 	<ul style="list-style-type: none"> - Messungen während der Alltagswege der Kinder (Schulweg) wurde realisiert - Wearables sind wenig attraktiv bzw. alltagstauglich (Design, geringer Nutzen für die Anwender*innen)
Ergebnisse und Kausalitäten (gebauter Raum & Stress) oft nicht evident	<ul style="list-style-type: none"> - Stichprobengröße erhöhen - Thesen aufstellen, die näher betrachtet werden sollen (in der eigenen Forschung wurde auch zur Bewertung der MOS qualitativ vorgegangen) - (Qualitativer) Vergleich verschiedener Gebiete mit variierenden Verkehrsstärken, Fußwegeinfrastrukturen, baulichen Gegebenheiten etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es konnten 67 Teilnehmer*innen rekrutiert werden, wobei sich diese auf drei verschiedene Strecken aufteilen, was die Zahl wieder minimiert. - Diese verschiedenen Gebiete wurden sehr konträr zueinander ausgewählt, um sie zu vergleichen. - Kausalitäten mit WebClient besser erkennbar machen - Thesen wurden aufgestellt, die qualitativ beschrieben wurden 	<ul style="list-style-type: none"> - Geringe Stichprobe (5 Kinder), daher nicht repräsentativ - Ziel der Studie war ein Methodentest, worauf auch der Fokus des Erkenntnisinteresses lag

Tabelle 18: Vergleich FB 1 und FB 2



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Elektronisch verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at www.tuwien.at

KAPITEL 5

REFLEXION – EINSATZ DER HUMANSENSENIK IN DER VERKEHRSPPLANUNG

5 Reflexion – Einsatz der Humansensorik in der Verkehrsplanung

In einer abschließenden Reflexion wurden mit Expert*innen aus Forschung und Planungspraxis die Potenziale der Humansensorik sowie die Thematik Emotionen, Stress und Wohlbefinden für die Planung diskutiert und reflektiert. Dabei war es wichtig, den Mehrwert, die Chancen und die Anwendungspotenziale für die Planung herauszufiltern und eine Einschätzung der Methode zu erhalten. Im Folgenden wird auf die Ergebnisse der Expert*innen-Interviews eingegangen – verknüpft und ergänzt mit Erkenntnissen aus der Literaturanalyse, aus den Fallbeispielen sowie aus Literaturquellen. Vorab sollen jedoch wesentliche „Gaps“ zwischen Forschung und Planung erläutert werden, um übergeordnete Herausforderungen darzustellen. Trends ordnen die Methode der Humansensorik und die damit verbundenen Technologien ein.

5.1 Methode der Expert*innen-Interviews

Leitfadengestützte Expert*inneninterviews sind eine gängige Methode der Sozialwissenschaften. Dabei werden Interviews anhand eines zuvor formulierten Leitfadens durchgeführt (Helferich, 2019). „Expert*innen“ bezieht sich in diesem Zusammenhang auf Personen mit besonderen Kenntnissen, Fach- und Praxiswissen zu Humansensorik oder Emotionen, oder Forschung oder auch Praxis- und Umsetzungserfahrungen in dem Themengebiet. Nach den Klassifikationskriterien von Döring & Bortz (2016) wird bei den Expert*innen-Interviews Folgendes herangezogen:

- (1) Die befragten Personen sind Expert*innen aus dem Feld der Planung, Geoinformation, Psychologie oder Planungspraxis, die zum einen mit der Thematik forschen oder auch aus praktischer Sicht Anknüpfungspunkte erkennen lassen.
- (2) Halbstrukturiertes Interview: Es existiert ein Interview-Leitfaden, der jedoch je nach Gesprächspartner*in Anpassungen (Fragen vorziehen, überspringen, vertiefen) seitens des/der Interviewer*in zulässt.
- (3) Einzelinterviews: Interviewerin spricht mit einer/einem Expert*in.
- (4) Interviews erfolgen ausschließlich durch die Verfasserin der Arbeit als eine Art Co-Expertin.
- (5) Interviewmodus: Online über ein Kommunikations-Tool.

Stichprobengröße bei Expert*innen-Interviews: Da Expert*innen in geringerer Anzahl als Lai*innen zur Verfügung stehen, muss dies bei der Auswahl berücksichtigt werden. Von einer Vorauswahl an Expert*innen wurde dann explorativ weitergegangen, letztendlich wurden elf Gespräche geführt.

5.1.1 Auswahl der Expert*innen

Die Auswahl der Expert*innen erfolgte auf der Basis von realisierten Forschungsprojekten (siehe u. a. Fallbeispiele), Erfahrungen und aufgebauten Netzwerken seitens der Forscherin. Der Begriff des/r Expert*in kann kontrovers diskutiert werden und ist oft ein Konstrukt des eigenen Forschungsinteresses. Dennoch gibt es auch quantifizierbare Merkmale, wie Positionen in Unternehmen oder in Forschungseinrichtungen, realisierte Projekte oder wissenschaftliche Publikationen im Forschungsfeld. Somit wird der Begriff zum Konstrukt der/s Forscher*in und der Gesellschaft (Bogner et al., 2014). Eine bestimmte Expert*innen-Auswahl hat sich daher schnell ergeben und wurde durch Recherche

und Empfehlungen weiter ergänzt – je nachdem, wo noch offene Flanken in der Beantwortung der Fragekomplexe erkennbar waren oder eine Disziplin oder ein Anwendungsbereich noch nicht zur Gänze abgedeckt wurden. Eine Liste der Expert*innen ist in Anhang IX zu finden.

Wichtig für Expert*innen aus der Praxis: Ein gewisser Bezug (z. B. durch Mitarbeit in Projekten) oder Offenheit für experimentelle Methoden sollte gegeben sein, da die Wissensgrundlage ansonsten sehr rudimentär und die potenzielle Integration der Humansensorik in die Planungsprozesse nur schwierig oder unzureichend zu diskutieren oder zu reflektieren ist.

5.1.2 Operationalisierung und Leitfaden

Grundsätzlich sind die Forschungsfragen nicht mit den Interviewfragen für die Expert*innen gleichzusetzen. Diese müssen nach Kaiser (2021) zunächst übersetzt bzw. operationalisiert werden. Dabei wird zwischen der konzeptionellen und instrumentellen Operationalisierung unterschieden. Bei ersterer werden Dimensionen (z. B. Anwendungsbereiche im Planungsprozess) identifiziert, welche sich aus der Theorie bzw. Sekundärliteratur identifizieren lassen. Dies ermöglicht die wiederholte Kontrolle, ob die definierten Dimensionen auch theoretische Relevanz besitzen und bereits beschrieben wurden. Bei Zweiterer werden diese nochmals in Fragenkomplexe übersetzt, damit diese empirisch überprüfbar werden. Letztendlich werden daraus die Interviewfragen entwickelt, die sich an der „Erfahrungswirklichkeit“ der Expert*innen orientieren müssen (Kaiser 2021). Da es sich in dieser Arbeit um verschiedene Personengruppen handelt (siehe Anhang I), die wiederum unterschiedliche interdisziplinäre Kompetenzen haben, mussten funktions- und auch personenbezogene Anpassungen der Leitfäden vorgenommen werden. Auch nehmen der Erkenntnisstand und mögliche weitere Fragen bei jedem Interview zu und verlangen wiederum Anpassungen (Bogner et al., 2014). In Anhang X ist ein Grundgerüst des Interviewleitfadens zu finden.

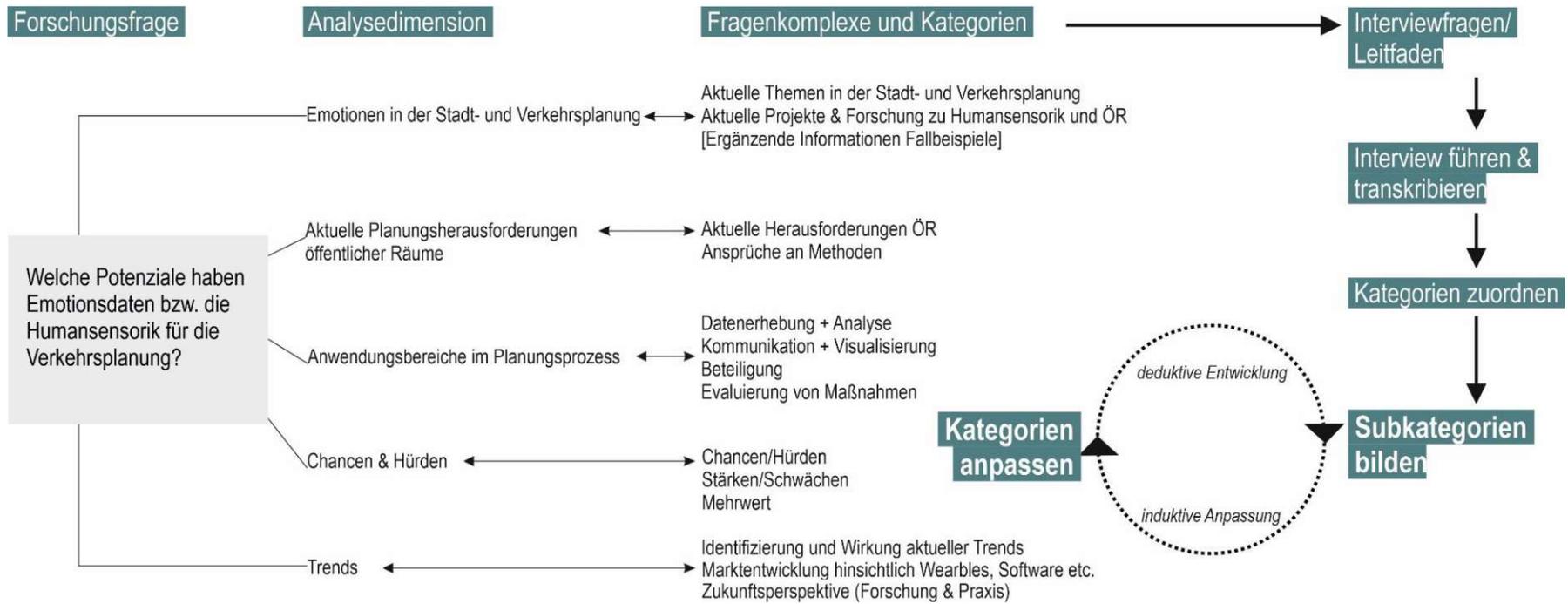


Abbildung 59: Ablauf Operationalisierung (eigene Darstellung)

5.1.3 Qualitative Inhaltsanalyse

Es existiert kein Auswertungsverfahren oder keine Auswertungsmethode, die von der Fachliteratur per se für Expert*innen-Interviews empfohlen wird bzw. sich durchgesetzt hat (Bogner et al., 2014). Daher werden überwiegend codebasierte Verfahren angewendet, die aus den Sozialwissenschaften bekannt sind. Die qualitative Inhaltsanalyse bietet sich für diese Arbeit an. Qualitative Analysen haben generell die Aufgabe, relevante Einzelfaktoren und Zusammenhänge zu identifizieren und Informationen bzw. Themen zu vertiefen (Mayring, 2020). Es beschäftigen sich verschiedene Autor*innen mit der qualitativen Inhaltsanalyse. Diese sind im Kern sehr ähnlich, verwenden aber unterschiedliche Begrifflichkeiten. Die qualitative Inhaltsanalyse ist eine „systematische und methodisch kontrollierte wissenschaftliche Analyse von Texten, Bildern, Filmen und anderen Inhalten [...]“. Im Zentrum der qualitativen Analyse stehen Kategorien, mit denen das gesamte für die Forschungsfrage(n) bedeutsame Material codiert wird“ (Kuckartz, 2018, S. 39). In der vorliegenden Arbeit wird die **inhaltlich strukturierende Inhaltsanalyse nach Kuckartz & Rädiker** (2018) angewendet. Diese Form der Inhaltsanalyse hat sich bereits in vielen Forschungsarbeiten bewährt und ist in der Anwendung meistens eine Kombination der deduktiv entwickelten Hauptkategorien, die in einem nächsten Schritt induktiv ausdifferenziert werden (Kuckartz, 2018).

Folgende Schritte wurden bei der qualitativen Inhaltsanalyse verfolgt:

- Erweiterte inhaltlich-semantische **Transkription** nach Dresing & Pehl (2018)
- **Entwicklung deduktiver und induktiver Kategorienbildung/Codes:** In einem ersten Schritt werden thematische Kategorien erstellt, die von den Hypothesen bzw. der Forschungsfrage (siehe oben, Abb. 59) abgeleitet wurden (deduktives Vorgehen). Dieses Schema wird dann bei der Analyse des Materials (der Transkripte) durch weitere (Sub-)Kategorien induktiv aus dem Material erweitert, um wesentliche Inhalte aus den Interviews ergänzen zu können.
- **Ankerbeispiele:** Es wurden Ankerbeispiele definiert, um die Zuordnung der Kategorien zu verdeutlichen.
- **Kodierung:** Hier erfolgt die Zuordnung einzelner Textteile zu den Kategorien, die im vorherigen Schritt festgelegt wurden. Es können weitere Subkategorien entstehen.
- **Zwischenschritt:** Zusammenfassungen werden je Expert*in und Kategorie mithilfe des Tools „Summary Grid“ in MaxQDA erstellt. Dies stellt einen gewissen Mehraufwand dar, ist jedoch eine sehr geeignete Vorgehensweise, um umfassendes Material auf das Relevanteste zu komprimieren (Kuckartz, 2018).
- **Aufbereitung der Ergebnisse:** Bei der Auswertung stehen die Haupt- und Subkategorien im Mittelpunkt; ein Mix aus Deskription und analytischer Interpretation wird entlang einer kategorienbasierten Auswertung der Hauptkategorien angestrebt. Punktuelle Vergleiche und Zusammenhänge zwischen den Expert*innengruppen werden ermittelt.
- **Diskussion der Ergebnisse**
- **Reflexion der Methode (siehe Kapitel 7.1)**
 - **Positivere Einschätzungen** aufgrund der sozialen Erwünschtheit (Döring & Bortz, 2016): Es ist zu berücksichtigen, dass die Einschätzung der Methoden der Humansensorik tendenziell positiver ausfallen aufgrund der sozialen Erwünschtheit. Allerdings wurde stets betont, dass Kritik vorgebracht werden kann und es wurde versucht, ein ehrliches und geschütztes Interviewumfeld zu gewährleisten.
 - **Verallgemeinerung und Übertragbarkeit** sollten Ziele der qualitativen Forschung sein. Aufgrund der geringen Fallzahl an Expert*innen sind sie schwierig zu gewährleisten. Dennoch kann diesem Anspruch mit einer sorgfältigen Fallauswahl Rechnung getragen werden, zum Beispiel

nach dem Prinzip der maximalen und minimalen Kontraste, bekannt aus der Grounded Theory (Kuckartz, 2018). Zusätzlich ergeben die Triangulation durch einen Methoden-Mix aus Literaturanalyse (Kapitel 3), Fallbeispielen (Kapitel 4) Expert*innen-Interviews (Kapitel 5) verschiedene Perspektiven und erhöhen das Potenzial zur Übertragbarkeit der Ergebnisse.

5.2 Trends mit Relevanz für den Einsatz von Humansensorik

Um die Humansensorik, ihre Entwicklung und die Ergebnisse der Expert*innen-Interviews besser einordnen zu können, sollen zuvor flankierende Trends in Zusammenhang mit Humansensorik und Lücken zwischen der Forschung und Planungspraxis erläutert werden. Es wirken dabei verschiedene Trends auf den Einsatz der Humansensorik, die sich in gesellschaftliche, technologie- bzw. datenbasierte und planungsrelevante Trends unterscheiden lassen. Tabelle 19 fasst das Wesentliche zusammen.

A1. Komplexere Themen wie Wohlbefinden, Stress und Work-Life-Balance gewinnen auch in der Mobilität an Bedeutung und somit auch das Bestreben, diese Wechselbeziehungen zu verstehen. Dies benötigt interdisziplinäre Zusammenarbeit und Austausch, da diese Themen vielschichtig sind (siehe Kapitel 2.3).

A2. Verschiedene Medienformate werden zunehmend zur Speicherung und Weitergabe von Daten zum eigenen Körper verwendet, um diese innerhalb einer Community vergleichen zu können (siehe Kapitel 2.1.6). Dieser gesellschaftliche Trend der Selbstvermessung und das Bedürfnis der Nutzer*innen, ihre Stress- bzw. Emotionsdaten einer Community bereitzustellen, kann auch auf die Humansensorik wirken (vgl. Interviews B. Resch, D. Broschart). Des Weiteren besitzen immer mehr Menschen ein Smartphone. Ein weiterer Aspekt, der mit der Mediennutzung in Verbindung steht, ist das steigende Bewusstsein für den Datenschutz bei Nutzer*innen. So haben sich beispielsweise die Beschwerden bei der Datenschutzbehörde in Österreich von 2017 bis 2019 von 156 auf 2.102 mehr als verzehnfacht (Datenschutzbericht, dsb 2019).

A3. Es zeigt sich, dass Bürger*innen zunehmend ihre Lebensumwelt mitgestalten wollen (siehe Kapitel 5.3). Humansensorik wird von manchen Expert*innen hierfür als Tool gesehen, das solche Beteiligungsprozesse unterstützen kann. Darüber hinaus ist die Legitimation von planerischen Entscheidungen häufig unzureichend, wo objektivierte Daten einen Beitrag leisten können.

B1. Crowdsourcing und Citizen Science/Sensing (siehe Glossar) sind communitybasierte Strategien der Datenerfassung, die den breiten Einsatz der Humansensorik begünstigen können. Im ähnlichen Mindset siedelt sich die Open Data-Bewegung an, was insbesondere für geographische Daten als Ergänzung zu den Humansensorik-Daten relevant sein kann. Noch ein Schritt weiter geht Pervasive bzw. Cloud Computing – die Vernetzung des Alltags durch Sensoren bzw. „intelligente“ Gegenstände (Weiser, 1991). Diese Vernetzung spielt eine wesentliche Rolle, um Echtzeitdaten von Sensoren zeitnah zur Verfügung zu stellen – auch zur Vernetzung digitaler Räume für die Stadt- und Verkehrsplanung (Fischer et al., 2021).

B2. Expert*innen, vor allem aus der Forschung im Bereich Stadtplanung und Geoinformatik, bestätigen, dass sich die Sensorik in den vergangenen Jahren maßgeblich verbessert hat – etwa bei der Miniaturisierung von Sensoren-Bauteilen oder bei der Technologieentwicklung – und die Anwendbarkeit in der Masse wahrscheinlicher wird. Insbesondere wird gesehen, dass sich der Consumer-Markt weiterentwickelt, was sich bereits durch die Apple Watch zeigt. Wearables werden günstiger und Datenerfassung einfacher bzw. umfassender, wie es Google bereits demonstriert (vgl. Interviews B. Resch, D. Broschart, P. Zeile, K. Fallast).

„Ansonsten kann ich mir auch vorstellen, dass es künftig auch das ein oder andere massentaugliche Wearable geben könnte, welches eben auch die für diese Messmethode notwendige Sensorik verbaut hat. Damit könnte ein wichtiger Schritt von der prototypischen Einzelmessung zur Massenauswertung gemacht werden. Dann wäre es in der Folge auch denkbar, dass sich Communities entwickeln, wie man es aus Beispielen wie WheelMap kennt. Also eine Community, die dahintersteht, eigene Daten bereitstellt oder Daten einträgt, weil damit ein Eigeninteresse verfolgt wird, dass eine bauliche oder gestalterische Verbesserung umgesetzt wird.“ (Interview D. Broschart, Pos. 48)

„Aber zumindest sehen wir, dass die Technologieentwicklung in rasanten Schritten fortschreitet – dadurch, dass es natürlich auch diesen Consumer-Markt mittlerweile gibt und natürlich diese Quantified Self-Bewegung, die da sehr stark dazu beiträgt.“ (Interview B. Resch, Pos. 68)

Auch das Smartphone wird immer mehr Features enthalten bzw. Daten sammeln, die ebenfalls zum Verständnis der humansensorischen Daten beitragen werden, z. B. bessere Schnittstellen zu Wearables und mehr Sensorik. Die Frage nach der Marktentwicklung bleibt dennoch etwas offen, da in der Vergangenheit schon große Player auf die Hautleitfähigkeit als Indikator für Stress angesprungen sind, diese integriert haben (siehe Microsoft Band), jedoch wieder vom Markt verschwunden sind (vgl. Interview D. Broschart).

B3. Die verbesserte Rechenleistung ist bzw. wird bedeutsam sein für den Umgang mit großen Datenmengen, die durch Humansensorik erfasst werden. Mit verbesserten und kleineren Sensoren wird die Erfassung von Daten alltagsnäher und eventuell auch nutzungsfreundlicher, da diese kaum noch wahrnehmbar sind.

Gesellschaft	Daten und Technologie	Planung
A1 Komplexitätssteigerung <ul style="list-style-type: none"> - Stärkere Einbeziehung von Themen wie Wohlbefinden, Stress, Work-Life-Balance - Interdisziplinarität gewinnt an Bedeutung 	B1 Neue Ansätze der Datenerhebung und -bereitstellung <ul style="list-style-type: none"> - Crowdsourcing - Citizen Science/Citizen Sensing - Open Data-Bewegung: (öffentlich zugängliche Daten) - Echtzeitdaten/Ubiquitous/Pervasive/Cloud Computing 	C1 Einsatz computergestützte Planung <ul style="list-style-type: none"> - Nutzungsfreundlichere Benutzer*innenoberflächen (Usability) - (Leistbarer) Zugang zu Software wie CAD, GIS etc. - Steigende Interdisziplinarität (z. B. zwischen Geoinformatik und Raumplanung)
A2 Verändernde Mediennutzung <ul style="list-style-type: none"> - Zunahme der Selbstvermessung und -optimierung sowie des Life-Loggings durch Wearables - Voranschreitende Smartphonenuutzung (digital natives) - Zunahme Bewusstsein Datenschutz 	B2 Neue Technologien und Marktentwicklung <ul style="list-style-type: none"> - Bessere Verfügbarkeit von Sensorik und Wearables am Consumer Markt? - Weiterentwicklung Smartphones u. Internet of Things 	C2 Verbesserte Methoden- und Softwarekompetenz sowie Offenheit <ul style="list-style-type: none"> - Nachwuchsplaner*innen weisen immer mehr Methodenkompetenz auf - Mehr Anwendung von Software in der praktischen Planung - Offenheit von Verantwortlichen für neue Methoden nimmt zu

<p>A3 Zunahme Bottom-up-Ansatz und Kommunikationsanfordernisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zunehmendes Bedürfnis der Bürger*innen, an Planung mitzuwirken - Legitimationsbedarf/ Evidenzbasierung von (politischen) Entscheidungen 	<p>B3 Weiterentwicklung der Hardware und IT-Infrastrukturen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verbesserte Rechenleistungen - Verbesserte Technologie und Miniaturisierung von Sensorik 	<p>C3 Veränderte Budgets für Forschung und Planung</p> <ul style="list-style-type: none"> - (Geringere) Finanzbudgets der öffentlichen Hand - Förderprogramme für (interdisziplinäre) Projekte
---	--	---

Tabelle 19: Überblick Trends, adaptiert nach Berger et al. (2011)

C1. Computergestützte Planung hinsichtlich der Erfassung, Analyse und Visualisierung findet immer mehr Einzug in Planungsbüros und Behörden. Softwareanwendungen haben insbesondere hinsichtlich der Nutzungsfreundlichkeit immense Verbesserungen erfahren und sind auch leistungsfähiger geworden. Dies ist insofern spannend, als Auswertungen und Darstellungen von Daten effizienter erledigt werden können. Dabei lässt sich eine interdisziplinäre Schnittstelle zur (Geo-)Informatik erkennen, die Kompetenzen in der Modellierung und Kommunikation von räumlichen Daten einbringt sowie im Falle von Fallbeispiel 1 und 2 Algorithmen (z. B. für die Erkennung von Stressmomenten im räumlichen Kontext) entwickelt.

C2. An den Universitäten und Fachhochschulen wird in Lehrplänen der Raumplanung und -forschung zunehmend mehr Wert auf (digitale) Methodenkompetenz und den Umgang mit softwarebasierten Anwendungen gelegt (van der Meer et al., 2018). Die Absolvent*innen bringen als Nachwuchsplaner*innen diese Kompetenzen in Planungsbüros und Behörden. Somit könnte auch innerhalb von Verwaltungseinheiten die Offenheit gegenüber neuen Methoden steigen.

C3. Die Planungsbudgets sind in Gemeinden sehr limitiert, wie auch Expert*innen bestätigen (s. u.). Neuere Förderprogramme ermöglichen Gemeinden jedoch als Teil von interdisziplinären Projekten gemeinsam mit Partner*innen aus Forschung und Industrie Gelder für planungsrelevante Themen zu erhalten und ihr Wissen einzubringen und auszubauen (z. B. durch Leitprojekte des Klimaministeriums in Österreich und industrielle Forschung mit Gemeinden als Partner*innen).

5.3 Lücke von Forschung und Planungspraxis – Planungsrealität öffentlicher Räume

Forschungsergebnisse und neue Methoden schaffen es nur allzu langsam in die Praxis. Dies ist nicht nur in der Mobilitätsforschung, sondern in vielen Disziplinen zu beobachten. Es sind Abstimmungs- und Aushandlungsprozesse notwendig, die sehr komplex sind (BMK 2020, Mobilität der Zukunft, Zwischenbilanz Personenmobilität).

„Die wissenschaftliche Vorsicht und Zurückhaltung steht oft in krassen Widerspruch zu Anforderungen der Praxis sowie zu öffentlichen Erwartungen“ (Bortz & Döring, S. 9).

Im deutschsprachigen Raum gibt es immer mehr Förderinitiativen, um diese Prozesse zu unterstützen und verschiedene Interessen aus Forschung, Verwaltung, Wirtschaft und Politik zusammenzubringen. Aber wie auch

die Fallbeispiele zeigten, kam es hier auch zu keiner Diffusion in die Planungspraxis. Drei wesentliche Lücken sollen im Folgenden als Rahmen der Reflexion erläutert werden:

Gap 1: Es besteht eine Lücke zwischen Forschung, Planung und Gestaltung

In der Planung ist davon auszugehen, dass etwas in der „echten“ Welt umgesetzt wird. Es sind sozusagen Handlungen und Praktiken, die sich an einem Ort manifestieren, sichtbar werden und sich auf die räumliche Entwicklung auswirken (Diller & Thaler, 2016; Levin-Keitel & Sondermann, 2017). Im Bereich der Planung und Gestaltung von öffentlichen Räumen sind damit vorwiegend Planer*innen der Verwaltung sowie private Planungsbüros betraut, wobei erstere „als Teil des politisch-administrativen Systems über eine hoheitliche Machtposition sowie über eine gewisse Deutungshoheit in planerischen Aushandlungsprozessen“ verfügen (Levin-Keitel & Sondermann, 2017). Bei der angewandten Forschung im Mobilitätsbereich, wie sie aktuell in verschiedenen Förderprogrammen der österreichischen Bundesregierung forciert wird, stehen u. a. neue, innovative Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen im Mittelpunkt. Mit diesen Programmen wird der Kritik Rechnung getragen, dass Forschung, insbesondere an Universitäten, zu wenig den Weg in die Praxis findet. Diller und Thaler (2016) beschreiben in ihrer Analyse von Fachbeiträgen zu theoriebasierter Planungsforschung und Planungspraxis, dass ein „Bedeutungsverlust der Anwendungsforschung und [ein] Auseinanderdriften zwischen den Teilsystemen der Forschung“ erkennbar ist, dies aber zunehmend mit Forschungsprogrammen aufgegriffen wird, die mehr Praxisbezug durch das Einbeziehen relevanter Akteur*innen fordern. Die systematische Literaturanalyse (vgl. Kapitel 3) und die Fallbeispiele (vgl. Kapitel 4) dieser Arbeit bestätigen Diller & Thalers angebrachte Kritik, dass auch im Bereich der Humansensorik die empirische Basis teilweise noch ungenügend ist und nach wie vor den Charakter von Einzelfallstudien aufweist. „Die Praxis benötigt jedoch die theoriebasierte Forschung nicht als Dokumentar von Einzelfällen [...], sondern vor allem auch als generalisierende Instanz, die gerade aus einer zumindest vergleichenden Perspektive dem Praktiker den eigenen Horizont erweitern könnte“ (Diller & Thaler, 2016, S. 68). Andererseits kann auch die angewandte bzw. Industrie- und Entwicklungsforschung kritisiert werden, da Projekte häufig auf Themen aufbauen, bei denen die Grundlagenforschung eigentlich noch fehlt bzw. wie Expertin A. Huemer beschreibt, bei denen Förderungen nicht problemorientiert vergeben werden und diese mehr zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele ausgelegt werden sollten (vgl. Interview A. Huemer).

Gap 2: Innovative Ideen und Methoden schaffen es nicht in den Planungsprozess, zumindest nicht in der Verwaltung. Junge Planungsbüros bedienen sich zunehmend innovativer Methoden der Partizipation und Kommunikation.

Die Lücke zwischen Forschung und Planungspraxis lässt sich auch in der Diffusion von Methoden beobachten. Während die Forschung sich schon längere Zeit mit der Humansensorik beschäftigt, war und ist die Wahrnehmung bzw. Bedeutung in der Planungspraxis noch eher untergeordnet. Die Gründe dafür sind vielfältig und reichen von starren Prozessen im Planungsapparat bis hin zu begrenzten Planungsbudgets der Gemeinden (s. u.). Planungsbüros hingegen sind offener für neue Methoden, aber wiederum von den Vorstellungen des Auftraggebers abhängig. „Dabei stehen sich die Tendenzen immer weiterer Spezialisierung und Ausdifferenzierung in der Planungsforschung einerseits und das wachsende Bedürfnis nach flexibleren Vorgehensweisen in der Planungspraxis andererseits gegenüber“, wie Agnes Förster (2014) in ihrer Dissertation beschreibt. Wie auch geobasierte Informationssysteme, die von der Forschung in den 1990er Jahren immer mehr Einzug in die Planungspraxis fanden und damit neue Kompetenzen seitens der Planer*innen verlangten, fordern auch Humansensorik oder ähnliche Technologien neue Fertigkeiten von praktischen Planer*innen. In standardisierten Planungsprozessen kann davon ausgegangen werden, dass das Methodenrepertoire seitens der Planer*innen,

z. B. das Vorgehen beim Datensammeln, von vornherein festgelegt ist, „ohne zu prüfen, ob andere Methoden für die zu bearbeitende Problemstellung nicht besser geeignet wären“ (Roggendorf, 2011). Es werden meist die herkömmlichen Daten zu Sozio-Demographie, Verkehr etc. gesammelt, was die zugrundeliegende Problemstellung häufig nicht ausreichend abbildet (ebd.).

Die Meinung, dass der etablierte Methodenbaukasten der Planung – insbesondere der Verkehrsplanung – erweitert gehört, ist weit verbreitet. Dabei geht es insbesondere um partizipative und qualitative Methoden, um individuelle und subjektive Einstellungen und Entscheidungen erfassen zu können (K. J. Beckmann, 2021; Kruse et al., 2020). Neue Methoden brauchen aber auch entsprechende Fähig- und Fertigkeiten. Insbesondere in Verwaltungen ist häufig eine gewisse Methodenstarrheit bzw. zögerliche Integration neuer Methoden in den Planungsalltag zu erkennen (Roggendorf, 2011). Ausgehend von einem bestimmten Planer*innen-Typus verfügen Planer*innen jedoch zunehmend auch über interdisziplinäre Fertigkeiten und sind sozusagen „GeneralistInnen mit interdisziplinärem Hintergrundwissen“ (Dangschat et al., 2008). Bezugnehmend auf Försters (2014) Einteilung der Planer*innen-Typen, soll hier kurz auf die mögliche Integration von Humansensorik eingegangen werden.

1. Planer*in als Designer*in (z. B. Verkehrsentswurf, Gestaltung öffentlicher Räume) → Humansensorik für die Erhebung der Situation vor Ort als Input für Entwürfe.
2. Planer*in als Wissenschaftler (z. B. evidenz-basierte, datengetriebene Planung) → Humansensorik für die Analyse räumlicher Phänomene auf Basis von quantitativen Emotionsdaten.
3. Planer*in als Kommunikator → Humansensorik als Vermittlungstool, um die Identifikation mit der geplanten bzw. gebauten Umwelt für Akteur*innen zu erhöhen und das Bewusstsein emotionaler Aspekte in der baulichen Umgebung zu stärken. Der Visualisierung von Stressmomenten, z. B. als Heatmap, kann dabei eine bedeutende Rolle für die Veranschaulichung von kritischen Stellen in der Infrastruktur zugesprochen werden.

Gap 3: Die Planung „ignoriert“ die Bedürfnisse der Betroffenen hinsichtlich Wohlbefinden und Stressfreiheit

Für öffentliche Räume werden unterschiedliche Prinzipien vermittelt, wie gleichberechtigte Nutzbarkeit und Zugänglichkeit der Räume durch verschiedene Verkehrsteilnehmer*innen oder auch – und das ist ebenso wichtig – die Frage, wie diese Räume gestaltet werden müssen, dass sich Menschen dort wohl und sicher fühlen (Carmona, 2019). Gleichzeitig steigt der Nutzungsdruck durch überlagernde Interessen und Konflikte (z. B. neue Mobilitätsformen und daraus entstehende Nutzungsansprüche), wodurch der Druck und eventuell auch der Stress auf städtische Bewohner*innen im öffentlichen Raum steigt (Breitfuss et al., 2006). Maßnahmen zur Neuverteilung von öffentlichem Raum (mehr Platz für Fußgänger*innen, Verkehrsberuhigung etc.) lassen sich erkennen, die aber von Insellösungen bis zu integrierten Planungen divergieren. Dabei stehen klimatische Beweggründe, z. B. Reduzierung der CO₂-Emissionen und der Hitzeinseln, und teilweise auch wirtschaftliche Beweggründe, etwa Steigerung von Umsätzen in Fußgängerzonen, im Vordergrund. Inwieweit diese Maßnahmen das Wohlbefinden der Bewohner*innen verbessern oder den Stress reduzieren, bleibt fraglich. Ein recht eindeutiger Indikator ist lediglich, dass solche Räume eine erhöhte Anziehungskraft auf Menschen haben und öffentlichen Räume „instinktiv“ vermehrt aufgesucht werden (Gehl, 2011), da dort ein Optimum an mittlerer Reizdichte und Komplexität, also eine ideale Balance an Stimuli, vorherrscht (vgl. Interview E. Oberzaucher). Dabei wird Wohlbefinden gemäß der Expert*innen noch zu wenig berücksichtigt, es lassen sich jedoch erste Tendenzen erkennen, dass die COVID-Pandemie zu einer gewissen Bewusstseinsbildung geführt hat, was sich aber noch zu wenig in der Planung zeigt. Die Nutzungskonflikte zwischen Verkehrsteilnehmer*innen untereinander und weitere Faktoren (z. B. Reklamen

und das eigene Smartphone) erhöhen sogar noch den Stress bzw. die Ablenkung (vgl. ebd.).

Andererseits ist auch mehr Offenheit und Flexibilität für innovative Maßnahmen erkennbar, wie Pop-up-Interventionen, Verkehrsversuche, Ausprobieren, Reallabore, flexiblere Planungsprozesse und moderne Werkstattverfahren (Achatz, 2021).

5.4 Mehrwert und Chancen beim Einsatz von Humansensorik in der Planungspraxis

Der Mehrwert der Humansensorik für die Verkehrsplanung wurde aus Sicht der Expert*innen reflektiert. Aufgrund der verschiedenen fachlichen Hintergründe sind die Perspektiven unterschiedlich, geben aber gleichzeitig ein sich komplementierendes Bild wieder. Auch Chancen, von denen die Humansensorik profitieren kann, zeichnen sich ab.

Mehrwert 1: Unsichtbares sichtbar machen

Auf der übergeordneten Ebene wird der Mehrwert darin gesehen, dass die Methoden der Humansensorik die Möglichkeit bieten, urbane Phänomene aufzuzeigen und das Unsichtbare sichtbar zu machen, aber „nicht das Planerische ersetzen, es soll ja nur dem Planer helfen, eventuell Sachen zu fokussieren oder eine neue Sichtweise aufzumachen“ (Interview P. Zeile, Pos. 36). Mit anderen Worten wird unsichtbarer Stress als Emotion durch die physiologische Messung in Form von Daten sichtbar. Das ist auch für das prophylaktische Aufzeigen von Mängeln in der Infrastruktur bedeutsam. Denn es ist wichtig, aktiv zu werden, bevor es zu einem Unfall kommt – daraus ergibt sich aus der Planungspraxis meistens das Handlungserfordernis. „Heute ist es so, dass die Verkehrsplanung tätig wird, wenn ich beispielsweise einen Unfallschwerpunkt habe. Dann bin ich als Planer verpflichtet, tätig zu werden. Die Frage ist aber, ob es wirklich zum Unfallschwerpunkt kommen muss oder ob ich nicht schon vorher tätig werden kann“ (Interview D. Broschart, Pos. 18).

Die Methode ermöglicht auch Messungen in einer echten, realen Umgebung und die Rückkopplung auf die gebaute Umwelt wird als positiv betrachtet. Wenn der gebaute Raum das Untersuchungsobjekt ist, ist es weniger aufschlussreich, in einem Labor oder mithilfe von Simulationen zu forschen (vgl. Interviews S. Kühn, A. Huemer).

Mehrwert 2: Neutraler und objektiver

Als Mehrwert wurde – meist im Vergleich zu den klassischen Befragungen und Zählungen in der Verkehrsplanung – der direkte bzw. unmittelbare Zugang zum Empfinden der Teilnehmer*innen erwähnt. Im Vergleich zu Umfragen ist dieser neutraler, ungefiltert und quantifizierbar und unterliegt weniger subjektiven Verzerrungen (vgl. Interviews E. Oberzaucher, F. Otte). Stress kann somit messbar und quantifizierbar gemacht werden und als wichtige Grundlage für die Überzeugungsarbeit in Richtung zuständiger Behörden und beteiligter Personen dienen (vgl. Interview M. Skoric).

Des Weiteren ist auch die Objektivierbarkeit als Grundlage für planerische Entscheidungen zu erwähnen, da diese oft auf Emotionen bei den Verantwortlichen selbst basieren (vgl. Interview B. Resch). Darüber hinaus bieten die Methoden anhand von Daten eine gewisse Vergleichbarkeit, z. B. von verschiedenen verkehrlichen Situationen, und können dadurch als Argumentationsbasis für politische Entscheidungen fungieren.

Mehrwert 3: Inklusiver und kombinierbar

Darüber hinaus eröffnet die Methode die Möglichkeit, vulnerable Gruppen, in welche sich Planer*innen nur schwer hineinversetzen können, einzubinden und ihre Bedürfnisse bzw. ihr Stressempfinden oder Trigger im öffentlichen Raum und ihre Mobilität besser zu verstehen. Insbesondere Kinder, ältere Menschen und Menschen mit Beeinträchtigungen wurden von den Expert*innen erwähnt. Neue Nutzer*innengruppen bedeuten auch neue Datenquellen (vgl. Interview D. Broschart). Die Kombinierbarkeit mit anderen Messungen (z. B. Position und Bewegung durch den Raum, Abstandsmesser) oder Daten (z. B. Umweltdaten) ist ebenfalls ein positiver Aspekt (vgl. Interview A. N. Rodrigues da Silva, F. Otte).

Es ist anzumerken, dass die Stärken seitens der Forschung in der Planung sowie der Planungspraxis durchaus positiver verbalisiert wurden als in der Forschungsgruppe der Psychologie und der Neurowissenschaften.

Mehrwert 4: Neue Blickwinkel in der Planung

Meist wird Planung von wenigen Personen vorgenommen. Die Methode der Humansensorik kann jedoch einen neuen Blickwinkel und neue Gesichtspunkte des Verkehrsverhaltens hinsichtlich Emotionen und Stress u. a. im Radverkehr einbringen (vgl. Interview M. Skoric). Diese „neuen“ Daten können für evidenzbasierte Entscheidungen in der Planung herangezogen werden. Aber es ist auch denkbar, dass aufgrund der Neugier für neue Methoden auch eine „neue Art des Mitmachens“, angelehnt an Citizen Science und Public Participation-Prozesse, seitens der Gemeinden angestoßen wird, indem Humansensorik als neuer Feedbackkanal zur Beteiligung betrachtet wird (vgl. Interview P. Zeile, Pos. 24). Somit würde das auch über die bekannten „Mängelmelder“, also Online-Plattformen für die Anliegen der Bürger*innen, hinausgehen.

Auch, dass die Humansensorik sehr interdisziplinär angelegt ist, kann neue Aufschlüsse für die Anforderungen der aktiven Mobilität bieten.

Chance 1: Aktive Mobilität gewinnt an Bedeutung

Die Chance für die Humansensorik besteht auch darin, dass immer mehr Gemeinden und Städte zunehmend Menschen zum Radfahren motivieren und Infrastrukturen dahingehend bewerten wollen:

„Die Ziele sind eigentlich [...], dass wir versuchen müssen, mehr Menschen aufs Rad zu kriegen. Und das bedeutet eben, dass wir nicht nur die starken und selbstbewussten Radler finden müssen, sondern auch Lösungswege haben müssen und eine Infrastruktur haben müssen für die Menschen, die nicht so versiert sind, die ängstlich sind [...]. Und das bedeutet auch, dass uns eigentlich was fehlt, um das einzuschätzen in der Infrastruktur, ob das, was wir tun, letztendlich auch für alle reicht.“ (Interview F. Otte, Pos. 10)

Dies folgt sozusagen dem Design-for-all-Prinzip. Der motorisierte Individualverkehr wird gemäß Kurt Fallast in Städten an Bedeutung verlieren, gleichzeitig werden Fuß- und Radverkehr, also Bewegungsformen, bei denen der Mensch direkt der Umwelt ausgesetzt ist, zunehmen. Darauf muss in der Planung Rücksicht genommen werden und Daten über das Wohlbefinden bzw. Stress der aktiv Mobilien werden dabei immer wichtiger werden. Aus seiner Sicht wird dies jedoch teilweise noch nicht ganz verstanden und es besteht die Meinung, „beim Freizeitverkehr sollten sich die Leute wohlfühlen. Im Alltagsverkehr wollen sie möglichst schnell wo sein. Ich bin nicht dieser Meinung“ (Interview K. Fallast, Pos. 50).

Chance 2: Massentauglichkeit der Geräte

Als eine Chance werden auch die technischen Möglichkeiten gesehen, die massentauglicher und günstiger und

gleichzeitig für die Nutzer*innen angenehmer zu tragen werden. Letzteres wird insbesondere als wichtig erachtet, damit Teilnehmer*innen sich nicht in einer künstlichen Situation wiederfinden und die Wearables vergessen (vgl. Interview E. Oberzaucher). Ein weiteres Potenzial wird im schnelleren Zugriff auf die Daten sowie die Automatisierung der Auswertung der Daten gesehen – ähnlich zu einem Sportstracker, der dem/der Nutzer*in beinahe in Echtzeit Analysen und Ergebnisse liefert (vgl. Interview D. Broschart). Eine höhere Datendichte ist auch für künftige Planungsaufgaben bedeutend, um den Bestand zu verbessern, sowie Fehler nicht zu wiederholen (vgl. Interview F. Otte).

Für ein **breiteres Rollout** der Humansensorik in der Zukunft wird von der Forschungsseite die Möglichkeit gesehen, dass zum einen den Teilnehmer*innen Sensorensets mitgegeben werden können, um längere, alltagsnahe Messungen zu ermöglichen und künftig auch mehr Sets zur Verfügung stehen werden, auch wenn mit Dateneinbußen aufgrund unzureichender Handhabung zu rechnen ist (vgl. Interview B. Resch). Die bisherige Forschungspraxis beschränkte sich sehr stark auf wenige Testtage und vorgegebene Strecken. Das Rollout wird auch damit begründet, dass das Smartphone mittlerweile in die Alltagswelt eingebettet ist und der Großteil der Nutzer*innen mit Bluetooth und Co. vertraut ist. Diesen Gedanken weitertragend, ist ein Dashboard des negativen Empfindens mit Stellen, wo sich diese immer wieder wiederholen, in Zukunft durchaus denkbar (vgl. Interview P. Zeile). Auf der anderen Seite gibt es auch viele Start-up-orientierte Projekte, die anhand von Marketing viel versprechen, durch lange Entwicklungs- und Bestellzeiten oder unzureichende Messgenauigkeit diesem Versprechen jedoch nicht gerecht werden (vgl. Interview B. Resch).

Chance 3: Planungsaufgaben

Die Chancen für die Integration der Methode in Planungsprozesse hängt nach M. Skoric auch vom Umfang der Planungsaufgabe ab. Je größer die Gemeinde und die Planungsaufgabe, desto wahrscheinlicher wäre es, dass sich der Aufwand der Methode lohnt. D. Broschart sieht auch die Möglichkeit einer breiteren Integration in dem Engagement von Referent*innen, die bestimmte Themenbereiche als Schwerpunkt haben (z. B. Radverkehr), Anträgen einbringen und Humansensorik als Methode zur Diskussion bringen können.

5.5 Anwendungsbereiche der Humansensorik

Im Folgenden sollen die Anwendungsbereiche der Humansensorik dargelegt werden. Um die Anwendbarkeit der Humansensorik bei planerischen Vorhaben der Verkehrsplanung zu prüfen, ist es vorab wichtig, einen systematischen, eher generischen Prozessablauf der Planung darzustellen. Anschließend werden geeignete Themenfelder und Anwendungsbereiche für die Humansensorik beschrieben.

5.5.1 Exemplarisches Planungsmodell

In der Verkehrsplanung haben sich im Prozess die Schritte Orientierung, Problemanalyse, Maßnahmenuntersuchung, Abwägung und Umsetzung weitestgehend als idealtypischer Ablauf etabliert. Diese Linearität ist aber auch durch Iterationen und Sprünge geprägt (Gertz, 2021). Als Orientierungsrahmen dienen die „Empfehlungen für Verkehrsplanungsprozesse“ der FGSV in Deutschland. Im Sinne der integrativen Planung ist die Integration von u. a. relevanten Akteur*innen, Fachdisziplinen und Betroffenen im Sinne der Beteiligung anzustreben, wobei diese wieder von der jeweiligen Planungsaufgabe abhängig ist (Gertz & Holz-Rau, 2020). Dies knüpft auch an das bereits oft diskutierte Planungsproblem, oder wie Rittel & Weber (1973) es nennen, „wicked problems“ an. Gestaltung und Planung sind stets von den eigenen Wertvorstellungen durchzogen. Die Vorstellungen von Planer*innen, Gestalter*innen oder Betroffenen divergieren meist bzgl. des Problems und der entsprechenden

Lösung: „Eine möglichst präzise und fundierte Problembestimmung ist gleichwohl eine elementare Voraussetzung, um überhaupt ein schlüssiges Lösungskonzept entwickeln zu können“ (Schönwandt et al., 2011). Mehr Informationen und eine umfassendere Datenlage (wie zu Emotionen und Stress) helfen zumindest bei der Definition des Problems.

Planungsmodelle versuchen Planungsprozesse, die allerdings vielschichtig und komplex sind, zu veranschaulichen. Nach einer Abkehr vom „rationalen“ Planungsmodell hat Schönwandt (1999) das kreislaufförmige Planungsmodell der „dritten Generation“ geprägt, welche relevante Komponenten der Planung in einen systematischen Zusammenhang bringt. Da Planung hier eher in der Breite betrachtet wird, stellt dieser Prozess als Kreislauf – mit ein paar Modifikationen – eine gute Grundlage zur Verortung der identifizierten Hürden und Einsatzbereiche für die Integration von Humansensorik im Planungsprozess dar. In ähnlicher Weise haben auch Agnes Förster (2014) und Martin Berchthold (2016) das Planungsmodell zur Veranschaulichung ihrer Ansätze verwendet.

Kurz soll hier auf das Modell und seine Komponenten eingegangen werden.

Einbettung des Planungsmodells: Die Planungswelt umfasst die Erarbeitung von Lösungsvarianten und teilweise die Definition der Problemlage sowie die Beschlussfindung. Diese Planungswelt ist eingebettet in die Alltagswelt, wo Arena (die Gesamtheit der Akteur*innen) und Agenda (die Diskussionspunkte) verankert sind. Bei der Agenda zu ergänzen ist, dass es viele verschiedenen Diskussionspunkte bzw. Probleme gibt, die jedoch aufgrund der finanziellen oder zeitlichen Ressourcen nicht in Angriff genommen werden (können).

Ergänzend tritt als Modifikation und als wesentlicher Aspekt dieser Arbeit die „Welt“ der Wissenschaft und Forschung hinzu, die im Spannungsfeld der Problemdefinition und Erhebung, der Auswertung, der Erarbeitung von Lösungen bis hin zum Testen und der Evaluierung der Ergebnisse (1, 2, 3, 5a und 6) involviert bzw. aktiv werden kann.

Die Schritte im Planungsmodell: Die Schritte nach Schönwandt (1999) wurden im Folgenden an einigen Stellen modifiziert. Beim (1) Verständnis der Sachlage wird das Planungsproblem (z. B. hohe Lärmbelastung) erörtert, welches sich im Optimalfall auf empirische Untersuchungen der Situation stützt. Diese sind zwischen der Alltags- und Planungswelt verortet, wo das Risiko besteht, „dass die von den Akteuren der Planungswelt erarbeiteten Problembeschreibungen die Problemlagen der Alltagswelt nicht angemessen abbilden“ (Schönwandt, 1999, S. 31). Hier spielen auch die Wissenschaft und Forschung eine wesentliche Rolle, da sie die Minimierung dieses Risikos mit weiteren Kenntnissen und Expertisen unterstützen. Des Weiteren sollte auch die Möglichkeit der Partizipation zur gemeinsamen Erarbeitung der Problembeschreibung nicht unerwähnt bleiben. Beim nächsten Schritt (2) (ursprünglich das Herstellen von Anleitungen) geht es um die Auswertung und Interpretation der erhobenen Daten, welche in (3) der Abwägung verschiedener Lösungsvarianten und der Reduktion auf eine oder wenigen Lösungen resultiert. Die (4) gemeinsame Beschlussfassung über das Vorgehen (ursprünglich der 3. Schritt) ist wiederum an der Schnittstelle zwischen Planungs- und Alltagswelt verortet. Neben fachlichen Inhalten kommen hier auch Beteiligungsformate zum Einsatz. Übereinkünfte sollten das Ergebnis dieses Teilschrittes sein. In der Alltagswelt befindet sich das (5) Umsetzen (ursprünglich Eingriffe), das auf die räumlichen und verkehrlichen Gegebenheiten

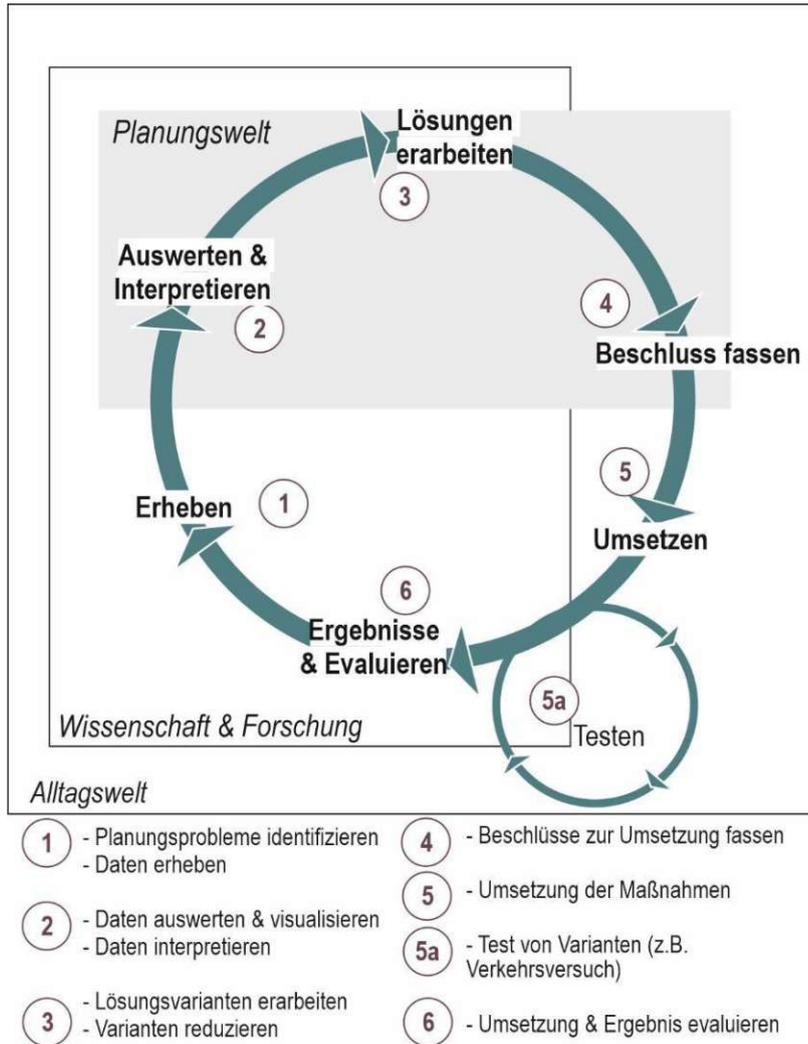


Abbildung 60: Adaptiertes Planungsmodell nach Schönwandt (1999) (eigene Darstellung)

ohne Anlassfall, also prophylaktisch realisiert wurden (Schönwandt, 1999).

5.5.2 Anwendungsbereiche der Humansensorik

Anhand der Literaturanalyse, der Fallbeispiele und der Expert*innen-Interviews lassen sich für die Humansensorik verschiedene Anwendungsbereiche identifizieren, die jeweils mit unterschiedlichen Herangehensweisen beforscht werden können (Forschungsdesigns).

Diese stellen sich wie folgt dar:

wirkt und über eine iterative Schleife auch das (5a) Testen von Maßnahmen beinhalten kann. Anzudenken sind hier Verkehrsversuche oder räumliche Interventionen (Achatz, 2021). Diese Umsetzungen werden im Raum sichtbar oder wirken auf das Verhalten von Menschen. An dieser Stelle relevant sind insbesondere die Errichtung neuer Anlagen (z. B. Radwege) oder die Festlegung neuer Nutzungsregeln, die nicht eine bauliche Struktur, sondern das Verhalten darin bzw. den Umgang damit festlegen (z. B. Verkehrsberuhigung). Diese haben Einfluss auf die sozialen, wirtschaftlichen, ökologischen etc. Gegebenheiten und wirken auf sie ein (z. B. mehr Lebensqualität und weniger Emissionen durch Verkehrsberuhigung). Die (6) Ergebnisse beinhalten das, was sich am Ende unter Berücksichtigung der Intentionen abbildet und dann evaluiert werden kann. Dabei stellt sich stets die Frage, ob eine Planung erfolgreich ist, besonders bei Maßnahmen, die

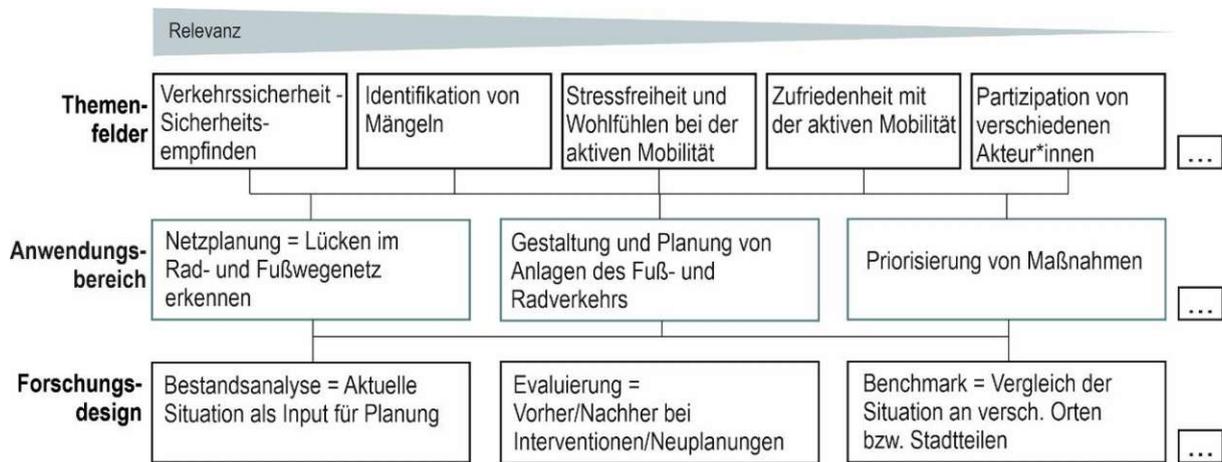


Abbildung 61: Themenfelder & Anwendungsbereiche der Humansensorik (eigene Darstellung)

Themenfelder der Humansensorik

Die Verkehrssicherheit stellt ein wichtiges Themenfeld für die Humansensorik dar. Zum einen kann das **objektive Sicherheitsempfinden** von Stressmomenten abgeleitet und gegebenenfalls mit dem subjektiven (berichteten) Sicherheitsempfinden abgeglichen werden (siehe auch Mellinger (2022)). Zum anderen können die Stressmomente Hinweise auf **Mängel in der Infrastruktur** geben, deren Identifikation und Behebung einen Beitrag zur Verkehrssicherheit liefern kann. „Meines Erachtens nach wird das Thema Verkehrssicherheit sehr technisch betrachtet und das könnte auch ganz anders über diese sensorische Komponente betrachtet werden“ (Interview M. Skoric, Pos. 26). Dabei erwähnt er auch die Sicherheit an Schulvorplätzen, Schulumfeld und Schulwegen. Dort wird wiederum ein höheres Sicherheitsniveau benötigt, welches von „erwachsenen“ Planer*innen und Expert*innen nicht so leicht einzuschätzen ist. Außerdem stellen **Querungsstellen für Fußgänger*innen** stets eine Gefahrenquelle dar, wo sich auch der Methode bedient werden könnte, um diese Stellen für Behörden sichtbar zu machen (ebd.). Die Humansensorik wird jedoch auch als ergänzendes Analyse-Tool für die Sicherheit von Radinfrastrukturen gesehen (vgl. Interview B. Resch).

Etwas allgemeiner gefasst ist der Anwendungsbereich „Stressfreiheit und Wohlfühlen bei der aktiven Mobilität“, in dem **stressauslösende Momente bei Fußwegen und Radfahrten** als Grundlage z. B. zur Bewertung der Fuß- und Radfreundlichkeit einer Stadt oder eines Bezirks erhoben werden können. Der Bereich der **Zufriedenheit** mit der aktiven Mobilität knüpft an die Zufriedenheitsforschung an (siehe Kapitel 2.3.1). Hier wäre es denkbar, Stressmomente in die Beurteilung der eigenen Mobilität und allgemeinen Lebenszufriedenheit einfließen zu lassen.

Humansensorik könnte auch eine Methode der **Partizipation** bilden, wenn z. B. die Wearables breiter verfügbar sind und die teilnehmenden Personen ihre Daten zur Verfügung stellen (vgl. Interview B. Resch). Darüber hinaus wird das Einsatzpotenzial auch in der Involvierung vulnerabler Gruppen wie Kindern und mobilitätseingeschränkten Personen, Radfahrer*innen (als „schwächere“ Verkehrsteilnehmer*innen) oder auch Personen, die sich bisher weniger an partizipativen Verfahren beteiligt haben, gesehen (vgl. Interviews D Broschart, F. Otte, M. Skoric). Die Methode der Humansensorik zu Partizipationszwecken wurde jedoch vorerst nicht von sämtlichen Planungsexpert*innen so wahrgenommen. „I never thought about using this kind of measurement for participation, but it may be a way to go, I mean, we could just measure some reactions and stress levels, feed this information back to the users, show them what they had experienced out there, and maybe propose some changes and ask them to do it again“ (Interview A. N. Rodrigues da Silva, Pos. 32). Für Letzteres sind Stressdaten insbesondere hinsichtlich der Kommunikation relevant. Die Visualisierung von Stressdaten über Karten kann der Vermittlung von Handlungs- und Planungserfordernissen an unterschiedliche Zielgruppen wie Entscheidungsträger*innen,

Bevölkerung etc. dienen (vgl. Interview B. Resch).

Anwendungsbereiche

Humansensorik bzw. die ermittelten Stressmomente haben stets einen räumlichen Bezug bzw. sind mit GPS-Daten verknüpft. Daher sind die Anwendungsbereiche beider Datenquellen ähnlich gelagert (siehe auch Francke & Lißner (2017)). Ausgehend von einer umfassenden Datenerhebung können **Lücken im Netz** oder unzureichende Fußweg- und Radinfrastruktur ermittelt werden. Stellen mit vermehrten Stresspunkten können Aufschluss darüber geben, wo die Netzqualität unzureichend ist, Kapazitätsengpässe bestehen oder Knotenpunkte besser gestaltet werden sollten (deduktive Erhebung, vgl. Kapitel 2.2.2.2). Auch für die **Gestaltung und Planung von Anlagen** des Fuß- und Radverkehrs kann Humansensorik relevant sein. Intensitäten an Stressmomenten auf verschiedenen Anlagen (z. B. Mischverkehr) mit unterschiedlichen Gestaltungsarten (z. B. Oberflächen, Markierungen) können Mängel erkennbar machen. Auch hinsichtlich der Priorisierung von Maßnahmen im Fuß- und Radverkehr kann Humansensorik einen Beitrag leisten. Normalerweise sind die Verkehrssicherheit (Unfallstatistik) oder geplante Sanierungen der Anstoß für die Prioritätensetzung (Francke & Lißner, 2017). Mithilfe von Stressdaten können stressbelastete Stellen, die auch hinsichtlich der Verkehrssicherheit kritisch zu sehen sind, identifiziert und Maßnahmen ergriffen bzw. priorisiert werden. Auch das Eingreifen mit provisorischen Maßnahmen oder Umleitungen ist denkbar, wenn die Situation nicht schnell genug entschärft werden kann (vgl. Interview F. Otte).

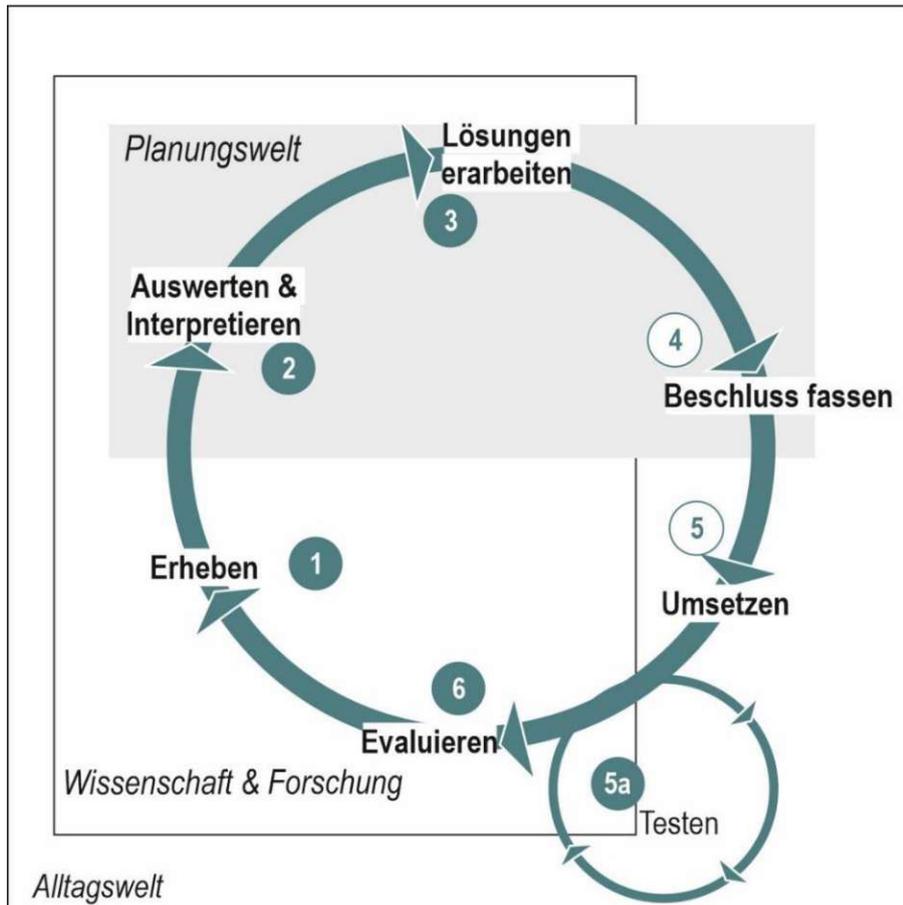
Forschungsdesign

Alle Anwendungsbereiche lassen sich mit verschiedenen Forschungsdesigns realisieren. Neben einer **Bestandsaufnahme** der aktuellen Situation ist auch die **Evaluierung** von Infrastrukturen (Vorher-Nachher-Untersuchung) denkbar (**im Prozess 5a/6, s. u.**). Wie in dem Projekt POSITIM werden Umplanungen von Infrastrukturen mit einem Methodenbündel, das auch Humansensorik beinhaltet, evaluiert, um einen Vorher-Nachher-Vergleich herzustellen (vgl. Interview B. Resch). Im Projekt wurde bei einer stark befahrenen Einfahrtstraße in Salzburg der Fahrradstreifen ausgehend von einer Breite von 1,25 Meter verbreitert. Bei der Erhebung wurde eine Kombination aus Abstandsmesser am Fahrrad, einer am Laternenmast montierten Kamera (Aufzeichnung von Verkehrsmengen, Überholvorgängen) und der Erfassung der Stressmomente verwendet. Ergebnis der Vorher-Nachher-Untersuchung: (a) Reduktion der Anzahl von Überholvorgängen um circa 35 %, (b) Vergrößerung der Überholabstände, (c) quantitative Reduktion der gemessenen Stressmomente um circa 25 %.

Ein weiterer Ansatzpunkt ist die Evaluierung taktischer Interventionen, die vor allem in Deutschland immer mehr verbreitet sind. Die Experimentierklausel in § 45 StVO (Deutschland) erlaubt nun, testweise alternative Straßenführungen und Gestaltungen für den Radverkehr zu erproben. Diese kurzzeitigen Interventionen könnten u. a. auch mit Stressdaten evaluiert werden. Im Sinne eines „**Benchmarks**“ können auch verschiedene Städte oder Stadtteile im Hinblick darauf miteinander verglichen werden, welche Gebiete stressfreier zu begehen oder mit dem Rad zu befahren sind.

Im Planungsprozess

Konkrete Einsatzbereiche der Methode der Humansensorik in einem Planungsprozess konzentrieren sich seitens der Expert*innen eher im Bereich der Erhebung von Daten im Bereich der Verkehrssicherheit. Unter Einbeziehung des Modells eines Planungsprozesses, sollen im Folgenden die Schritte hervorgehoben werden, bei denen Humansensorik zum Einsatz kommen könnte.



- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 - Gemeinsames Befahren/ Begehen ausgestattet mit Sensoren 2 - Mängel identifizieren
- kritische Stellen visualisieren 3 - Ergebnisse fließen in Lösungsvarianten
- Beteiligung der Proband*innen | <ul style="list-style-type: none"> 5a - Varianten testen; Proband*innen wieder einbinden 6 - Ergebnisse evaluieren (Vorher-Nachher-Untersuchung mit Sensoren) |
|---|---|

Abbildung 62: Modell Planungsprozess nach Schönwandt (1999) mit Einsatz der Humansensorik (eigene Darstellung)

In Schritt (1), der Erhebung, kann zur Untersuchung und Datensammlung die Methode der Humansensorik eingesetzt werden. Bestimmte Fragestellungen in Bezug auf den Fuß- und Radverkehr als **Bestandsanalyse (1)** (z. B. Identifikation von kritischen Stellen, bevor es zum Unfall kommt), Benchmarks (Vergleich von verschiedenen Orten bzw. Stadtteilen; Identifikation von Infrastrukturen, die Fuß- und Radfahrer*innen Unbehagen bereiten) oder Vorher-Nachher-Untersuchungen zur Evaluierung von Neuplanungen können damit beantwortet werden.

Wie in den Fallbeispielen bereits dargelegt, gibt es verschiedene Themenfelder und Einsatzbereiche in einem planerischen Prozess, in denen die Methode der Humansensorik angewendet werden kann. Wie in Fallbeispiel 2 bereits verdeutlicht, spielt das Themenfeld Sicherheit bzw. die Identifikation von Sicherheitsmängeln (2) entlang von Fuß- und Radwegen eine wichtige Rolle. Dies wurde auch von den Expert*innen nochmals aufgegriffen, wobei zu erwähnen ist, dass die Themen in den Projekten, in die sie involviert waren, am naheliegendsten sind. In der Verkehrssicherheit geht es überwiegend um technische Richtlinien und Vorschriften, dort könnten Stressdaten eine ergänzende Datenquelle sein. Wurden kritische Stellen oder Mängel identifiziert, können diese Erkenntnisse in Lösungsvarianten (3) einfließen. Diese Ergebnisse aus einer Erhebung mit Humansensorik-Methoden können als Belange in die Abwägung der Bauleitplanung (§§ 3, 4 BauGB, Deutschland) bzw. in die Begründung des

Bauleitplans einfließen – zumindest aus deutscher Perspektive (vgl. Interview D. Broschart). Hier besteht die Möglichkeit, die Proband*innen der Studie wieder einzubinden und ggf. die Stressmomente und Lösungen zu diskutieren. Die verschiedenen Lösungen können auch als Varianten getestet (5a) und/oder letztendlich dahingehend evaluiert (6) werden, ob die stressauslösenden Mängel reduziert wurden.

Auch von Expert*innen wird angemerkt, dass es zumindest aus der deutschen Perspektive kaum Prozesse zur Planung von Radinfrastrukturen im Allgemeinen gibt. Es besteht meist erst ein Handlungserfordernis, wenn es zu einem Unfall gekommen ist. Die Methode kann sozusagen zur Prävention oder auch beim Ausprobieren verschiedener Verkehrsführungen (siehe auch Verkehrsversuch StVO § 45, Deutschland) eingesetzt werden (vgl. Interview D. Broschart, F. Otte).

5.6 Anwendungsanforderungen der Humansensorik in der Planung von öffentlichen Räumen

Die Expert*innen wurden ebenfalls zu den Ansprüchen an Methoden im Allgemein und an die Humansensorik im Speziellen befragt. Daraus lassen sich Anforderungen an die Humansensorik ableiten, die erfüllt werden müssten, um Humansensorik für die Planungspraxis anwendbar zu machen. Aufgrund der verschiedenen Disziplinen sind die Ansprüche und die damit verbundenen Aufgaben in einem Planungsprozess unterschiedlich gelagert. Das Kapitel schließt mit einem Vergleich der Expert*innen-Gruppen, der hierzu noch genauer Aufschluss geben soll.

5.6.1 Formalisierte Planungsschritte vs. iterative Forschung

Es existiert kein allgemeingültiger Prozess. Dennoch, wie im Vorkapitel angesprochen, folgen Planungsprozesse bestimmten Schritten, die durch Richtlinien und Vorgaben bestimmt sind. Diese widersprechen dem eher iterativen Vorgehen von Forschungsvorhaben, insbesondere wenn diese Forschung noch auf eher experimentellen Füßen steht. Aber wissenschaftliches Arbeiten bedeutet, diese methodischen Lücken bzw. die Fehleranfälligkeit des Systems zu erklären und argumentieren. „Das heißt nicht, dass man irgendwie die Methode entwertet, sondern das heißt im Prinzip, dass man es gestattet, dass die Methode oder dass die Ergebnisse entsprechend eingeordnet werden können [...]“ (Interview E. Oberzaucher, Pos. 26). In Planungsprozessen werden jedoch zuverlässige Methoden benötigt, die schon einen gewissen „Reifegrad“ aufweisen und einen Benefit gegenüber den herkömmlichen Methoden aufweisen.

Im Folgenden soll daher kurz auf die von Expert*innen erwähnten wissenschaftlichen Fallstricke der Methode der Humansensorik kurz eingegangen werden, die sich auch teilweise mit denen der systematischen Literaturanalyse decken, aber hier nochmals aus der Planungsperspektive betrachtet werden.

Die Fragestellungen und die formulierten Hypothesen sind eher rudimentär, da häufig von einem explorativen Forschungsdesign ausgegangen wird. Dieses wird angewendet, wenn wenig über den Forschungsgegenstand bekannt ist, keine Annahmen bzw. Hypothesen formuliert werden können oder der/die Forscher*in diesbezüglich offenbleiben will (Mayring, 2020). Diese Forschung wird jedoch überwiegend mit qualitativen Methoden realisiert, z. B. mittels Beobachtungen, was der „objektiven“ Methode der Humansensorik allerdings widersprechen würde. A. Huemer äußert daher den deutlichen Anspruch, klare Forschungsfragen zu formulieren und dahingehend die Methode auszuwählen, wie es auch im Sinne des wissenschaftlichen Arbeitens vorgesehen ist. Sie stellt infrage, ob es nicht häufig ausreichen würde, eine Befragung durchzuführen, um die notwendigen Erkenntnisse zu

erlangen. Es braucht darüber hinaus Validierungsmaßnahmen (was teilweise auch geschieht, siehe die Befragung in der eDiary-App in Fallbeispiel 1) sowie klare Hypothesen und räumliche Schwerpunkte (z. B. Straßenkreuzung), sodass der/die Forscher*in letztendlich weiß, worauf zu achten ist und nicht mit unendlich vielen Daten konfrontiert wird (vgl. Interview A. Huemer). Eine vorgeschlagene Forschungsfrage wäre aus ihrer Sicht das Ermitteln der mentalen Anstrengung einer Radfahrt über eine bestimmte Strecke. Auch D. Broschart findet das „freie Herumfahren“ eher schwierig, da keine Überlappungen an bestimmten räumlichen Stellen abgeleitet werden können.

Des Weiteren bleibt das **Problem der Kausalität und Korrelation**: Welche Ereignisse finden in der realen Welt statt und **wie wirken** diese auf die physiologischen Veränderungen? Grundsätzlich wird also die Frage aufgeworfen, was eigentlich gemessen wird bzw. was aus den Daten abgeleitet werden kann (physiologische Veränderung = Stress?). Es handelt sich aus Sicht mancher Expert*innen eher um eine Erregung (Arousal) bzw. Aktiviertheit. Ein gewisses Aufmerksamkeitsniveau ist wichtig, wenn Menschen etwa mit dem Rad unterwegs sind und bestimmte Situationen einschätzen müssen. „Es ist doch gut, wenn die Leute aktivierter sind. Wir brauchen ein Aktivierungsniveau, um in komplexen Situationen adäquat reagieren zu können. Es ist schon okay, wenn wir da nicht schlafen“ (Interview A. Huemer, Pos. 36). Darüber hinaus besteht das Eingeständnis, dass „nicht hundertprozentig geklärt ist, wie sich ein emotionspsychologischer Prozess, der sich ja im Körper abspielt, sich extern äußert“ (Interview B. Resch). Außerdem stellt sich die Frage, ob es tatsächlich Stress ist, der mit den Wearables gemessen wird (vgl. Interview A. N. Rodrigues da Silva). Dazu braucht es weitere Grundlagenforschung – einige Parameter seien schon besser, andere weniger untersucht. Fraglich ist auch, ob die Parameter für Planungsanforderungen ausreichend seien bzw. sein würden (vgl. Interview P. Zeile). Auch bei statistischen Berechnungen zur **Korrelation** lassen sich nicht immer Muster erkennen, wie A. N. Rodrigues da Silva zur Frage seiner Forschungsprojektes beschreibt: „So, we had this assumption that we would be able to clearly spot that people are stressed in mixed traffic conditions and are not stressed in places where we have a nice infrastructure. [...] Unfortunately, it was not that easy to see the difference. I mean, we have stressful moments in the cycle infrastructure. We have easy, not stressful moments in mixed traffic conditions [...]. [T]he correlation is not evident“ (Interview A. N. Rodrigues da Silva, Pos. 30). Die Bedeutsamkeit der Hautleitfähigkeit ist daher nach wie vor schwierig zu interpretieren (vgl. Interviews S. Kühn, A. Huemer). „Aber gerade Affekt, also gerade Emotion, hat sich einfach als sehr, sehr schwierig bewiesen. Ohne Introspektion, ohne wirkliche First-Person-Beschreibungen, was da gerade in dem vorgeht [...] da wird man nicht drum herumkommen“ (Interview S. Kühn, Pos. 54). Die Bestimmung des Affekts brauche die Kompetenz der Psychologie, „weil das [die Daten] kann total gleich aussehen, ist aber für denjenigen, der es erfährt, was ganz anderes“ (Interview S. Kühn, Pos. 20). Und ob daraus tatsächlich Stress abgeleitet werden kann, steht wiederum auf einem anderen Blatt.

Die **Gütekriterien für Methoden** sind maßgeblich für eine transparente Forschung und infolgedessen auch für die Argumentation von den besprochenen evidenzbasierten Entscheidungen. In der realen Umgebung nehmen insbesondere Reliabilität und Validität im Gegensatz zum Labor deutlich ab, da der Kontext nicht mehr hergestellt werden kann. „Reliabilität und Validität in jedem Stadium der Datenerhebung sind ganz große Herausforderungen. Physio[logie] ist so irre anfällig [...], dass ich mir da ganz schnell Artefakte reinhaue, die ich dann interpretiere und die nichts über die Situation oder irgendwas sagen. Ich muss genau aufpassen, wie ich meine Daten bearbeite, was ich filtere, was ich glätte, was ich wo drauf synchronisiere und was ich dann für Schlüsse an dieser Stelle ziehen kann“ (Interview. A. Huemer, Pos. 24). Objektiv ist die Methode nach wie vor, wenn davon ausgegangen wird, dass das Gerät misst, was es misst – ohne Einfluss durch die Forschenden. Diese wissenschaftlichen Gütekriterien wie Objektivität werden nicht nur als Stärke dargestellt, sondern auch insbesondere von der Forschungsseite als Ansprüche formuliert und gleichzeitig kritisch hinterfragt. Wesentliche Ansprüche sind daher

Objektivierbarkeit von subjektiven Emotionen – nicht gleichzusetzen mit der Objektivität einer Messung –, um Prioritäten setzen zu können, sowie „Repräsentativität“, wobei eine breite Bevölkerungsschicht involviert wird, um nicht nur die „lauten“ Personen abzubilden.

Die **Validierung der Daten** spielt daher eine wesentliche Rolle. S. Kühn verweist auf Russ Hurlburts Forschung zu Introspektion, eine Methode zur Selbstbeobachtung und Verbalisierung inneren Erlebens. Dieses „Deskriptive Experience Sampling“ (DES) sieht vor, dass Teilnehmer*innen in ihrem Alltag einen Piepser bei sich tragen und, wenn der Piepton ertönt, Notizen zu ihrem inneren Erleben machen bzw. Gedanken aufzeichnen (Hurlburt & Akhter, 2006). Sie sieht darin die Möglichkeit, die gemessenen Parameter mit dem tatsächlichen Erleben abzugleichen, damit die Daten letztendlich auch eine Aussagekraft bekommen. Als weitere Option, um die Aussagekraft der Daten zu erhöhen, werden auch größere Stichproben erwähnt. „We don't have full control of what's happening inside the head of the person and the emotions, the personal moment in life and everything. [...] I mean, the only way to get around this, in my opinion, is to get a very large sample so that we would be able to work on the trend and not only on particular specificities of one person or two or three [...]. If we have a large sample, you kind of get the trends and it's more reliable“ (Interview A. N. Rodrigues da Silva, Pos. 38).

5.6.2 Aufwand vs. Wirtschaftlichkeit

Gemeinden treffen planerische Entscheidungen hinsichtlich der künftigen Entwicklung der Nutzung und Bebauung. Dazu gehören auch Grundlagenforschung, Bestandsaufnahmen, Aufbereitung von Daten, Abstimmung von Interessen sowie Erstellung von örtlichen Plänen (Gruber et al., 2018). Diese Aufgaben sind mit Methoden verknüpft und einem – eher eingeschränkten – finanziellen Handlungsspielraum unterworfen. Grundsätzlich ist die Zweckmäßigkeit von Methoden in der Planung, „überflüssige, zeitraubende und kostspielige Informationsbeschaffung zu vermeiden. Vielmehr sollen Methoden dazu beitragen, schrittweise zum Kern schwieriger Aufgaben vorzudringen und dabei helfen, das Wichtige vom weniger Wichtigen zu unterscheiden“ (Roggendorf, 2011, S. 284).

Die Wirtschaftlichkeit der Anwendung von Humansensorik als Methode der u. a. Bestandsaufnahme ist ein wesentlicher Anspruch und wurde auch von den Expert*innen insbesondere aus der Praxis genannt. In der Planungspraxis sind die Ressourcen Zeit und Geld sehr knapp bemessen und die Methode zur Erhebung von z. B. Mängel eher nebensächlich bzw. es wird auf bewährte Methoden zurückgegriffen. Methoden wie Verkehrszählungen oder auch Befragungen sind lange etabliert, doch das Verständnis fehle für neuere Methoden und diese sind sehr schwierig zu implementieren (Interview M. Skoric). Bei der Kalkulation der Kosten ist zum einen zwischen den Wearables und zum anderen dem Preis als „Gesamtpaket“ für den gesamten Ablauf gemäß Forschungsdesign zu differenzieren.

Die Anschaffung der Geräte ist nach wie vor teuer und beläuft sich bei einem mittlerweile bewährten Wristband für die Messung der HLF und HT auf 1.500 €, wobei wie oben erwähnt hier bestimmt eine Kostensenkung aufgrund der Marktdynamik zu erwarten ist. Der hohe Preis ergibt daraus, dass es keine breit verfügbaren Wearables sind, sondern medizinisch zertifizierte Geräte, die auch im Sinne der Forschung in der Form benötigt werden (vgl. Interview B. Resch). Dieser Aspekt steht auch in der Wechselwirkung mit der Anwendbarkeit und Nutzungsfreundlichkeit, die gemäß des Zielpublikums, nämlich Expert*innen, auch dieses Expert*innenwissen zum Umgang, Datenexport, Analyse etc. abverlangt. Der Anspruch besteht darin, diese Prozesse einfacher zu gestalten – sei es in der Anwendung oder auch im Analyseprozess (vgl. Interviews E. Oberzaucher, F. Otte). Dazu kommen die Leistungen zur Rekrutierung, Erhebung und Visualisierung der Daten, was sowohl von der Effizienz des

Workflows (je automatisierter, desto günstiger) als auch von den Personalkosten abhängt.

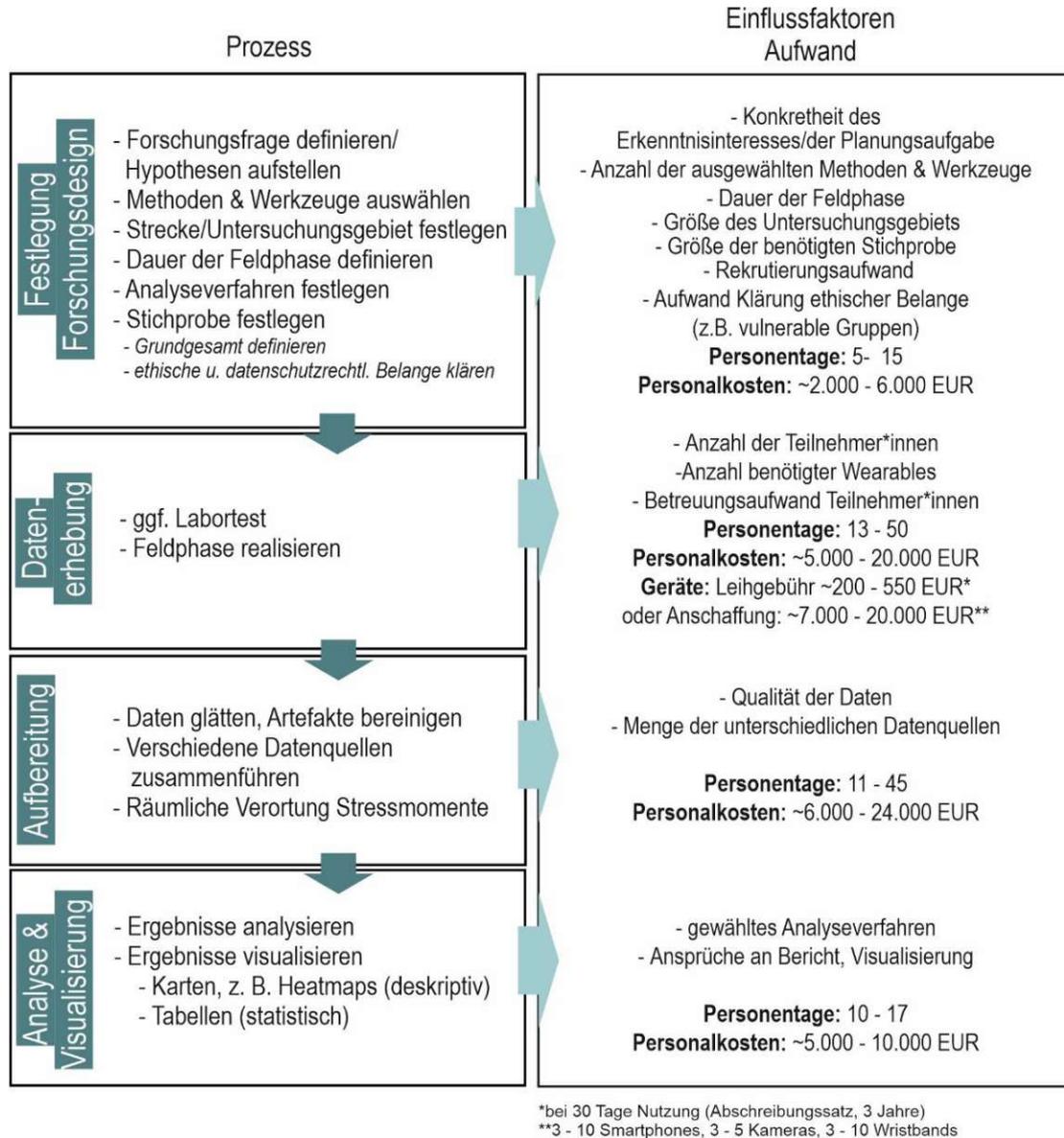


Abbildung 63: Forschungsprozess und geschätzter Aufwand entsprechend der Einflussfaktoren (eigene Darstellung)

Aus der Praxissicht sind eher kleine Pilotversuche, die eventuell auch durch Forschungsförderung finanziert sind, als realistisch zu betrachten (vgl. Interview M. Skoric), was auch für die konservative Schätzung der folgenden Kostenaufstellung angenommen wird, die sich auf die Personal- und Sachkosten bezieht. Die Spannweite ist naturgemäß groß und hängt von verschiedenen Einflussfaktoren ab, die auf die Kostenberechnung wirken. Diese ist unter anderem abhängig von der Forschungsfrage, der Größe des untersuchten Gebietes, der Anzahl der Teilnehmer*innen sowie dem Umfang der Klärung ethischer Belange, die bei vulnerablen Gruppen nochmals komplexer sind (s. Abbildung 63). Daher sind diese Kosten eine Annäherung, da vor allem Datenerhebung und Analyse aufgrund der anvisierten Teilnehmer*innenzahl und der Qualität der Daten bzw. den Aufwand, der aufzubringen ist, um die verschiedenen Datenquellen in Einklang zu bringen, stark variieren können. Nicht berücksichtigt ist auch die Vereinfachung der technischen Geräte hinsichtlich der Nutzungsfreundlichkeit (weniger Zeit für die Einführung) sowie potenzielle Automatisierungen der Datenauswertung. Die Anschaffungsgebühren für die Geräte würden einen großen Anteil der Kosten ausmachen, wenn diese angeschafft werden müssen (6.000 – 20.000 EUR), wobei dies wiederum stark von der Anzahl der benötigten Geräte abhängt. Auch die

Personalkosten haben eine große Spannweite. Eine detaillierte Aufstellung einer konservativen und großzügigen Schätzung sind in Anhang XI zu finden.

Auch im Falle von Sachverständigendiensten, die Behörden u. a. bei verkehrsplanerischen Angelegenheiten unterstützen, ist der Handlungsspielraum eingeschränkt. In Gemeinden müssen Sachverständige bestimmte Richtlinien und technische Vorschriften einhalten und werden auch nicht darüber hinaus tätig. Nach diesem Vorgehen ist das Budget bemessen. Ein Mehrpreis für eine verfeinerte Methode wird daher aus Sicht von Kurt Fallast schwierig: „Wir wenden gerne unterschiedliche Methoden an, aber man muss die Vorgangsweise ein bisschen verbrämen in andere Dinge, die mehr wert erscheinen. Ja, es ist ein bisschen Verstecken von guten Dingen, die aber aus meiner Sicht zu wenig geschätzt werden bei den Auftraggebern oder bei der vergebenden Stelle“ (Interview K. Fallast, Pos. 36). Es könne natürlich immer sein, dass es in einer Ausschreibung gefordert wird und dadurch einen Stellenwert sowie das entsprechende Budget bekommt (ebd.). Auch Forschungsprojekte, wie in der Praxis nunmehr üblich, stellen eine Möglichkeit dar, die Methoden der Humansensorik auszuprobieren. Dabei ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass die Methode den Verantwortlichen bekannt sein muss und auch Interesse besteht, sie auszuprobieren.

Die **Testökonomie** spielt daher eine entscheidende Rolle, d. h. es stellt sich die Frage, ob der Aufwand den Nutzen rechtfertigt und, wie schon von Expertin Anja Huemer angedeutet, nicht z. B. eine Befragung der Radfahrer*innen zu gleichwertigen Ergebnissen führt. Es stellt sich auch die Frage, ob den überwiegend aus der Praxis stammenden Expert*innen auch immer bewusst ist, welcher zeitlicher und finanzieller Aufwand mit der Methode verbunden ist.

5.6.3 Verantwortung und forschungsethische Ansprüche

Bei der Zusammenarbeit mit Teilnehmer*innen – insbesondere, wenn es sich um Testfahrten auf gefährlicher Infrastruktur handelt – besteht eine besondere Verantwortung. Zum einen liegt es im Aufgabenbereich der Forschenden, die ethischen und datenschutzrechtlichen Anforderungen und Richtlinien einzuhalten. Auf der anderen Seite sind auch Gemeinden für die Sicherheit ihrer Bewohner*innen zuständig. Gleichzeitig sind aber die Involvierung und Partizipation eine wesentliche Aufgabe, ohne dabei die Bewohnenden als „Versuchskaninchen“ und reine Datengeber*innen zu instrumentalisieren.

Datenschutz und ethische Belange werden nach Aussagen der Expert*innen im Bereich der Forschung sehr ernst genommen, wobei die zwei Aspekte öfter miteinander vermischt werden. Datenschutz spielt sich vor allem in den Rahmenvorgaben der Universitäten ab, deren Prozesse teilweise lange dauern können (vgl. Interview A. N. Rodrigues da Silva). Es existieren Vorgaben zur Datenspeicherung, Anonymisierung und lokaler Speicherung. Für die ethischen Belange (siehe auch Kapitel 4.4.5 in Fallbeispiel 2) wird vor allem mit Ethikboards Rücksprache gehalten (vgl. Interviews E. Oberzaucher, B. Resch). Darüber hinaus bedient sich die Universität Salzburg der Grundsätze des ELSI (ethical, legal and social implications) und der Geo-Privacy, wie in Kounadi & Resch (2018) dargelegt. Die wichtigsten Ansprüche in Bezug auf die Humansensorik beziehen sich vor allem auf die Position im Raum, was Rückschlüsse über die Person bzw. deren Identität zulässt. Darüber hinaus muss u. a. ein Privacy Manager, die Schulung der Forscher*innen und die Einwilligungserklärung (informed consent) vorgesehen sein. Auch werden keine Rohdaten herausgegeben, sondern lediglich abgeleitete Informationen bzw. Visualisierungen (vgl. Interview B. Resch).

Die Daten an sich (überwiegend HLF) werden ethisch als weniger kritisch betrachtet, da sie keinen Rückschluss auf den Gesundheitszustand zulassen (vgl. Interview S. Kühn). Allerdings ist zu bedenken, dass das Anlegen der

Wearables eine künstliche Situation erzeugt. Die Teilnehmer*innen wissen ja, dass sie gemessen werden und sind sich gegebenenfalls dessen bewusst oder unterbewusst davon beeinflusst. Es wird auch die Frage aufgeworfen, inwiefern die Teilnehmer*innen ihr Verhalten anpassen. Es kann etwa beim Radfahren passieren, dass tendenziell „regelkonformer“ gefahren wird, was dann nicht das reale Fahrverhalten abbilden würde. Bei Radfahrer*innen ist jedoch eher kritischer zu betrachten, dass sie von Geräten abgelenkt werden können und in gefährliche Situationen geraten. Außerdem ist die Zeit zwischen Datenerhebung und Ergebnissen noch zu groß, um sie wirklich direkt an die Teilnehmer*innen zurückspielen und gemeinsam diskutieren zu können (vgl. Interview P. Zeile)⁵. Dies wäre wiederum kontraproduktiv für ein adäquates Vorgehen in einem partizipativen (Erhebungs-)Prozess.

5.6.4 Bewusstsein für Humansensorik – Diffusion in die Gemeinden

Die Diffusion der Humansensorik in die Planungspraxis ist von verschiedenen Faktoren abhängig und folgt wie auch Innovationen oder neue technische Entwicklungen einem bestimmten Diffusionsmodell, welches in den folgenden zwei Unterkapiteln dargelegt wird. Dabei erfolgt die Verknüpfung mit dem zeitlichen Ablauf der Forschungstätigkeiten zur Humansensorik in Deutschland.

5.6.4.1 Diffusionsmodell und Verortung der Humansensorik

Die Diffusion von neuen Methoden oder innovativen Planungstools folgt bestimmten Schritten, die sich in Anlehnung an Rogers Diffusionsmodell beschreiben lassen. Dieses Modell soll in Folge mit ein paar Anpassungen und angelehnt an die Forschungsergebnisse der Projektes Holodeck/TechnoVepo erläutert werden (Berger et al., 2011). Der Fokus liegt hierbei auf der Humansensorik.

⁵ Nachtrag P. Zeile: Aufgrund einer entwickelten Software sind mittlerweile eine erste Auswertung und visuelle Darstellung der Stressmomente von Teilnehmenden, verortet in einer Karte, in unter einer Minute möglich.

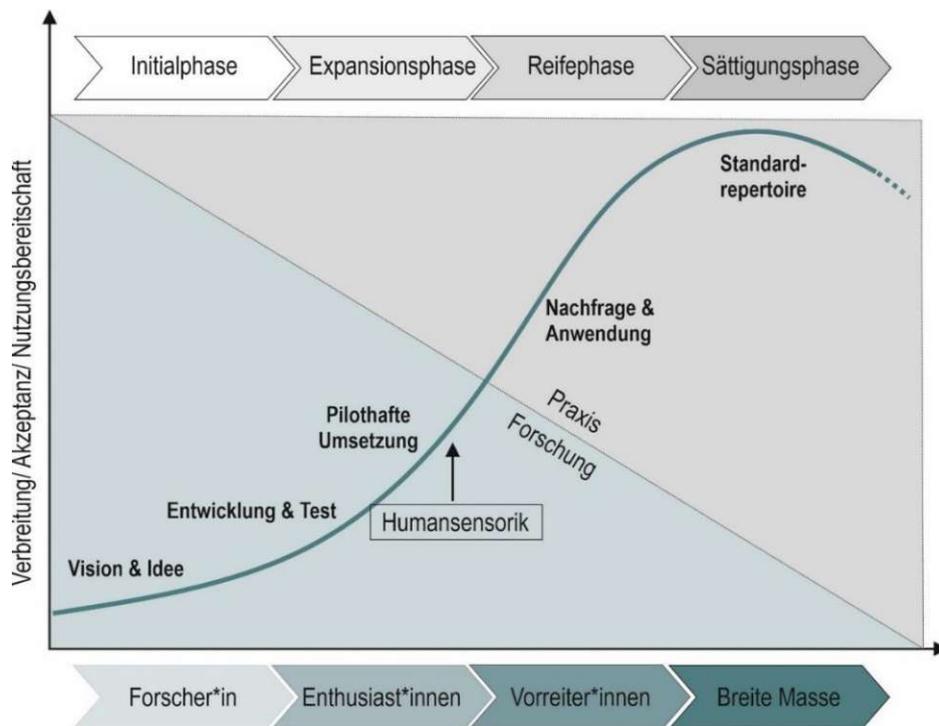


Abbildung 64: Diffusionsmodell adaptiert nach Berger et al. (2011) (eigene Darstellung)

In der Initialphase entsteht seitens der Forscher*innen eine Idee für eine neue Methode – initiiert durch eine neue technische Entwicklung oder, wie im Falle der Humansensorik im deutschsprachigen Raum, durch einen interdisziplinären Austausch zwischen Raumplanung und Sozialwissenschaften bzw. Psychologie.

Im Jahr 2009 entstand basierend auf einem persönlichen Kontakt von Dr. Peter Zeile (TU Kaiserslautern) aufbauend an dem Interesse der georeferenzierten Gefühle in der Stadt eine Kooperation mit Dr. Georgios Papastefanou. Er hatte damals prototypisch das Smartband mit Sensoren für die Messung von Hautleitfähigkeit und Hauttemperatur entwickelt und dem Lehrstuhl für Computergestützte Planungs- und Entwurfsmethoden in Kaiserslautern zum Testen übergeben. Erste Tests zur Validierung der Geräte wurden mit Studierenden realisiert (vgl. Interview P. Zeile).

Nach der Expansionsphase des Entwickelns und Testens mit Enthusiast*innen, die sich im Studierendenumfeld finden lassen, folgen erste bzw. aufbauende pilothafte Umsetzungen. Als Startpunkt lässt sich wahrscheinlich das Projekt Urban Emotions gemeinsam mit Prof. Bernd Resch an der Universität Salzburg (damals Universität Heidelberg) nennen. Erste Aufgaben und Problemstellungen (z. B. „Wo ist der Mensch gestresst beim Radfahren?“) können gelöst werden. Begünstigend wirken viele technische und soziale Trends (vgl. Tabelle 19).

Im Jahr 2015 startete das Forschungsprojekt Urban Emotions, woraus eine Vielzahl an Pilot-Projekten und studentischen (Abschluss-)Arbeiten entstanden sind. Der Anwendungsfokus lag klar auf dem Fuß- und Radverkehr. Nach wie vor bestanden zu diesem Zeitpunkt noch große Herausforderungen hinsichtlich der technischen Geräte und des langen Prozesses der Datenauswertung. Das Projekt Walk & Feel (Fallbeispiel 1), das 2018 startete, war ebenfalls damit verknüpft, hatte aber bereits einen Anwendungsfokus.

In der Reifephase werden Methoden von ersten Vorreiter*innen aus der Praxis nachgefragt. In dieser Phase ist davon auszugehen, dass die Methode der Humansensorik schon den Anforderungen der Praxis – also Planungsbüros und Gemeinden – weitestgehend entspricht.

Im Jahr 2022 befand sich die Humansensorik noch nicht in der Reifephase. Zwar wurden in Projekten bereits planungsrelevante Aufgaben und Problemstellungen in Kooperation mit Gemeinden thematisiert und gelöst (Projekt ESSEM; siehe Kapitel 2.2.2.), von einer konkreten Nachfrage seitens Planungsbüros und Verwaltungen im großen Umfang konnte jedoch noch keine Rede sein.

Erreicht die Methode eine hohe Praxistauglichkeit und wird auch von verantwortlichen Stellen angefragt, kann von der Sättigungsphase gesprochen werden. Die Methode der Humansensorik wäre nun, im Sinne der planerischen Anwendung, in der breiten Masse angekommen und gehört zum Standardrepertoire der Planung.

Es wird sich in Zukunft zeigen müssen, auf welche Weise die Humansensorik als Planungsmethode Akzeptanz und Verwendung in der Praxis findet. Ausschlaggebend werden die Nutzungskompetenzen und die möglichen Anwendungsbereiche sein. Es bleibt auch die Frage offen, inwieweit die Humansensorik die breite Palette der Aufgaben in der Planung wirklich abdecken kann, denn es besteht die Gefahr, dass die Potenziale der Methode zu sehr in einer Nische verhaftet bleiben werden.

5.6.4.2 Diffusionshemmnisse und -chancen

Wie vorher bereits angedeutet, existieren verschiedene Diffusionsrichtungen, die im Falle der Humansensorik von der Forschung aus in Richtung der Gemeinden über die Planungsbüros wirken. Diese Beziehungen sind von verschiedenen Diffusionshemmnissen und -chancen geprägt.

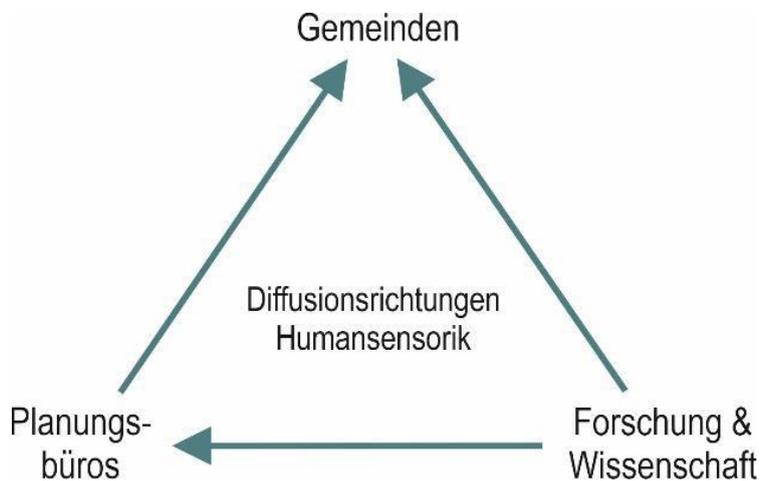


Abbildung 65: Diffusionsrichtungen der Humansensorik (eigene Darstellung)

Auch wenn die interviewten Expert*innen aus der Planungspraxis ein gewisses Vorwissen zur Humansensorik besaßen, ist daraus nicht zu schlussfolgern, dass dieses weit verbreitet ist. So zeichnete sich in den Gesprächen ab, dass in Gemeinden und Planungsbüros noch eine gewisse **Unkenntnis über die Existenz** der Methode und somit auch über ihre Einsatzmöglichkeiten und Potenziale vorhanden ist. Dies trifft gleichzeitig auf eine gewisse Skepsis, zumindest in Deutschland, wenn es um die Aufzeichnung von „Stress“ sowie um die

Bewegungsmuster geht (vgl. Interview F. Otte). Bei öffentlichen Einrichtungen ist wahrscheinlich auch ein mangelndes Vertrauen und wenig Verständnis für neue Technologien vorhanden. Dies erfordert wiederum einen erhöhten Kommunikationsbedarf (vgl. Interview. B. Resch).

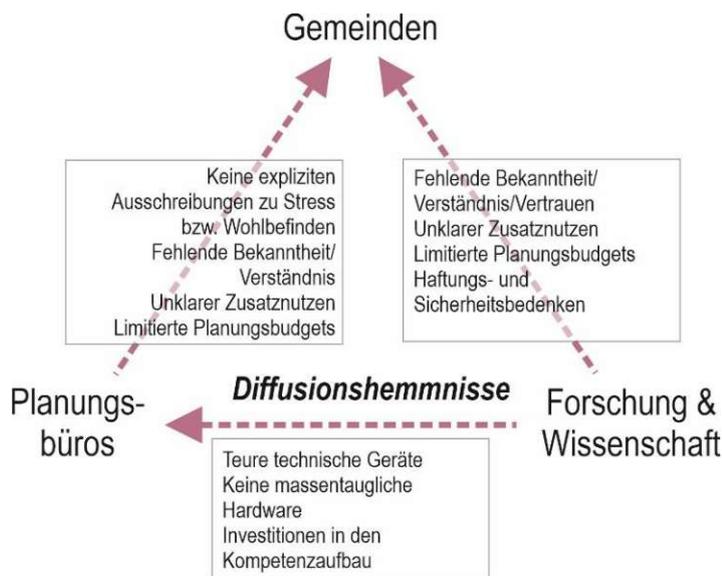


Abbildung 66: Diffusionshemmnisse der Humansensorik (eigene Darstellung)

In Planungsbüros kommen neue Methoden durch einen Auftrag oder durch die Eigenmotivation der Mitarbeiter*innen ins Gespräch – abgesehen davon passiert dies eher weniger, außer eine Ausschreibung erfordert ausdrücklich gewisse Themen wie Wohlbefinden oder Stress. Dieser Aspekt schließt wieder den Kreis zu der Beobachtung, dass subjektivierte Themen wiederum eine zu geringe Rolle spielen, somit wird die Methode auch nicht nachgefragt. Es ist denkbar, dass Gemeinden die Methode der Humansensorik mit vorhandenen Datensets (z. B. Umweltdaten) verknüpfen (vgl. Interview F. Otte). Dennoch bleibt völlig unklar, inwieweit die Themen in den Gemeinden angekommen sind (vgl. Interview P. Zeile).

In den Verwaltungen werden Methoden, die zu wissenschaftlich sind, von Verantwortlichen in Gemeinden nicht verstanden bzw. abgelehnt. Auch hinsichtlich des Planungsbudgets, fehlt das Verständnis, warum für eine derartige Methode bzw. Analyse mehr Geld ausgegeben werden soll. Die Herausforderung besteht darin, die Methode und Ergebnisse klar zu kommunizieren und diese „in eine Sprache zu bringen“, die auch von verschiedenen Bürger*innen oder von den Entscheidungsträger*innen verstanden wird (vgl. Interview K. Fallast, Pos. 58), wobei offen bleibt, welche Art von „Sprache“ gemeint ist. Dabei kann es sich um Begriffe oder die Visualisierung der Ergebnisse drehen, aber auch um die Einigung über Indikatoren, die den Stress abbilden und eine Vergleichbarkeit ermöglichen. Vor allem Letzteres ist noch eine offene Flanke (siehe auch Kapitel 7.2).

Für Planungsbüros könnte außerdem die Anschaffung der technischen Geräte auch zu kostspielig sein, da diese nach wie vor für einen kleinen Markt und nicht für die breite Masse produziert werden. Darüber hinaus müsste auch in die Kompetenzen der Datenaufbereitung und -analyse investiert werden.

Es stellt sich die Frage, wer tatsächlich von der Methode der Humansensorik wissen muss. So wäre es auch denkbar, dass zum einen die Forschung mithilfe von Forschungsprojekten die Methode in die Gemeinden bringt und/oder Planungsbüros diese Methoden in ihr Repertoire aufnehmen und somit bei Aufträgen durch Gemeinden die Methode ins Gespräch bringen.

Die **Kooperationen von Gemeinden mit Forschungseinrichtungen** im Rahmen von **Forschungsprojekten** sind ebenfalls relevant für die Bewusstseinsbildung für die Methode der Humansensorik. Diese Konstellation wird insbesondere in Deutschland und Österreich immer mehr gefördert. In dem deutschen Forschungsprojekt (ESSEM – Emotion Sensing für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort (2022)) sind beispielsweise auch zwei Gemeinden involviert. Das ist nach aktuellem Kenntnisstand das erste Projekt, bei dem die Methode der Humansensorik auch tatsächlich mit einer Gebietskörperschaft ausprobiert wird und über einen Pilotcharakter hinausgeht. Die Zusammenarbeit ergab sich aufgrund **von persönlichen bzw. beruflichen Netzwerken**. Somit

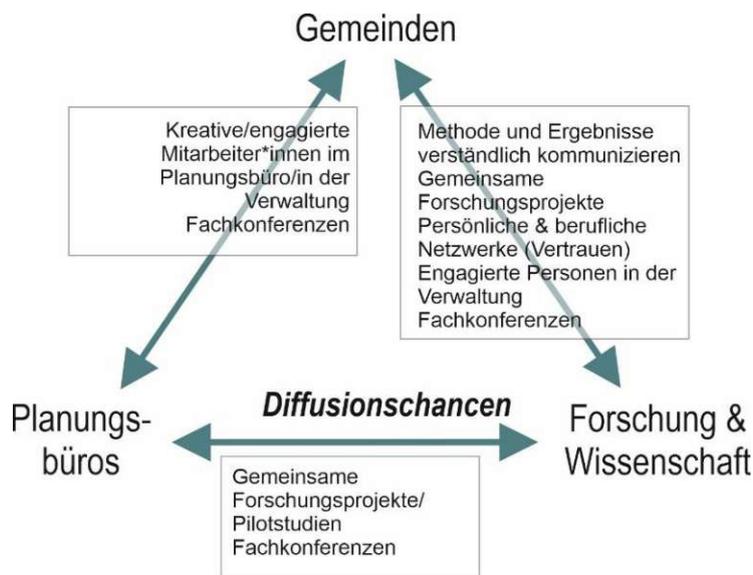


Abbildung 67: Diffusionschancen der Humansensorik (eigene Darstellung)

spielt bestimmt das Vertrauen eine gewisse Rolle, um sich als Gemeinde auf solche Projekte einzulassen. So wurde z. B. die Stadt Osnabrück über das Interesse und Engagement von Entscheidungsträger*innen Teil des Konsortiums (vgl. Interview P. Zeile). Eine weitere Möglichkeit, die Methode ins Spiel zu bringen, sind Referent*innen bzw. Fachreferate, die sich für bestimmte Gruppen einsetzen und diese Vorschläge ins Gremium mit einbringen (vgl. Interview D. Broschart). Die Initiative kann auch von Abteilungsleiter*innen, Stadträt*innen (wie im Falle des ESSEM-Projektes) oder Bürgermeister*innen

stammen (vgl. Interviews Otte, Fallast, Broschart). „Also es ist unterschiedlich, wie die Städte das machen. Kommt auch immer so ein bisschen auf das Selbstbewusstsein der Entscheidungsträger an“ (Interview F. Otte, Pos. 46).

Aber auch die **Kooperation zwischen Planungsbüros und Forschung** ist wesentlich, „überhaupt der entscheidende Faktor“ (Interview M. Skoric, Pos. 42). So stellen Pilotstudien/-versuche eine Möglichkeit dar, um etwas auszuprobieren. Für Planungsbüros erhöht sich durch ein breiteres Methodenrepertoire auch die Wettbewerbsfähigkeit. Im Allgemeineren werden neue Methoden auch durch engagierte und kreative Mitarbeiter*innen in Planungsbüros eingebracht (vgl. Interviews K. Fallast, M. Skoric) oder in Gemeinden durch engagierte Personen, „die von einer neuen Methode gehört haben und die so begeistert und interessiert sind, dass sie das gerne mal gemeinsam mit einem Planer ausprobieren würden“ (Interview M. Skoric, Pos. 42). D. Broschart sieht auch das Potenzial der Forschungsförderung, um in bestimmten thematischen Projekten die Methode der Humansensorik zu integrieren. „Aber es ist immer davon abhängig, ob von Referats-, Abteilungsleiter und Verwaltungsspitze und letzten Endes im politischen Gremium das Einverständnis da ist, diese Methoden einsetzen zu dürfen“ (Interview D. Broschart, Pos. 42). Des Weiteren besteht die Möglichkeit, sich bei **Fachkonferenzen** auszutauschen und im direkten Gespräch etwas zu initiieren (vgl. Interview M. Skoric).

5.6.5 Kommunikation und Kommunizierbarkeit

In einem Planungsprozess gibt es verschiedene kommunikative Aufgaben. Die Kommunikation ist schon lange ein wichtiges Element der Raumplanung und gewinnt vor allem vor dem Hintergrund der Beteiligung und Legitimation von politischen Entscheidungen zunehmend an Bedeutung (Stein, 2016). Innerhalb des Planungsprozesses gibt es verschiedene Empfänger*innen bzw. Richtungen der Kommunikation, die auch von den Expert*innen angesprochen wurden und in Abbildung 68 nochmals visualisiert werden. Dabei spielen die Expert*innen der Humansensorik, die überwiegend in der Wissenschaft und Forschung tätig sind, als „Kommunikationssender“ eine wesentliche Rolle.

Kommunikation mit Planer*innen, Fachleuten & Politik: Die Kommunizierbarkeit, Verständlichkeit und Anschaulichkeit der Methode und der Ergebnisse gegenüber Verantwortlichen in Gemeinden und Politik ist vor allem den Expert*innen aus der Planungspraxis wichtig: „Ich glaube, die Methode muss so ausgerichtet sein, dass sie dann anschauliche Ergebnisse liefert, weil es geht eben bei uns dann auch immer sehr stark darum, dass wir die Ergebnisse gut argumentieren können gegenüber unterschiedlichsten Zielgruppen“ (vgl. Interview M. Skoric, Pos. 34).

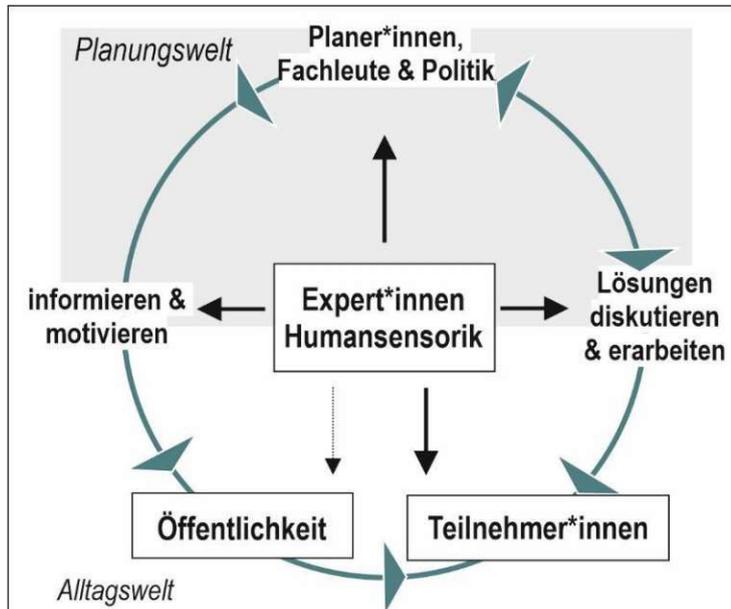


Abbildung 68: Kommunikation in der Raumplanung am Beispiel Humansensorik (eigene, modifizierte Darstellung nach Koschitz & Arras, 1990)

Öffentlichkeitsarbeit: Die Art und Weise, wie Inhalte kommuniziert werden und welche Inhalte an die Öffentlichkeit gelangen, spielt jedoch auch eine wesentliche Rolle. Die Öffentlichkeitsarbeit und mediale Begleitung der Feldtests bei dem Projekt ESSEM wird beispielsweise filmisch und über Social Media stattfinden. Eine gewisse Steuerung der Außenkommunikation ist notwendig, da bei identifizierten Stresshotspots schnell gehandelt werden muss bzw. ein schnelles Handeln erwartet wird (vgl. Interview F. Otte). Aber auch aus Sicht der Forschung wird dem Kommunikationsprozess und der Wissenschaftskommunikation gegenüber der Öffentlichkeit eine hohe Bedeutung beigemessen, um die Verlässlichkeit und den Wert der Methodik zu vermitteln (vgl. Interview B. Resch). Gleichzeitig wurde die Frage aufgeworfen, ob das Thema nicht zu gehypt wird und sehr viele Buzzwords vereint, die innovativ klingen (vgl. Interviews S. Kühn, A. Huemer).

Kommunikation für die Mobilisierung von Teilnehmer*innen: Ein weiterer Anspruch, der mit der Kommunikation zusammenhängt, besteht darin, den Benefit für Teilnehmer*innen herauszustellen bzw. zu verbessern, was wiederum einen wichtigen Aspekt im Sinne der Partizipation darstellt. „Die Leute wollen nicht nur mitmachen, sondern die wollen auch verstehen, was wir da machen und was wir produzieren und was wir damit machen. [...] Und das ist eigentlich eine ganz schöne Kombination zwischen auf der einen Seite unsere wissenschaftliche Arbeit, die wir sowieso machen müssen, und auch Wissenschaftskommunikation Richtung Öffentlichkeit“ (vgl. Interview B. Resch, Pos. 36). Dies ist wiederum mit der Verlässlichkeit der Datenerfassung über die Wearables gekoppelt, da es für Teilnehmer*innen frustrierend sein kann, wenn sie eine Strecke absolviert haben, die Aufzeichnung jedoch nicht funktioniert hat. In dem Zusammenhang steht auch der Aspekt zur Erschließung neuer Zielgruppen. Es wird erwartet, dass die Methode der Humansensorik Digital Natives und andere Personengruppen für Planungsthemen begeistern und erschließen könnte (vgl. Interviews P. Zeile, D. Broschart).

5.6.6 Anwender*innenfreundlichkeit der Wearables

Die Anwender*innenfreundlichkeit bezieht sich nicht nur auf die Teilnehmer*innen, sondern auch Planer*innen, Forscher*innen und u. a. auch Verantwortliche in Gemeinden.

Die befragten Expert*innen arbeiteten bereits teilweise mit Teilnehmer*innen im Zusammenhang mit der Humansensorik und haben dazu positive Erfahrungen gemacht. In der Vergangenheit wurden – wie auch in den Fallbeispielen dargelegt – Feldtests durchgeführt, was die Rekrutierung von Teilnehmer*innen erfordert und einer bestimmten Vorabplanung bedarf. Sollte es in Zukunft möglich sein, dass z. B. Radfahrer*innen ebenfalls entsprechende Wearables im Privatbesitz haben, wäre dies in diesem Umfang nicht mehr notwendig.

Wie bereits erwähnt, weisen Teilnehmer*innen bei derartigen Studien gewisse Eigenschaften auf. Zum einen sind sie generell an Forschung und den Geschehnissen in ihrem Wohnumfeld interessiert und zum anderen sind sie selbst aktiv mobil. Dies stellt einen Bias dar, der jedoch auch positiv auf die Forschung wirken kann, da von erfahrenen Radfahrer*innen ausgegangen werden kann (vgl. Interview B. Resch). Viele sind enthusiastisch und neugierig sowie offen gegenüber der Methode. Skepsis und Beschwerden werden geäußert, wenn die Technik nicht zuverlässig ist und keine Daten aufgezeichnet wurden, was dann auch zu Enttäuschung bei den Teilnehmer*innen führen kann. Aus Sicht der Expert*innen ist der Aufwand den Teilnehmer*innen zumutbar, da es sich um keine invasive Untersuchung handelt (vgl. Interviews B. Resch, E. Oberzaucher).

5.6.7 Ansprüche verschiedener (Expert*innen-)Gruppen

Aus der Perspektive der Forschung und Planungspraxis bestehen unterschiedliche Ansprüche an die Methode, wie bereits in den vorherigen Kapiteln dargelegt. Zusammenfassend sollen hier nochmals die verschiedenen Ansprüche kondensiert werden. Diese basieren auf eigenen Erfahrungen aus den Fallbeispielen, den Expert*innen-Interviews sowie Gesprächen:

Ansprüche	Forschung	Praxis	
		Planungsbüro	Gemeinden
Klares, stringentes Forschungsdesign	+++	+	-
Wissenschaftliche Gütekriterien: Valide, objektiv, verlässlich	+++	++	-
Wirtschaftlichkeit	+	+++	+++
Datenschutz & ethische Belange	++	+	++
Breites Methodenrepertoire	+++	+++	+
Verständlich & kommunizierbar	+	+++	+++
Anwender*innenfreundlich	+	+++	++

Table 20: Ansprüche aus verschiedenen Perspektiven (angelehnt an Holodeck-Bericht) – nicht wichtig, + wenig wichtig, ++ wichtig, +++ sehr wichtig

Die geringe Fallzahl macht die Vergleiche zwischen den Expert*innen-Gruppen etwas schwierig. Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass nicht allen Expert*innen identische Fragen gestellt wurden, sondern der Leitfaden nach Expertise angepasst wurde. Dennoch haben sich einige Aspekte herauskristallisiert, deren genaue Betrachtung und Vergleich durchaus interessant ist. Es ist der Perspektive und der Disziplin geschuldet, wie die Expert*innen auf gewisse Thematiken blicken. Es folgen ein paar markante Beispiele:

Die Sichtweise auf Stress und Emotionen: Während von den Planungsexpert*innen Stress hauptsächlich negativ konnotiert wird, stellt sich seitens der Expert*innen aus dem Bereich der Psychologie und Neurowissenschaften ein differenziertes Bild dar, in dem auch „positiver“ Stress existiert. Generell ist die Definition des Stressbegriffes schwierig (vgl. Kapitel 2.1.3), wobei der Begriff von sämtlichen Expert*innen verwendet wurde, da dieser im alltäglichen Gebrauch derart stark verankert ist (Cooper & Dewe, 2008). In **Bezug auf den Raum** kommt hinzu, dass wir zum einen nicht exakt wissen, welche verallgemeinernden Faktoren der gebauten Umwelt das Individuum beeinflussen, und zum anderen ist es fraglich, ob Stressvermeidung das optimale Ziel ist: „Ich glaube gar nicht, dass so diese Haltung oder die Idee von uns heutzutage, dass man immer Stress vermeiden soll, wirklich so gesund ist. Menschen müssen lernen, mit Stress umzugehen, müssen lernen, das als Teil ihres Lebens zu begreifen und eher einen gesunden Umgang damit zu finden“ (Interview S. Kühn, Pos. 48). Stress ist darüber hinaus schwer zu quantifizieren, weil auch die eigene Haltung und der persönliche Umgang damit eine Rolle spielen. Auch muss stets zwischen den kurzen Stressmomenten, die mit den Geräten gemessen werden, und langanhaltendem Stress unterschieden werden. Der Zeitpunkt, ab wann Eustress in Disstress (vgl. Kapitel 2.1.3.1) übergeht, ist ebenso fraglich und individuell unterschiedlich. Darüber hinaus ist ein gewisses Level an Stress für das Gehirn durchaus positiv zu sehen und es ist „nicht gut, wenn einfach nichts mehr los ist“ (Interview S. Kühn, Pos. 52). Ähnliches bestätigt A. Huemer in einem anderen Kontext, wenn sie feststellt, dass ein gewisses Level an Aktivierung bei Radfahrenden auch die Sicherheit erhöht.

Auch evolutionär-biologisch betrachtet ist es schwierig, von Emotionen auf ein Verhalten zu schließen – wenn man z. B. davon ausgeht, dass gestresste Radfahrer*innen plötzlich weniger Rad fahren würden. Emotionen treffen eine Vorauswahl möglicher Verhaltensweisen und beschleunigen Entscheidungen. „Das ist ein Fluch und ein Segen gleichermaßen, weil natürlich die Lebensumwelten, mit denen wir im modernen Umfeld konfrontiert sind, sehr weit weg von dem sind, unter welchen Bedingungen diese biologischen Mechanismen sozusagen entstanden sind. Und deswegen sind Emotionen mittlerweile durchaus auch wirklich schlechte Ratgeber“ (Interview E. Oberzaucher, Pos. 6). Es kann dadurch auch zu Fehlentscheidungen kommen.

Forschungsdesign und Notwendigkeit der Validierung: Einerseits werden konkrete Forschungsfragen gefordert. Die Validierung der gemessenen Daten mittels z. B. Fragebögen oder App-basierten Anwendungen ist den Expert*innen mit psychologischem Hintergrund ebenfalls ein Anliegen und eine Notwendigkeit, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, wohingegen der Eindruck entsteht, dass die Expert*innen aus dem Planungsbereich bereits ein unabhängiges System ohne Rückkopplung und zusätzliche Methoden anstreben. Auch auf Basis der „kritischen Masse“, also einer hohen Teilnehmer*innenzahl, könnte die Fehleranfälligkeit reduziert werden.

Kommunizierbarkeit: Während die Forschung ein hohes Interesse daran hat, valide, aussagekräftige Daten zu erhalten, legt die Praxis eher Wert auf die Verständlichkeit und Kommunizierbarkeit der Ergebnisse für verschiedene Gruppen. Quantifizierbare Daten können somit zur Entscheidungsfindung in planerischen Prozessen beitragen, was effizienter funktioniert, wenn diese verständlich und kommunizierbar verpackt bzw. visualisiert werden. Im folgenden Kapitel werden die Erkenntnisse aus den vorherigen Kapiteln zusammengefasst.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



KAPITEL 6

SYNTHESE & FAZIT



6 Synthese & Fazit

6.1 Synthese und Erkenntnisse der eigenen Forschung und Empirie

Forschungsfrage 1: Was sind die theoretischen Hintergründe von Emotionen und Stress aus Sicht der Psychologie, Stadt- und Verkehrsplanung und Mobilitätsforschung?

Forschungsfrage 1.1: Wie gestaltet sich die Genese der Humansensorik?

Ziele: Relevante Theorien zu Emotionen und Stress aus relevanten Disziplinen erörtern:

- Emotionstheorien der Psychologie beschreiben, Messmethoden physiologischer Parameter sowie aktuellen Diskurs aufzeigen.
- Theorien zu Emotionen in der Mobilitätsforschung und im speziellen Stress sowie Wohlbefinden in der aktiven Mobilität identifizieren, Hürden aufzeigen.
- Theorien und Strömungen der emotionsbezogenen Stadt- und Verkehrsplanung sowie die Genese der Humansensorik einordnen und beschreiben.

Hypothese: Emotionen und Stress sowie insbesondere Humansensorik sind in der Stadt- und Verkehrsplanung nach wie vor ein Randthema.

Antwort:

Humansensorik entstand aus dem Bestreben, die Beziehung zwischen der gebauten Umwelt und dem Menschen besser zu verstehen. Maßgeblich für die Genese waren u. a. die Wahrnehmungsgeographie und Mental Map-Forschung. Aufgrund der Verbesserung tragbarer Sensoren, sogenannten Wearables, dem zunehmenden Interesse an öffentlichen Räumen und der Bedürfnisse und „Sinneswahrnehmungen“ der Bewohnenden wurde die Frage nach einer Möglichkeit, Emotionen zu messen und räumlich zu verorten, immer präsenter. Die Forschenden aus der Raumplanung bedienten sich einer Methode der Psychologie, nämlich der Messung von physiologischen Parametern in einer kontrollierten Laborumgebung, um daraus Emotionen abzuleiten, und brachten diese in die „reale“ Welt. In der frühen Emotionspsychologie wurde erkannt, dass Emotionen auch mit körperlichen Reaktionen und damit weiter auch spezifischen Emotionen mit typischen Erregungsmustern einhergehen. Allerdings gestaltet sich die Zuordnung einer bestimmten Emotion zu einer physiologischen Veränderung äußerst schwierig. Maßgeblicher Parameter war dabei die Hautleitfähigkeit, welche bei Anstieg ein Indikator für Stress sein kann, was jedoch in der Disziplin der Psychologie nicht abschließend geklärt wurde. Bei HLF-Messung sind negative Emotionen einfacher zu identifizieren als positive. Auch die begriffliche Abgrenzung – ob es sich dabei tatsächlich um Angst oder Stress handelt – bleibt fraglich und eine Validierung dieser Daten ist über weitere Methoden, z. B. der Befragung, notwendig.

Aus Sicht der Verkehrsplanung wurden mit dem Aufkommen neuer nachhaltiger Fortbewegungsmittel und der Bedeutung des Zufußgehens neue Fragestellungen eröffnet, welche Mobilitätsformen „zufriedener machen“, für Wohlbefinden (well-being) sorgen oder Ärger bzw. Aggressionen auslösen. Methoden in Bezug auf Mobilitätsverhalten sind meist Befragungen nach der Mobilität, deskriptive Statistik und Regressionsanalysen. Es fehlt, wie in Studien der Verkehrspsychologie angemerkt, an Methoden, die während der Mobilität Emotionen erfassen können, damit u. a. Erinnerungsverfälschungen reduziert werden können. Humansensorik kann daran

anknüpfen und objektive Daten zum Stress während der Mobilität liefern. **Emotionen, Stress sowie Humansensorik** sind in der Stadt- und Verkehrsplanung nach wie vor ein Randthema, gewinnen aber zunehmend an Bedeutung in der Planung und Gestaltung von Räumen.

Forschungsfrage 2: Was ist der aktuelle Stand der Humansensorik mit Fokus auf aktiver Mobilität und physiologischen Parametern in der Forschung?

Forschungsfrage 2.1: Welche (planungsrelevanten) Stressoren der aktiven Mobilität konnten abgeleitet werden?

Forschungsfrage 2.2: Welche Grenzen und Lücken lassen sich identifizieren?

Ziele: Bisherige Forschung an der Schnittstelle Emotion/Stress und aktive Mobilität anhand von

- systematischer Literaturanalyse zu Radfahren, Fußgänger*innen in Zusammenhang mit Emotion, Stress, Hautleitfähigkeit, Forschungsinteresse und Ergebnisse erarbeiten,
- Forschungsdesigns und identifizierte Stressoren aus der systematischen Literaturanalyse, Ansätze von Verräumlichung und Verortung von Auslösern von Emotionen und Stress („Stressoren“) als planungsrelevante Ergebnisse analysieren,
- Grenzen und Lücken der Anwendbarkeit und Forschung als Anknüpfungspunkte der eigenen Forschung (Fallbeispiele und Reflexion mit Expert*innen) identifizieren.

Hypothese: Die bisherigen internationalen Studien weisen Limitationen auf (z. B. geringe Stichprobengröße, fragliche Repräsentativität etc.). Die Nutzer*innenperspektive und deren Bedürfnisse sowie ethische Anforderungen werden lediglich rudimentär betrachtet.

Antwort:

Die systematische Literaturanalyse macht deutlich, dass Humansensorik nach wie vor eine „Nischenforschung“ ist. Es konnten 18 Studien identifiziert werden, die den definierten Anforderungen entsprachen. In der Analyse konnte festgestellt werden, dass die Forschungsdesigns unterschiedlich waren (z. B. vordefinierte Strecken vs. Alltagswege, tragbare Sensoren, Auswertungsverfahren). Es wurden übergreifend nur wenige Stressoren identifiziert, die zum größten Teil physische Merkmale wie Überholvorgänge, hohes Verkehrsaufkommen, Kreuzungen (beim Radfahren), zu schlecht ausgebaute Gehwege, Queren der Straße und „crowdiness“ (beim Zufußgehen) beinhalten. Es blieb offen, wie verkehrsplanungsrelevant die identifizierten Stressoren tatsächlich sind, da letztendlich nur wenige Stressoren identifiziert wurden und der Transfer in die Planung allgemein nur konzeptionell erwähnt oder angedacht wurde. Darüber hinaus ist in keiner der Studien auf die Teilnehmer*innen und ihre Belange und Anforderungen eingegangen worden. Die Forschenden thematisierten offen die Grenzen der Methode. So sind unter anderem die Genauigkeit der Messgeräte und die Festlegung des „richtigen“ Forschungsdesigns eine wesentliche Herausforderung. Auch der Transfer dieser ursprünglichen Labormethode in die reale Umgebung wurde thematisiert und als herausfordernd erkannt. Diese und weitere Lücken bieten Anknüpfungspunkte für die eigene Forschung (siehe Fallbeispiele) und sind auch für die Forschungscommunity von großer Relevanz.

Es lässt sich festhalten, dass die bisherigen internationalen Studien aktuell nicht über gewisse Limitationen (siehe Kapitel 3.6) hinauskommen, wobei nicht alle Limitationen auf jede Studie zutreffen. Zu nennen sind a) keine Zufallsauswahl der Teilnehmer*innen, b) geringe Stichprobengröße, c) keine medizinisch zertifizierten Wearables, d) keine ergänzenden Nutzer*innen-Befragungen und e) keine ethische Abklärung, wobei dies nicht bedeutet, dass sie bei den Forscher*innen keine Rolle gespielt hat. Trotz der Limitationen ist bereits eine deutliche Genese der

ersten Vorhaben von vor ca. zehn Jahren bis heute hinsichtlich der Wearables, Datenerhebung und Auswertung zu bemerken. Es fehlt aber nach wie vor an analytischer Tiefe, da sich viele Studien auf pilothafte Versuche und Methodentests fokussieren – allerdings mit der Tendenz zu komplexeren analytischen Verfahren. Dies lässt auch Rückschlüsse auf eine künftige Entwicklung zu.

Forschungsfrage 3: Wie wird die Humansensorik zur Untersuchung der aktiven Mobilität konkret angewandt?

Forschungsfrage 3.1: Welche vertiefenden Einblicke bieten die Fallbeispiele?

Forschungsfrage 3.2: Welche Anforderungen ergeben sie aus Sicht der Nutzer*innen (z. B. Anwendbarkeit, ethische und datenschutzrechtliche Belange)?

Ziele:

- Vorgehen, Forschungsdesign und Ergebnisse anhand von zwei Fallbeispielen aufzeigen.
- Vertiefende Fallstudien beschreiben, analysieren und vergleichen (projektbezogene Fallstudien).
- Nutzer*innenperspektive und ethische Belange als vertiefenden Fokus darlegen und analysieren.

Hypothese: Die Ergebnisse der Fallstudienanalyse zeigen ähnliche Herausforderungen wie die der systematischen Literaturanalyse auf, es lassen sich jedoch auch Weiterentwicklungen und neue Erkenntnisse hinsichtlich der Nutzer*innen identifizieren und entsprechende Anforderungen ableiten.

Antwort:

In den Fallstudien konnten manche identifizierte Forschungslücken aufgegriffen, jedoch nur zu einem gewissen Teil verbessert werden. Fallstudie 1 übertraf hinsichtlich der Teilnehmer*innen-Zahl und auch der Ausstattung an medizinisch zertifizierten Geräten bereits den Stand der systematischen Literaturanalyse. Auch wurden drei verschiedene Untersuchungsräume gewählt, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen, was allerdings nur qualitativ bewertbar war. Hinsichtlich des Feldtests lässt sich festhalten, dass der Aufwand mit der Routine der Forschenden sinkt. Hinsichtlich der Präsentation der Ergebnisse ist ein Visualisierungscient entwickelt worden, der über verschiedene Datenlayer die Darstellung der Ergebnisse für das Forschungsteam und auch für praktische Planer*innen übersichtlich gestaltet hat. Seitens der Stakeholder*innen wurde darin definitiv ein Mehrwert gesehen, der vor allem im Einsatz für eine evidenzbasierte Planung und für die Ableitung von Richtlinien für die Fußwege-Planung gesehen wurde. Beim Vergleich der verschiedenen Datenquellen fällt vor allem auf, dass diese manchmal konsistent sind, jedoch nicht immer übereinstimmen, z. B. hinsichtlich des gemessenen und des berichteten Stresses. Auch war nicht immer klar, was den Stress ausgelöst hatte, da von den umgebenden baulichen Faktoren nichts oder nicht viel als Ursache identifizierbar war. Zur Teilnahme an den Feldtests hatten sich überwiegend gehaffne, gut gebildete Teilnehmer*innen bereiterklärt, was aufgrund der Selbstselektion die Repräsentativität etwas verfälscht. Von den Teilnehmer*innen wurden die Wearables am Handgelenk als weniger störend betrachtet, als der Brustgurt. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass diese eher akzeptiert werden. Auch waren eine gewisse Neugier und Offenheit seitens der Teilnehmer*innen zu beobachten, aber auch Skepsis hinsichtlich der Methoden. Die Teilnehmer*innen zu verstehen und langfristig auch einzubeziehen, ist wichtig. Künftige Studien sind auf die Nutzungsfreundlichkeit und Akzeptanz angewiesen, um ausreichend Teilnehmer*innen rekrutieren zu können.

Fallstudie 2 zielte darauf ab, die Anwendbarkeit der tragbaren Geräte für Kinder zu testen und gegebenenfalls verkehrssicherheitsrelevante Mängel am Schulweg aufzuzeigen. Die Wearables sind mit ein paar Einschränkungen hinsichtlich der Nutzungsfreundlichkeit (z. B. Kinder müssen morgens damit ausgestattet werden) grundsätzlich für Kinder geeignet und die Datenerfassung ist möglich. Labor- und Feldtest waren mit Kindern realisierbar und wurden seitens der Teilnehmer*innen als nicht zu aufwändig empfunden. Auch die Wearables konnten von Eltern und Kindern selbstständig bedient werden. Das hat – mit einigen wenigen Hürden – sehr gut funktioniert und ist auch für nachfolgende Studien durchaus relevant. Dadurch können Langzeitmessungen effizienter realisiert werden, indem beispielsweise Forschende nicht andauernd anwesend sein müssten.

Es konnten zwar Stressmomente am Schulweg identifiziert werden, der Auslöser bzw. der Bezug zur gebauten Umgebung bzw. Verkehrssicherheit bleibt allerdings offen. Wesentlicher Kern des Fallbeispiels war es – auch aufgrund der sehr vulnerablen Gruppe – die ethischen Belange ausführlich zu diskutieren und zu berücksichtigen. Mit der Ethikstelle der TU Wien und einem Ethik-Komitee wurden unter anderem der Labortest und die Auswahl der adäquaten Stimuli, das Alter der Teilnehmer*innen und die Eignung der Geräte diskutiert und Verbesserungsmöglichkeiten integriert. Es war für das Forscher*innenteam ein ständiger Abwägungsprozess zwischen dem Wohl der Kinder und den Forschungsinteressen, wobei Ersteres im Vordergrund stand.

Auch wenn die Fallbeispiele Lücken aus der systematischen Literaturanalyse aufgreifen konnten, ist der Transfer in die (Verkehrs-)Planung nicht erfolgt. Der Visualisierungscient als Online-Plattform für alle erhobenen Datenquellen bietet bereits eine gute Grundlage für eine Anwendung in der Praxis, konnte aber u. a. aufgrund mangelnder Zahlungsbereitschaft nicht weiter ausgebaut werden. Allerdings war es möglich, anhand der Fallbeispiele ein detailliertes Bild der Anforderungen der Teilnehmer*innen durch ergänzende Methoden wie Befragungen und Interviews zu geben. Die ethischen Belange der Kinder wurden ausführlich dokumentiert und in der Planung der Forschungsdesigns berücksichtigt. Dies sind auch wichtige Anhaltspunkte für die künftige Forschung zur Humansensorik mit vulnerablen Gruppen.

Forschungsfrage 4: Welche Potenziale und Grenzen hat die Methode der Humansensorik für die Planung und Gestaltung von Räumen?

Forschungsfrage 4.1: Welchen Mehrwert und Chancen haben die Methoden der Humansensorik aus Sicht der Planung?

Forschungsfrage 4.2: Welche Anforderungen und Anwendungsfälle ergeben sich aus und für die Planungspraxis?

Ziele: Potenziale der Humansensorik für die Planungspraxis entlang von gesellschaftlichen, technologischen und planungsbezogenen Trends aufzeigen sowie:

- Mehrwert, Grenzen und Chancen der Humansensorik für die Planung eruieren,
- Anforderungen, Themenfelder und Anwendungsbereiche aufzeigen und reflektieren, und
- Perspektiven und künftige Potenziale, Trends sowie Forschungsbedarf diskutieren.

Hypothese: Humansensorik hat einen Mehrwert (Stichwort: evidenzbasierte Daten) für die Planung und die Gestaltung von Räumen aus verkehrsplanerischer Perspektive.

Antwort:

In einer abschließenden Reflexion wurden mit Expert*innen aus Forschung und Planungspraxis die Potenziale der Thematik „Emotionen und Stress“ sowie die Methoden der Humansensorik für die Planung diskutiert und reflektiert.

Aus der systematischen Literaturanalyse und den Fallbeispielen wurde deutlich, dass die Diffusion in die Planung (noch) nicht wirklich stattfindet und ein Großteil der Studien in einer eher experimentellen Phase feststecken. Gesellschaftliche, technologische und planungsbezogene Trends können allerdings einen maßgeblichen Einfluss auf die Humansensorik haben. So sind beispielsweise neue Ansätze der Datenerhebung, Weiterentwicklung von Sensorik und verbesserte Methodenkompetenzen ausschlaggebend für die Weiterentwicklung und Planungsintegration der Humansensorik.

Die Interviews konnten jedoch Aufschluss darüber geben, dass in der Humansensorik **Mehrwert** und Chancen gesehen werden, was jedoch nicht im gleichen Ausmaß von allen Expert*innen so formuliert wurde. Unter anderem wurden die „Sichtbarmachung“, die Objektivität von Daten und die mögliche Vergleichbarkeit von Daten genannt. Humansensorik ermöglicht es, das Unsichtbare sichtbar zu machen. Dies bedeutet, dass Stress und Emotionen, die den Forschenden und Planenden meist verborgen bleiben, anhand von Daten visualisiert werden können. Diese Daten sind neutraler und objektiver im Vergleich zu klassischen Befragungen und bilden die Grundlage für die Überzeugungsarbeit in Richtung der zuständigen Behörden und der beteiligten Personen. Auch die Involvierung vulnerabler Gruppen in die Datenerhebung und in den Planungsprozess wird durch Humansensorik ermöglicht. Als Chance und Ausblick für die Zukunft, könnte die Humansensorik vom Trend zur aktiven Mobilität ebenso profitieren wie von mehr massentauglichen Wearables und dem Bedarf an einer höheren Datendichte für planerische Entscheidungen.

Es müssen jedoch auch **Kritik, Hemmnisse und Schwächen** der Humansensorik thematisiert werden. Aus Sicht der Forschung lauten die maßgeblichen Fragen, ob von den Daten wirklich Rückschlüsse auf Stress möglich sind und wie sich der Zusammenhang zur gebauten Umwelt gestaltet. Dazu kommen noch die fragliche Stabilität der Aufzeichnung, potenzielle Messfehler und die ungewisse Wirtschaftlichkeit hinzu. Für die Planungspraxis bestehen Diffusionshemmnisse, aber auch -chancen. Hemmnisse hierbei sind u. a. fehlende Bekanntheit, mangelndes Verständnis und Vertrauen sowie limitierte Planungsbudgets. Diffusionschancen sind u. a. gemeinsame Forschungs- und Pilotprojekte, kreative Mitarbeiter*innen und verständliche Kommunikation. Persönliche und berufliche Netzwerke spielen bei der Einbindung der Gemeinden in Projekte zur Humansensorik ebenfalls eine wesentliche Rolle, wobei hier ein gewisses Vertrauen zum Tragen kommt.

Als Anwendungsbereiche können u. a. ausgehend von einer umfassenden Datenerhebung Lücken im Netz oder unzureichende Fußweg- und Radinfrastruktur ermittelt werden. Auch für die Gestaltung und Planung von Anlagen des Fuß- und Radverkehrs kann Humansensorik relevant sein. Die Intensitäten von Stressmomenten auf verschiedenen Anlagen mit unterschiedlichen Gestaltungsarten können Mängel erkennbar machen. Auch hinsichtlich der Priorisierung von Maßnahmen im Fuß- und Radverkehr kann Humansensorik einen Beitrag leisten. Deren Anwendung in einem Planungsprozess hat gezeigt, dass diese in verschiedenen Planungsschritten möglich ist. So bieten sich unter anderem die Erhebung von Mängeln, die Identifikation kritischer Stellen und die Vorher-Nachher-Untersuchung von infrastrukturellen Planungen an. Die Ergebnisse einer Untersuchung mittels Humansensorik können auch in die Abwägung von Lösungsvarianten und planerischen Maßnahmen fließen.

6.2 Abschließende Betrachtung

Die Humansensorik zeigt Wege auf, den vernachlässigten Aspekt des Stresses und der Emotionen in der Planung zu erfassen und zu berücksichtigen. Fußgänger*innen und Radfahrer*innen, die unmittelbar der gebauten Umwelt ausgesetzt sind, werden somit verstärkt in das Bewusstsein des (verkehrs-)planerischen Diskurses gebracht. Der Mehrwert liegt darin, Gegebenheiten über physiologische Parameter und somit abgeleitet „Stress“ sichtbar zu machen und fungiert als „neuer“ Daten-Layer zur Erhebung und Analyse von verkehrlichen Mängeln. Außerdem sind die Daten der Humansensorik objektiver und unterliegen weniger subjektiven Verfälschungen, wie dies etwa bei Fragebögen der Fall sein kann. Ein wesentlicher Aspekt, der auch in Zukunft im Sinne der Inklusion an Bedeutung gewinnen wird, liegt darin, dass die Methoden der Humansensorik für viele Nutzer*innengruppen anwendbar sind. Das heißt, dass auch vulnerable Gruppen inkludiert und Teil einer Erhebung im weiteren Sinne der Partizipation sein können.

Aktuell ist die Methode noch nicht ausgereift genug für ein breites Rollout und für die Diffusion in die Planungspraxis. Die Anwendungsmöglichkeiten der Humansensorik müssen noch klarer abgegrenzt oder definiert werden. Die Diffusion in einen Planungsprozess weist noch Hürden auf, die sich von fehlender Bekanntheit, fraglicher Wirtschaftlichkeit bis hin zu mangelndem Vertrauen in die Methode erstrecken. Gängige Methoden sind bereits länger etabliert, verständlich und in bestimmtem Maße standardisiert. Darüber hinaus benötigt die Humansensorik umfassende Grundlagen- bzw. anwendungsbezogene Forschung sowie interdisziplinäre Zusammenarbeit, damit sich u. a. die Disziplinen Verkehrsplanung und Psychologie weiter annähern. Allerdings bestehen Anzeichen, dass mit voranschreitender technischer Entwicklung, Offenheit und Kooperationen von Forschung und Praxis der nächste Schritt für eine erste Integration in verkehrsplanerische Vorhaben bevorstehen könnte.

Damit die Daten aus der Humansensorik eine stärkere Berücksichtigung in der Planung finden, muss seitens der Nutzer*innen und in der Praxis die Akzeptanz erhöht werden, wobei dies auch mit Maßnahmen der Bewusstseinsbildung und der (Wissenschafts-)Kommunikation einhergehen wird, was wiederum in inter- und transdisziplinärer Forschung forciert werden kann. Forscher*innenseitig müssen die Anwendung der Technologie, die Schnittstellen zum Smartphone und die Zugänglichkeit der Daten vereinfacht werden. Auf Nutzer*innenseite muss der Zugang zu den Wearables erleichtert werden, indem diese günstiger, praktischer und zu einem Mainstream-Tool gemacht werden. Hier sind bereits Ansätze erkennbar und die Verbesserung – und bestenfalls Vergünstigung – der Wearables schreitet weiter voran. Letztendlich wird jedoch die Testökonomie rund um das methodische Vorgehen der Datenerhebung und -auswertung die entscheidende Rolle spielen. Im Verhältnis zu den etablierten Methoden der Verkehrsplanung müssen Datenerhebung und -auswertung effizienter, verständlicher und standardisierter werden (Forscher*innen, Praxis). Es wird sich zeigen müssen, inwiefern zum einen die Thematiken Humansensorik, Stress und Emotionen in der Forschungslandschaft präsent bleiben und zum anderen, wie sich deren Diffusion in die Planung und Gestaltung von öffentlichen Räumen entwickelt.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at the TU Wien Biblio

KAPITEL 7

DISKUSSION & FORSCHUNGSBEDARF

7 Diskussion & Forschungsbedarf

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass definitiv noch Forschungsbedarf besteht. Die Diskussion wird auf verschiedenen Ebenen stattfinden: Zum einen werden die angewandten Methoden dieser Arbeit und zum anderen, die inhaltlichen Ergebnisse diskutiert. Bei letzteren werden verschiedene Dimensionen berücksichtigt, die sich in konzeptionelle, methodische, prozessuale, technologische und soziale/gesellschaftliche Dimensionen aufgliedern.

7.1 Methodendiskussion

In diesem Kapitel sollen die Methoden der systematischen Literaturanalyse, der Fallstudienanalyse und des Expert*innen-Interviews kurz diskutiert werden.

7.1.1 Systematische Literaturanalyse

Die systematische Literaturanalyse bildet eine geeignete Methode, um einen umfassenden Überblick über die internationalen Forschungsaktivitäten zu erhalten und die eigenen Fallbeispiele einzuordnen. Auch wenn die Forschung hinsichtlich Wearables, körperlicher Parameter etc. sehr umfassend ist, sind die identifizierten Studien mit Bezug auf Fußgänger*innen und Radfahrer*innen sehr begrenzt. Es stellt sich die Frage, wie viel Forschung tatsächlich schon stattgefunden hat und wie viele Ergebnisse aus verschiedensten Gründen nicht veröffentlicht wurden. Die Qualität der identifizierten Studien variiert. In der wissenschaftlichen Forschung drängt sich jedoch zunehmend die Frage auf, inwieweit der Publikationsdruck – was eine ganz andere Diskussion eröffnen würde – sich auch in den Studien widerspiegelt oder eben nicht widerspiegelt. Dies bedingt eine sehr kritische Auseinandersetzung mit der Methode an sich und mit den erzielten Ergebnissen.

7.1.2 Fallstudienanalyse

Die Analyse von Fallbeispielen ist eine geeignete Methode, um qualitative Einblicke in Projekte oder Umsetzungen zu gewährleisten. Die zwei Fallstudien zu rekapitulieren ermöglichte es, verschiedene Zielsetzungen und Vorgehensweisen zu identifizieren, aber auch Gemeinsamkeiten hinsichtlich der Methodik, der Herausforderungen und der Grenzen zu eruieren. Es stellt sich die Frage, ob der Vergleich der Fallbeispiele notwendig war, da darüber hinaus kaum Erkenntnisse gezogen werden konnten, da Ziele und Erkenntnisse teilweise unterschiedlich gelagert waren. Es muss nochmals erwähnt werden, dass es sich hierbei um einen Sonderfall der Fallstudienanalyse handelt, da die Verfasserin dieser Arbeit selbst in die Fälle involviert war, was auf eine gewisse Befangenheit hindeuten kann, jedoch sogleich auch umfassende Einblicke erlaubt. Im Hinblick auf Lösungsansätze bei Herausforderungen oder den Forschungsprozess an sich hätte eine „außenstehende“ Person bei nachträglicher Erhebung der Daten diese nicht tiefgehend erschlossen. Nachträglich wäre eventuell wichtig gewesen, etwaige Prozesse, Entscheidungen und Gedankengänge zu protokollieren, was sicherlich eine zusätzliche Datenquelle für die Arbeit dargestellt hätte.

Den Projektpartner*innen gegenüber wurde auch offen angesprochen, dass die Projekte als Fallstudien in der Dissertation angeführt werden und ausgewählte Personen aus Fallbeispiel 1 nochmals zu einem vertiefenden Expert*innen-Interview bzw. Gespräch eingeladen wurden.

7.1.3 Expert*innen-Interviews

Die Methode des leitfadengestützten Expert*innen-Interviews erwies sich für die Fragestellung nach der Praxisrelevanz zielführend. Interviews stellen eine gute Methode dar, um qualitativ Daten zu erheben und mit angepassten Fragen spontan und flexibel auf die Gesprächspartner*innen einzugehen, um Aspekte auch in der Tiefe zu diskutieren. Gleichzeitig war es aufgrund neuer, spannender Aspekte seitens der Expert*innen etwas herausfordernd, den roten Faden des Leitfadens nicht zu verlieren. Von manchen Expert*innen wurde positives Feedback hinsichtlich der Thematik und Realisierung der Interviews geäußert. Diese fanden alle online statt, was der Gesprächsqualität jedoch keinen Abbruch tat, die Terminfindung deutlich vereinfachte und Gespräche mit Personen außerhalb Österreichs ermöglichte. Alle Expert*innen waren bei der Interviewanfrage per E-Mail äußerst responsiv und sehr interessiert an dem Gespräch.

Ein ebenfalls nicht zu vernachlässigender Aspekt ist das Phänomen der sozialen Erwünschtheit, da auch mit einzelnen Expert*innen bereits zuvor ein berufliches Verhältnis bestand. Es ist möglich, dass bei Wertungen der Methode oder der Potenziale tendenziell optimistischere Antworten gegeben wurden. Im Interview wurde allerdings eine Atmosphäre geschaffen, die auch eine sehr kritische Auseinandersetzung mit dem Thema durchaus zugelassen und gefordert hat.

Es muss angemerkt werden, dass die Auswahl der Expert*innen äußerst selektiv war, da sie bereits gewisse Berührungspunkte mit der Thematik der Humansensorik aufweisen sollten, um nicht rein hypothetisch beispielsweise die Diffusion der Methode in die Planungspraxis zu diskutieren. Insbesondere bei der Auswahl der Expert*innen aus der Planungspraxis war es schwierig, Personen zu identifizieren, denen die Humansensorik nicht völlig fremd ist und die zumindest mit anderen neuen Methoden experimentieren.

Hinsichtlich der Inhaltsanalyse wurden bereits für die Ableitung der Leitfragen Hauptkategorien gebildet, die nach den ersten Interviews induktiv in Subkategorien aufgeteilt wurden. Diese wurden nach und nach, aufbauend auf den kodierten Interviews, weiter ausgebaut und verfeinert, was letztendlich in einem soliden Codesystem resultierte. Ankerbeispiele zu definieren sowie ein Summary Grid zu erstellen, hat sich als hilfreich erwiesen, wobei die Zusammenfassung im Summary Grid teilweise zu einer zu starken inhaltlichen Reduktion geführt hat und das Gegenprüfen des Ausgangsmaterials notwendig machte.

Der geplante Vergleich der Expert*innen-Gruppen untereinander war eher schwierig und wenig aufschlussreich. Gründe dafür könnten sein, dass sich die Disziplinen nicht scharf abgrenzen lassen und verschiedene Perspektiven aufgrund der Interdisziplinarität ihrer Tätigkeiten in einer Person vereint sind. Dies kann aber wiederum positiv hinsichtlich reflektierteren Interviewaussagen gewertet werden.

7.2 Forschungsbedarf

Aus den Ergebnissen ergeben sich verschiedene Forschungsbedarfe, die entlang von fünf Dimensionen plakativ als Fragestellungen aufgegriffen werden.

Im Folgenden wird eine Auswahl relevanter Forschungsbedarfe aufgegriffen.

Dimension		Forschungsfragen
Konzeptionell		Wie können die Disziplinen zusammengebracht werden? Wie können Daten zielgerichtet gesammelt werden? Für welche weiteren Anwendungsbereiche im Mobilitätsbereich ist Humansensorik anwendbar?
Methodisch	Erhebung	Wie viele Teilnehmer*innen? Welche Auswahlverfahren? Welche Incentivierung? Welche Strecken? Welche technische Ausrüstung? Welche ergänzenden Methoden? Etc.
	Analyse	Was sind die individuellen Unterschiede der Stressempfindung? Was sind die Schwellwerte für Stressmomente? Wie können Artefakte reduziert werden? Welche Einflüsse haben Umweltfaktoren auf die physiologischen Daten? Was sind geeignete, aussagekräftige Analyseverfahren (deskriptiv, kausal)?
	Interpretation	Welche Umgebungsfaktoren in der Mobilität wirken (langfristig) auf den Menschen? Welchen Zusammenhang haben Stress in der Mobilität und Mobilitätsverhalten? Welche Rolle spielen Persönlichkeit, Einstellung, Erfahrungen etc. beim Empfinden stressiger Situationen?
	Validierung	Wie können die physiologischen Daten noch besser mit dem inneren Erleben der Teilnehmer*innen abgeglichen werden?
	Verknüpfung	Wie kann die Humansensorik mit anderen Modellen wie Zufriedenheitsforschung oder Methoden (z. B. Mobilitätsenerhebungen) weiter verknüpft werden?
	Übertragbarkeit	Wie kann die Übertragbarkeit der <ul style="list-style-type: none"> - Methode/Methodologie - Daten - Ergebnisse auf andere Modi (z. B. ÖPNV), räumliche Gegebenheiten (z. B. ländlicher Raum), Bevölkerungsgruppen (z. B. Nicht-Radfahrer*innen) etc. hergestellt werden?
Prozessual		Wie können sich Nutzen und Aufwand annähern? Wie kann die Methode dauerhaft in den Planungsprozess integriert werden? Wie können Datenschutz und ethische Belange systematischer berücksichtigt werden?
Technologisch		Wie kann die Nutzungsfreundlichkeit verbessert werden? Wie kann die Technologie günstiger und zuverlässiger werden? Wie können für Nutzer*innen Vorteile aus den technischen Geräten entstehen (z. B. durch zusätzliche Funktionen)?
Sozial/Gesellschaftlich/Philosophisch	Partizipation	Wie können Nutzer*innen besser und langfristiger eingebunden werden? Wie kann, analog zu Citizen Science, ein Eigeninteresse etabliert werden? Wie kann Skepsis (u. a. bei verschiedenen Entscheidungsträger*innen) reduziert werden?
	Philosophie	Was bedeutet Stress für die einzelne Person? Ist Stress stets schlecht und zu vermeiden? Wie kann positiver Stress von negativem Stress „physiologisch“ unterschieden werden? Welche langfristigen Wirkungen haben Stressmomente in der Mobilität?

Tabelle 21: Auswahl an Forschungsbedarfen

Der größte Forschungsbedarf ergibt sich allerdings in der **Bestimmung von Indikatoren und der Operationalisierung**, wo Humansensorik dann als Mess- oder Bewertungsinstrument ansetzen kann. Ausgangsbasis in der bisherigen Forschung sind die individuellen Datensätze, die die verorteten Stressmomente pro Person umfassen. Somit ist jeder Stressmoment einer Person und einem geographischen Punkt zugeordnet, welcher gegebenenfalls noch dem Netzmodell aufgrund ungenauer GPS-Daten präziser zugeordnet werden muss. Bisher wurden die Stressmomente meistens nur geo-räumlich analysiert und Häufungen von Stressmomenten als Heatmaps visualisiert. Es fehlte teilweise die analytische Tiefe, z. B. hinsichtlich sozialer Differenzierung. Eine Aggregation der individuellen Datensätze ermöglicht es, statistische Zusammenhänge mit anderen Daten wie Umfelddaten oder Personeneigenschaften zu erkennen und/oder zu prüfen, was bisher nur in wenigen Ansätzen z. B. als Regressionsanalyse passiert ist (siehe Teixeira et al. 2020). Erst die Verschneidung der Stressdaten mit anderen Datensätzen (z. B. Art der Verkehrsanlage, Kfz-Geschwindigkeiten etc.) ermöglicht es, Zusammenhänge mit der gebauten Umwelt zu identifizieren und Rückschlüsse über die Qualität der Infrastruktur zu ziehen. Zur Analyse bieten sich strukturprüfende Verfahren an, um Zusammenhänge mit den Umfelddaten und Personeneigenschaften zu prüfen. Danach können Aussagen zum Stresspotential der jeweiligen baulichen Gegebenheiten getätigt werden (z. B. Fahrradstraße ist mehr/weniger stressig als Mehrzweckstreifen). Auch strukturerkennende Verfahren (z. B. Clusteranalysen) können über Typenbildung Zusammenhänge mit Stressmomenten erkennbar machen (z. B. Vielfahrer*innen-Typen sind weniger gestresst als Freizeitfahrer*innen). Denkbar ist jedoch auch eine Differenzierung bzw. Filterung über soziodemographische Variablen (z. B. ältere Menschen sind mehr/weniger gestresst als jüngere). Abbildung 69 stellt beispielhaft die Indikatoren und Verschneidungsmöglichkeiten mit anderen verkehrsrelevanten Daten dar.

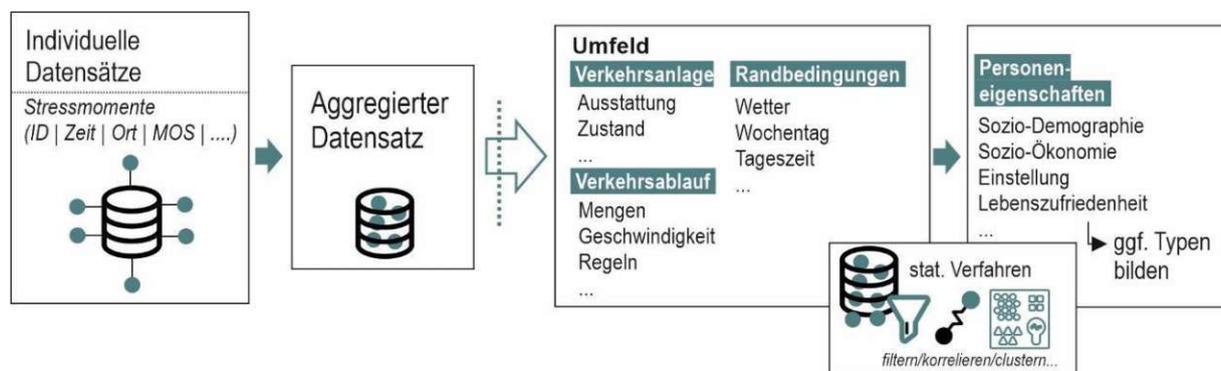


Abbildung 69: Beispiele für Daten und Indikatoren für die Operationalisierung (eigene Darstellung)

Der Forschungsbedarf ergibt sich zum einen für die **Auswahl und Verschneidung der Variablen** und zum anderen auch für **die Auswahl sowie die Modifikation der Indikatoren und wie diese zu einem Mess- oder Bewertungsinstrument** zusammengefasst werden sollten (Döring & Bortz, 2016).

Die Frage ist, ob dies bei induktiven und deduktiven Ansätzen (siehe Kapitel 2.2.2.2) gleichermaßen möglich ist. Um den Indikator berechnen zu können, müssen nicht nur die Stressmomente erhoben werden. Es müssen auch umfassende Daten zu Verkehrsanlagen, -abläufen, Randbedingungen etc. in einem gewissen Detaillierungsgrad vorliegen. Kleinere räumliche Abschnitte sind wahrscheinlich im Sinne der Datenverfügbarkeit machbarer. Potenziale, u. a. aufgrund zunehmender Datenverfügbarkeit und Diffusion von Wearables im Alltag, ergeben sich jedoch für die Erforschung großer Gebiete mit hoher Teilnehmer*innen-Zahl.

7.3 Inhaltliche Diskussion

Im folgenden Kapitel werden verschiedenen Dimensionen, die sich aus den verschiedenen Teilaspekten der Arbeit ableiten ließen, diskutiert. Die folgende Tabelle bietet einen zusammenfassenden Überblick.

Dimension	Nutzer*innen	Forscher*innen	Praxis
Thematisch	Identifikation mit dem Planungsthema	Anwendungsfall & Forschungsinteressen	Anwendungsfall & Planungsprobleme
Konzeptionell	–	Sich widersprechende Disziplinen, keine gemeinsame Sprache, komplexe Daten(-quellen), Bezug zu Aufwand und Nutzen	Aussagekraft der Daten
Methodisch	Akzeptierter Aufwand	Methodologie, Teilnehmer*innen (Zusammensetzung, Anzahl)	Forschungsdesign und Maßstab (Raum, Modi, Strecke etc.)
Prozessual	Ethik und Datenschutz (Bewusstsein)	Aufwand und Nutzen	Aufwand und Nutzen, Wirtschaftlichkeit
Technologisch	Nutzungsfreundlichkeit	Verfügbare zertifizierte Geräte	Preis, Massentauglichkeit der Geräte
Gesellschaftlich/ Philosophisch	Wie wollen Nutzer*innen involviert werden?	Bedeutung von Stress: Ist Stress denn so schlecht für uns?	Welche Verantwortung besteht? Wie kann mit negativen Emotionen umgegangen werden?

Tabelle 22: Dimensionen der Diskussion

7.3.1 Thematische Dimension: Zwischen Anwendung und Planungsproblem

Die Expert*inneninterviews ergaben, dass die Anwendungsfälle stark auf die Verkehrssicherheit und die Identifikation von Mängeln ausgerichtet waren. Dies soll an dieser Stelle noch einmal kurz diskutiert werden. Des Weiteren sollen die Anwendungsbereiche in einem breiteren Kontext betrachtet werden. Versetzt man sich in die Perspektive der Nutzer*innen bzw. Betroffenen, sind vielleicht auch gerade „sichere Rad- und Fußwege“ ein Planungsthema, das unmittelbar greifbar ist und mit dem sie sich vorwiegend identifizieren können. Gleiches gilt auch für die befragten Expert*innen.

Es stellt sich die Frage, ob das Anwendungsspektrum innerhalb der Stadt- und Verkehrsplanung nicht weiter und breiter gedacht werden muss und sich Forscher*innen und Praxis von dem – zweifellos wichtigen – Aspekt der Sicherheit etwas lösen müssen. So sind beispielsweise

- die Themen Klimawandel und zunehmender Hitzestress, Hitzeinseln in Städten, alternde Gesellschaft, Barrierefreiheit, Zugang zu neuen Mobilitätsformen wie Scooter und Pedelecs und die daraus entstehenden Anforderungen der Nutzer*innen, zunehmender Nutzungsdruck auf den öffentlichen Raum sowie Städtewachstum und daraus resultierende veränderte Ansprüche an die Mobilität ebenfalls relevante Ansatzpunkte für die Humansensorik, die bisher nur rudimentäre Betrachtung erfahren.
- die Erschließung von Personengruppen, eine alternde und diversere Gesellschaft sowie die besonderen Mobilitätsbedürfnisse und somit die eigenständige, stressfreie Mobilität wesentliche Faktoren der sozialen Teilhabe und wichtige Aspekte des Wohlbefindens und der Gesundheit, die mit Humansensorik

erschlossen werden können.

- Betrachtungen weiterer Mobilitätsformen von Mikromobilität (E-Scooter, Skateboards, Tretrollern) bis hin zum öffentlichen Personennahverkehr und zum motorisierten Individualverkehr im Vergleich zur aktiven Mobilität (z. B. welche Pendelwege sind stressfreier?) ein mögliches Anwendungsfeld.
- Verknüpfungen mit anderen, „etablierten“ Methoden der Verkehrsplanung wie Wegetagebücher, Tracking und andere Smartphone-gestützten Mobilitätserhebungsmethoden denkbar, um subjektive Verzerrungen bei der Eingabe der benutzten Verkehrsmittel noch besser ausgleichen und auch z. B. Hürden bzw. Stress in der Multimodalität erkennen zu können.
- Verschneidungen von Partizipationsmethoden wie Planungswerkstätten, World-Café und gemeinsamen Begehungen mit Humansensorik ein mögliches Mittel, einen Diskurs anzustoßen, neue Perspektiven zu eröffnen und neues Problembewusstsein bei den Akteur*innen zu schaffen.
- Ergebnisse aus der mit Sensoren ausgestatteten Befahrung und Begehung als zusätzliche Daten in Bebauungsplänen und Mobilitätskonzepten anzudenken sowie die Bewertung von Maßnahmen zur nachhaltigen Mobilität zu erwägen.

Noch ist die Humansensorik mit zu großen Unsicherheiten behaftet, um tatsächlich abschätzen zu können, welche Planungsprobleme damit gelöst werden können. Dennoch bietet sie Ansatzpunkte, um Planungsprobleme (z. B. adäquate Einbindung von Bewohner*innen, Identifizierung von Bedürfnissen, zusätzliche Methode zur problemorientierten Identifikation von Lösungsansätzen) über gewisse Disziplingrenzen hinweg zu betrachten.

7.3.2 Konzeptionelle Dimension: Humansensorik zwischen verschiedenen Disziplinen und vielen Daten

Wie die systematische Literaturanalyse gezeigt hat, beschäftigen sich verschiedene Disziplinen – von Raumplanung und Geoinformatik bis hin zu Mathematik und Psychologie – mit der Thematik der Messung menschlicher Emotionen abgeleitet von körperlichen Parametern. Ganz grundsätzlich und plakativ stellt sich die Frage, ob alle Disziplinen vom gleichen sprechen, wenn es um die begriffliche Definition von Stress geht. Mit anderen Worten, ob Stress stets gleich verstanden wird und ob vielleicht eher von einer Aktivierung bzw. Erregung gesprochen werden sollte. Nicht nur die Begrifflichkeit und die Bedeutsamkeit von Stress müssen hinterfragt werden, auch ist Stress sehr abhängig von den eigenen persönlichen Ressourcen, damit umzugehen.

Es existieren verschiedene Erkenntnisinteressen, daher variieren auch die Herangehensweisen. Wie die Literaturrecherche und die Interviews verdeutlichen, muss die Aussagekraft der physiologischen Parameter und der Rückschluss auf Emotionen kritisch hinterfragt werden. Aus der Psychologie kommend, hat sich die Methode der Messung von physiologischen Daten im Labor etabliert, dabei werden jedoch weitere Validierungsmaßnahmen wie Befragungen herangezogen. In der realen Welt, auf der Straße, im Park, auf öffentlichen Plätzen etc., verliert diese etablierte Methode an kontrollierbaren Rahmenbedingungen. In den Gesprächen mit den Expert*innen hat sich herauskristallisiert, dass die Aussagekraft der physiologischen Daten noch durchaus fraglich ist. Was in der Theorie und auch im Labor unter kontrollierten Bedingungen als valide zu bezeichnen ist, lässt sich nur äußerst schwierig auf die „reale“ Welt übertragen. Zum einen kommen unkontrollierbare Ereignisse hinzu, die im Nachgang einer Messung schwer nachzuvollziehen sind. Zum anderen, ganz nach dem Motto „die Gedanken sind frei“, sind vermutlich nicht immer die äußeren Bedingungen, wie eine gefährliche Situation beim Queren einer Straße, ausschlaggebend für ein Arousal bzw. physiologische Abweichungen von der Baseline. Persönlichkeit, aktuelle Stimmung und Verfassung haben ebenso Einfluss auf die Daten. Auch wenn es Vorschläge und Lösungswege zur Validierung der Daten gibt, wie Selbstreports und Introspektion, stellt sich die Frage, ob diese Maßnahmen ausreichen, um die Daten verlässlich in einen Planungsprozess einfließen lassen zu können. Insbesondere die

Disziplin der Psychologie äußert dahingehend Zweifel. Offen bleibt auch, wie sich Psychologie und Medizin weiterführend zur Thematik der Messbarkeit von Emotionen positionieren werden. Der Schritt aus der geschützten Laborumgebung in ein reales Setting schafft Unsicherheiten und Validitätsprobleme sowie das große Problem der Kontextualisierung: „Reagiere ich auf etwas, das ich erlebe oder auf etwas aus meiner Erinnerung?“ Anders gesagt: „Stresst mich das Auto oder habe ich heute ein wichtiges Meeting?“ Dies wird, wie die Expert*innen andeuteten, nur über die Masse lösbar sein, d. h. es könnte sich herausstellen, dass sich durch Studien mit einer höheren Teilnehmer*innenzahl an bestimmten Stellen im öffentlichen Raum eine statistische Korrelation erkennen lässt.

Zudem besteht die Gefahr, dass viele Daten voller Artefakte gesammelt werden, die nicht in Bezug gesetzt werden können zu dem, was der Mensch in diesem Moment tatsächlich fühlt. Es wird gemeinsame, interdisziplinäre Forschungsprojekte brauchen, um zum einen die richtigen Fragen zu stellen und das zu ermitteln, was man eigentlich herausfinden möchte, und zum anderen ein gegenseitiges Verständnis für die Forschungsinteressen und -hintergründe zu etablieren. Die Grundproblematiken sind wahrscheinlich auch mit Kommunikationsdefiziten zwischen den Disziplinen, insbesondere der Raumplanung und der Psychologie, zu begründen, die sich auch durch unterschiedliche Methoden und Blickwinkel unterscheiden. Grundvoraussetzung für die Überwindung der Barrieren ist eine gewisse Offenheit für kritische Fragen, auch über den Sinn und das Ziel solcher Methoden, und die Bereitschaft, diese gemeinsam zu beantworten. An dieser Stelle sollen die Forderungen von Rambow (2003, S. 58) aufgegriffen werden, die gut zur interdisziplinären Zusammenarbeit passen:

1. „PsychologInnen werden (in interdisziplinären Planungsteams) in den Planungsprozess miteinbezogen.
2. PlanerInnen beschaffen sich problembezogen psychologische Informationen (aus Datenbanken, Bibliotheken oder durch persönliche Beratung).
3. PlanerInnen erwerben bereits während ihrer Ausbildung psychologische Kenntnisse, die sie während ihrer späteren beruflichen Praxis dann – bewusst oder unbewusst – selbstständig anwenden.“

Ausgehend von den Fallbeispielen und zum Teil den Expert*innen-Interviews stellt sich des Weiteren die Frage, welche Ergebnisse tatsächlich planungsrelevant sind und nicht auch durch Planer*innen oder gar durch „common sense“ zu beurteilen wären. Sollten Planer*innen nicht selbst erkennen können, wo ein Handlungsbedarf besteht? Es wird der Eindruck erweckt, dass mehr Daten gleichzeitig auch eine bessere Planung bedeuten, was kritisch zu hinterfragen ist. Hauptmotivation der Humansensorik ist es, in Zukunft aussagekräftige Daten hinsichtlich stressauslösender Ereignisse rein anhand von Stressdaten zu erheben (vgl. Interview P. Zeile). In der Realität handelt es sich um große Datenmengen, von denen nur wenige sehr punktuell Verwendung finden können. Daher stellt sich die berechtigte Frage, ob andere Methoden, auch wenn diese nicht so innovativ sind oder in „real time“ ablaufen, nicht auch zu ähnlichen Ergebnissen führen können.

Auch wenn Daten eine wichtige Evidenz für die Planung implizieren, wie manche Expert*innen andeuten, und objektivierte Daten eine gute Entscheidungsgrundlage darstellen, wird eine Validität erst durch weitere Daten möglich sein: Mehr Menschen (benötigen wir 100 oder 10.000?) nutzen die Wearables über einen längeren Zeitraum (mehrere Wochen) auf ihren Alltagswegen. Große Datenmengen und „noisy data“ erfordern jedoch wiederum (automatisierte) Auswertungsmechanismen. Gleichzeitig muss auch die Testökonomie im Blick behalten werden. Wie gestaltet sich der Output im Verhältnis zum Aufwand? In den Fallbeispielen und den seitens der Expert*innen dargestellten Projekten ist dies noch fraglich, zumindest was den Rollout für die Planungspraxis angeht. In der Forschung hingegen sollte die Wirtschaftlichkeit nicht zum Nachteil anderer Gütekriterien werden. Die Validität rechtfertigt gerade in der wissenschaftlichen Forschung den zeitlichen und finanziellen Aufwand (Wirtz, 2022).

7.3.3 Methodische Dimension: Von der Humansensorik als Methode zur Methodologie?

Die systematische Literaturanalyse und die Fallbeispiele zeigen, dass die Methodologie, also die Vorgehensweise, Abfolge und Sammlung der (ergänzenden) Methoden, variieren. Forschungsfragen werden kaum oder sehr offen formuliert, was es gemäß der wissenschaftlichen Praxis schwierig macht, das methodische Vorgehen abzuleiten und auf einen Kern der Problemstellung bzw. des Erkenntnisinteresses abzielen. Mehrfach hervorgehoben wurde die geringe Stichprobengröße, die die Dateninterpretation erschwert. Es ist jedoch fraglich, ob ein größeres Sample mehr Aussagekraft bedeutet, denn auch Studien mit 30+ Teilnehmer*innen hatten Schwierigkeiten, wirklich valide Ergebnisse zu erlangen. Darüber hinaus wird für Forschende auch relevant sein, wie Personen motiviert werden können, die nicht in das klassische WEIRD-Schema fallen. Die Datenerfassung im Alltag bzw. auf Alltagswegen könnte ein erster Ansatzpunkt dafür sein.

In der 10- bis 15-jährigen Forschungshistorie lässt sich auch beobachten, dass es zwar Netzwerke in dem Bereich der Emotionsmessung gibt, viele Forscher*innen jedoch wieder von vorne beginnen, da sie über die Methode gestolpert sind und hohe Erwartungen haben, ihre Forschungsfragen damit beantworten zu können (siehe systematische Literaturanalyse in Kapitel 3). Eine von der Forscher*innen-Community anerkannte Methodologie, also ein Rahmen für die methodische Vorgehensweise, die sich die identifizierten Studien zieht, etabliert sich kaum oder nur langsam.

Die Realität über die Komplexität, Hardware-Probleme und Herausforderungen der Dateninterpretation etc. scheint vor allem die Praxis abzuschrecken und den Sprung von der experimentellen Forschung zur angewandten Forschung bzw. in die Planungspraxis zu erschweren. Deshalb ist es besonders wichtig, verständliche Forschungsdesigns und den entsprechenden Output weiter zu definieren.

7.3.4 Prozessuale Dimension: Der Weg zu den Emotionsdaten

Mobile Nutzer*innen produzieren sehr viele sensible Daten. Kommen auch noch weitere Parameter wie das körperliche Empfinden hinzu, entstehen große Anforderungen an den Datenschutz. Wenn davon ausgegangen wird, dass viele verschiedene Menschen gleichzeitig mit technischem Equipment ausgestattet sind und der geographische Standort maßgeblich ist für die Auswertung der Daten, sind insbesondere Aspekte der Geoprivacy zu berücksichtigen (Kounadi & Resch, 2018).

Wie sich das Bewusstsein hinsichtlich der Daten in Zukunft entwickelt, wird sich zeigen müssen. Während manche eine gewisse Skepsis verspüren, sehen andere dies wiederum weniger sensibel und betrachten Datenschutzerklärung eher als notwendiges Übel. Dieses Bild bestätigt auch eine Befragung von Statista aus dem Jahr 2018 zur Sorge bezüglich des missbräuchlichen Umgangs mit persönlichen Daten im Internet, in der sich 30 % geringe und 8 % gar keine Sorgen machten, wobei das Sicherheitsgefühl tendenziell zunimmt (von 13 % auf 29 % zwischen 2014 und 2020) (Statista, 2021). Die Besorgnis um Datenschutz und Privatsphäre benötigt eine genauere Analyse hinsichtlich der Herausforderungen und möglicher Lösungen. Forscher*innen stehen in der Verantwortung, die Datenerhebung, -speicherung und -analyse entsprechend der datenschutzrechtlichen Anforderungen durchzuführen. Ebenfalls wichtig ist die Sensibilisierung der Nutzer*innen hinsichtlich der Gefahren, aber auch der Potenziale für die Forschung und auch die Planung. In einer empirischen Studie zur Nutzung von Sensing-Applikationen und der aktiven Einbindung in die Forschung konnte festgestellt werden, dass die Angst vor einem umfassenden Datenzugriff auf das mobile Endgerät bei Nutzenden zu einer Barriere führt. Somit ist es „nötig entsprechende kommunikative Werkzeuge einzusetzen, um über die Intention benötigter Rechte zu informieren. Andernfalls ist die Gefahr groß, dass Anwender die Partizipation nicht beginnen oder frühzeitig beenden“ (Ludwig

& Scholl, 2014, S. 148).

Auch sollte diskutiert werden, ob wir als Gesellschaft akzeptieren, dass alles und jede/r dauerhaft der „emotionalen“ Überwachung oder – etwas euphemistisch – dem „Monitoring“ ausgesetzt sind. Auch wenn die Grundintention seitens der Forschung grundsätzlich „gut“ ist, können die Daten für Nudging, Werbung, Konsum etc. verwendet werden. Nur weil etwas möglich ist, muss es nicht richtig sein. Hier liegt auch der Begriff der Informationellen Selbstbestimmung nahe. Wird von einer umfassenden Datenerhebung über smarte Devices ausgegangen, wird auch für die Nutzer*innen diese Selbstbestimmung immer intransparenter. So schreibt das Bundesverfassungsgericht: „Wer nicht mit hinreichender Sicherheit überschauen kann, welche ihn betreffenden Informationen in bestimmten Bereichen seiner sozialen Umwelt bekannt sind, und wer das Wissen möglicher Kommunikationspartner nicht einigermaßen abzuschätzen vermag, kann in seiner Freiheit wesentlich gehemmt werden, aus eigener Selbstbestimmung zu planen oder zu entscheiden“ (BVerfGE 65). Wie Streich jedoch anmerkt, wird die Planung trotz wohlwollendem Berufsethos immer wieder auf Skepsis und Ablehnung seitens der Bürger*innen stoßen. Zusammen mit dem Datenschutz schränkt diese Tatsache auch den Einsatz von beispielsweise Emotionsdaten für verkehrsplanerische Belange ein und stellt Planer*innen vor große Herausforderungen (Streich, 2014, S. 67).

Die Thematik der Ethik in der Forschung und insbesondere in der Planung ist nicht neu und das Verhältnis von Planer*innen zu ethischem Handeln wurde in der Literatur bereits häufig thematisiert. Es besteht die Übereinkunft, dass Planer*innen interdisziplinäre Konfliktlösung anstreben, verbunden mit Vernunft und einem Blick auf die Zukunft. Es fehlt jedoch die Kompetenz für eine hauseigene Ethik, „[d]enn Ethik ist nicht das erste Anliegen der Lehre und Praxis der Raumplanung, sie widmen ihre Aufmerksamkeit – so scheint es – vorweg dem Zweck-Rationalen des räumlichen Planens und den Methoden der Problemerkennung und -bearbeitung“ (Lendi, 2013, S. 2). Hinzu kommt, dass die Raumplanung dazu neigt, sich „immer wieder neu zu erfinden oder wenigstens innovativ-schöpferisch zu akzentuieren“ (Lendi, 2013, S. 8). Lendi bezieht sich dabei eher auf die Verschiebung von Leitbildern und Instrumenten. Allerdings neu und ebenfalls in den Überlegungen zur Ethik zu berücksichtigen ist das Methodenrepertoire, welches dem/der Planer*in zur Verfügung steht. Smarte Technologien wie mobile Endgeräte, das Internet, soziale Netzwerke und auch smarte Wearables, wie in dieser Arbeit thematisiert, bieten Planer*innen eine Brandbreite an Möglichkeiten (Streich, 2011, S. 237). Insbesondere Körperdaten in Zusammenhang mit dem Standort müssen diskutiert werden, auch wenn sie nicht invasiv sind. Kants elementare Fragen „Was können wir wissen?“ und „Was sollen wir tun?“, die oft im Zusammenhang mit Planungsethik Erwähnung finden, sind zweifelsfrei als maßgebend für das planerische Handeln zu betrachten – ob nun altes oder neues Methodenrepertoire (Lendi, 2013) zum Tragen kommt. Planer*innen sehen sich immer mehr mit dem Umgang mit Daten oder auch großen Datenmengen konfrontiert. Auch in aktuellen oder vergangenen raumbezogenen Forschungsprojekten, die eine gewisse Datenerhebung benötigen, stößt das Konsortium früher oder später auf Fragen, die den Datenschutz betreffen. Welche Daten sollen gesammelt werden? Wie schützt man die Privatsphäre und Belange der Teilnehmer*innen? Welche Schritte müssen gesetzt werden? Jedes neue Projekt scheint sich wieder aufs Neue damit zu beschäftigen. Die offensichtlichen Gründe dafür sind, dass die Rahmenbedingungen und Herausforderungen jedes Mal neu sind und deshalb ein maßgeschneidertes Konzept zum Umgang mit den Daten benötigt wird. Mittlerweile wird allerdings in der Stadt- und Raumplanung die Involvement einer Ethikkommission als Ergänzung zur wissenschaftlichen Tätigkeit als wichtig angesehen (siehe Interviews).

7.3.5 Technologische Dimension: Dynamik des Marktes und technologischen Entwicklung

Die Forschung rund um die Humansensorik hängt stark von der Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Leistungsfähigkeit der technischen Geräte ab. Während Forscher*innen, zumindest im Forschungsumfeld der Autorin, mit prototypischen Bändern mit HLF- und HT-Sensoren begonnen haben, gibt es mittlerweile eine kleine Auswahl medizinisch zertifizierter Geräte, die sich in einem Nischenmarkt im Bereich Fitness und Psychologie bewegen. Diese wurden nicht primär für die Untersuchungen von Körperparametern in der aktiven Mobilität konzipiert, konnten jedoch, wie die systematische Literaturliteraturanalyse zeigte, dafür verwendet werden. Die Geräte bzw. Wearables sind allerdings unattraktiv für den breiten Consumer-Markt und demnach verhältnismäßig teuer und wahrscheinlich ästhetisch wenig ansprechend.

Auch der Markt für „Komplettlösungen“, wie sie zum Beispiel die Firma iMotions anbietet, ist hauptsächlich auf Consumer-Experience, Usability-Tests und Gesundheit ausgerichtet. Diese bietet eine Analyseplattform für menschliche Verhaltensforschung an und integriert mehrere biometrische Daten, wie EDA, EEG, EKG (siehe iMotions-Webseite). Mobilität, öffentliche Räume und entsprechendes Verhalten bzw. Emotionen werden nicht explizit als Anwendungsfelder genannt. Die Beforschung von Emotionen bzw. von Stress in der Mobilität kann somit als Nischenforschung in einem Nischenmarkt betrachtet werden.

Die starke Abhängigkeit von den Geräten wurde auch in den Fallbeispielen deutlich, da die Anschaffung und der Umgang damit die Testkapazitäten deutlich limitierten. Es wird sich zeigen müssen, wo der Markt aufspringt und wo Zahlungsbereitschaft besteht, wobei der Fitness-Hype vielversprechend ist, was die künftige Entwicklung für die breitere Masse betrifft. Hierzu auch noch ein paar Gedanken im Ausblick, Kapitel 7.4. Bisher sind die Geräte auch nur begrenzt nutzungsfreundlich. Das Anlegen eines Armbandes ist das eine, aber wenn ein Brustgurt angefeuchtet und an die Haut angelegt werden soll, ist dies weniger angenehm für potenzielle Teilnehmer*innen, wie die Befragung der Nutzer*innen aus Fallbeispiel 1 zeigte. Ideal wäre eine Lösung, die bereits im Besitz der Teilnehmer*innen ist und die notwendigen Parameter mit aufzeichnet, wobei dies wiederum Anforderungen an den Datenschutz aufwirft.

7.3.6 Gesellschaftliche & philosophische Dimension: Was ist Stress und ist Stress so schlecht?

Stress bzw. Emotionen tatsächlich messbar zu machen, ist für Forscher*innen und insbesondere für die Planungspraxis ein spannendes Thema. Auch wenn es einfach ist, in der Kommunikation von „Stress und Emotionen“ zu sprechen, etwa mit Gemeinden und Städten, und sich auch jede*r etwas darunter vorstellen kann, muss in erster Linie erst einmal hinterfragt werden, was „Stress“ überhaupt ist. In einem zweiten Schritt stellt sich die Frage, wie und ob „Stress“ mit den physiologischen Geräten tatsächlich gemessen wird oder ob es sich nicht um eine Erregung, Aktivierung oder Stimulus handelt. Die Ableitung daraus, dass dies Stress oder eine negative Emotion sind, wird auch teilweise kritisch hinterfragt (vgl. Interviews S. Kühn, A. Huemer). Was bedeutet eine Erregung? Ist das gleichzusetzen mit Stress? Ist das negativ zu werten?

„Aber mein Gefühl ist so ein bisschen, da die Sensoren relativ günstig sind, da viele Felder jetzt verstanden haben, ‚Oh, damit kann man sozusagen quasi so Erregungen messen‘, nehmen das alle. Und manchmal habe ich ein bisschen das Gefühl, es ist nicht genug vermittelt worden, dass das aber eben schwierig zu interpretieren ist. Das ist, glaube ich, das Einzige, wo ich Bauchschmerzen kriege, dass wenn man jetzt wirklich annimmt, dass das ein gutes Proxy für Stress ist.“ (Interview S. Kühn, Pos. 28)

Es ist zu diskutieren, ob sich die Forschung zum Thema Humansensorik nicht von dem **Stressbegriff lösen**

müsste, denn letztendlich ist es vielleicht nicht Stress gemäß des Alltagsverständnisses, der dann tatsächlich gemessen wird. Einen Schritt weiter auf die Mobilität bezogen muss diskutiert werden, was dies für das Verhalten bedeutet. Wie beeinflusst uns diese Erregung? Was sind die langfristigen Folgen von Stress in der Mobilität? Und überhaupt: Ist im letzten Schritt dieser „Stress“ überhaupt so schlecht? Wie wir Stress und negative Emotionen empfinden, hängt auch stark von unserer Persönlichkeit und unseren Fähigkeiten, damit umzugehen, ab (vgl. Interview S. Kühn).

Die Frage ist, was die/der Forscher*in ermitteln will: tatsächlich Stress als Übergriff der negativen Emotionen wie Ärger und Angst, oder Stress als ein Trigger oder ein „ungewöhnlicher“ Moment, der auf einen recht unspezifischen Stimulus hindeutet? Für die Mobilität und in einem aktuellen Projekt (z. B. ESSEM) lässt sich die Tendenz erkennen, diese Erregung erst einmal nur als Trigger bzw. als Ereignis zu verstehen, um dann nochmals deduktiv genauer mit „der Lupe“ draufzuschauen (Interview P. Zeile, Pos. 36). Doch wie ist dieser Trigger zu verstehen und wird dieser von allen Radfahrer*innen gleich so gesehen? Dabei ergeben sich wiederum neue Diskussionspunkte hinsichtlich der Interpretation von Daten und auch Anforderungen an Verhaltensmodelle, wie sie in der Psychologie bereits Anwendung finden. Auch diese Fragen sind wenig bis gar nicht geklärt und eröffnen auch künftige Forschungsbedarfe (siehe oben).

Auch wenn dieses Dilemma an dieser Stelle nicht gelöst werden kann, hat Stress, oder wie auch immer es bezeichnet wird, Konsequenzen für die Gesundheit, das Wohlbefinden und dadurch auch das Zusammenleben. Dabei besteht eine gesellschaftliche Verantwortung seitens der Forschung, denn je besser wir die Prozesse verstehen, desto eher können wir Interventionen setzen, auch in der Stadt- und Verkehrsplanung, um negative Effekte zu reduzieren (Bartlett, 1998, zitiert nach Cooper and Dewe, 2008).

7.4 Ausblick

Im folgenden Ausblick sollen nochmals Aspekte und Fragen zur Zukunft der Humansensorik aufgegriffen werden. Im Forschungsbedarf und in der Diskussion wurden bereits verschiedene, beispielhafte Fragestellungen aufgegriffen, die sich aber in der Tiefe und Breite stark unterscheiden. Der Ausblick geht nochmals auf ausgewählte Aspekte ein und skizziert künftige Entwicklungen.

7.4.1 Gesellschaftliche Trends zu Citizen Science und Selbstvermessung

In Zukunft möchten Nutzer*innen vielleicht nicht nur vergleichen bzw. erfassen, ob eine Leistungssteigerung im Sport zu erkennen ist, sondern ob mensch entspannter und stressfreier durch den Tag gekommen ist als seine Mitmenschen. Auch Empfehlungen über eine App, wie ein Tag stressfreier gestaltet werden kann, sind denkbar. Dies ist eine Zukunftsvision, die in der Selbstvermessung bzw. -optimierung wurzelt, befeuert durch soziale Medien wie Instagram, TikTok und Co. Die Frage lautet ja: „Gehe ich noch laufen, um fitter zu werden, oder um mich zu vergleichen?“ Mentale Gesundheit, Work-Life-Balance, Wohlempfinden und Entspannung sind ebenfalls in diesem Gesundheits- und Fitnessbereich präsenste Themen. Wann wird Stress oder Nicht-Stress auch zum Parameter, der gesammelt wird, um die eigene „Performance“ zu beurteilen und sich mit anderen in den sozialen Medien zu vergleichen?

Einen Schritt weiter könnten die Daten im Sinne der Citizen Science für wissenschaftliche Zwecke zur Verfügung gestellt werden. Citizen Science (Bürger*innenwissen) ist eine Form der Involvierung von „Nicht-Wissenschaftlicher*innen“, die Forschende in ihrer Tätigkeit unterstützen. Diese hat in den vergangenen Jahren insbesondere durch vereinfachte Erfassungsmethoden wie Smartphones und simple Sensoren (z. B. für

Lärm und Feinstaub) einen Aufschwung erfahren. Dabei werden Projekte unter Mithilfe von Amateur*innen durchgeführt, welche selbstständig beobachten, messen oder andere Daten erheben (Citizen Science Projekte – Österreich Forscht, 2022). Citizen Science ist keine neue Disziplin und fand schon Anfang des 20. Jahrhunderts bereitwillige Bürger*innen. Meist wurde sie mit umweltbezogenen Beobachtungen wie Vogelzählungen, Schmetterlingssichtungen oder Analysen von Galaxien in Verbindung gebracht (Kilfoyle & Birch, 2014). Heutige Technologien wie das Smartphone und das GPS erweitern das Feld der Citizen Science und bieten eine Plattform, mehr Bürger*innen zur Beteiligung zu motivieren. Der Name dieser neuen Entwicklung könnte auch „Citizen Cyberscience“ lauten (Kilfoyle & Birch, 2014). Haklay unterscheidet Citizen Cyberscience in drei Kategorien: volunteered computing, volunteered thinking und participatory sensing, wobei sich die Intensität der Involvierung des Menschen von reiner Software-Installation bis hin zu aktiver Datenerfassung durch das Smartphone steigert (Haklay et al., 2018). Letzteres kann in Zukunft auch eine große Rolle für die Messung und Bereitstellung physiologischer Daten darstellen, was eine Verschneidung von Citizen Science und Selbstvermessung (siehe Kapitel 2.1.6) darstellt, bei der die Teilnehmer*innen, also der Mensch selbst sozusagen, zum beobachteten „Objekt“ werden. Dieses Wissen bzw. diese Daten können als Beteiligungsformat ein großes Potenzial für die Stadt- und Verkehrsplanung entfalten, wenn man z. B. von smartphonegestützten Erhebungen der Radinfrastruktur und Gefahrenstellen durch Laien ausgeht (z. B. Projekt SimRa – Sicherheit im Radverkehr).

Zu diskutieren ist, ob dies eine anzustrebende Zukunft ist, sich nur noch auf Daten zu verlassen und wer denn nun wirklich davon profitiert: die Wissenschaft, die Planung oder der/die Citizen Scientist? Ein Blick nach China offenbart nämlich eine unheimliche Auslegung der Selbstoptimierung, indem z. B. Arbeiter*innen einen Helm tragen müssen, der Sensoren zur Messung der Hirnaktivität verbaut hat. Von den Daten sollen Emotionen und Stress abgeleitet werden, was auf der einen Seite relevant für Tätigkeiten ist, die eine hohe Konzentration erfordern. Auf der anderen Seite können Arbeiter*innen identifiziert werden, die das Unternehmen als „zu gestresst“ für die Arbeit ansieht. Die Folgen können die der Aufforderung zu unbezahlten Pausen oder Entlassung sein (Miley, 2018).

Abgesehen von den technischen Gegebenheiten, die es künftig immer mehr ermöglichen, der „crowd“ beziehungsweise dem Citizen Scientist wissenschaftliche Werkzeuge in die Hand zu geben, muss auch Repräsentativität Betrachtung finden. Wie auch in den Fallbeispielen und in den Interviews anhand der Zusammensetzung der Teilnehmer*innen, ist analog dazu eine Zunahme der Citizen Science bis heute und auch in Zukunft durch den höheren Bildungsstatus im Zusammenspiel mit Kenntnissen sowie Interesse an der Wissenschaft begründet. Des Weiteren sei auch die steigende, frei verfügbare Zeit ausschlaggebend für das Ausleben bestimmter Interessen (Haklay et al., 2018). Doch wie auch immer der/die Citizen Scientist der Zukunft ein Interesse an Stress, Emotionen, physiologischen Daten etc. haben wird, kann das Potenzial für einen Dialog und Bewusstseinsbildung genutzt werden.

7.4.2 Daten, Technologien und Marktentwicklung

Ein Ausblick auf künftige Entwicklungen muss auch abhängig von technologischen Trends betrachtet werden. Auch wenn es schwierig ist, die Zukunft abzuschätzen, kann von vergangenen Entwicklungen auf künftige geschlossen werden. Die Ansätze zur Datenerhebung (Crowd Sourcing, Citizen Science, Open Data-Bewegungen) werden weiter zunehmen, umfassender und einfacher werden. Dies hat auch Auswirkungen auf die Erhebung von Emotionsdaten bzw. körperbezogenen Parametern, die durch eine engagierte Crowd der Mobilitätsforschung verfügbar gemacht werden können. Auch die Nutzungsfreundlichkeit der Wearables, die günstiger und somit „massentauglicher“ werden, und automatisiertes Feedback für die Nutzer*innen werden weiter zunehmen. Die Verknüpfung mit Apps wie Strava ist in Zukunft ebenso denkbar. Strava ermöglicht Nutzer*innen, ihre Wege z. B. mit dem Fahrrad zu

tracken und einem sozialen Netzwerk zur Verfügung zu stellen. Diese App wird auch häufig für Alltagsfahrten eingesetzt (Francke 2016). Eine Verknüpfung solcher Apps bzw. der GPS-Daten daraus mit den Wearables zur Erhebung von Stressdaten, oder auch anderen physiologischen Daten, ist daher denkbar.

Die Sensorentechnologie hat Fortschritte gemacht und wird sich weiter verbessern, die Anwendungsgebiete im Consumerbereich nehmen zu und diese Tendenz wird sich auch fortsetzen. Auch hinsichtlich der Sensorik wird sich viel tun, wie kleinere, sensiblere Sensoren für die Erkennung von Fluktuationen in der HLF und Technologien zur Emotions- bzw. Stresserkennung über die Erkennung des Gesichtsausdrucks oder die Messung von Kortisol. Kortisol ist als Stresshormon bekannt. Eine Forscher*innengruppe an der Stanford University hat ein Pflaster entwickelt, das direkt auf die Haut geklebt wird und die Kortisolerzeugung einer Person anhand ihrer Schweißproduktion misst (Parlak et al., 2018). Der Anwendungsfall liegt im Gesundheitsbereich, in dem ausgegangen wird, dass Stress zu einem hohen Kortisolspiegel führt und daher als Parameter für die Bestimmung des Stresslevels herangezogen werden kann (Qin et al., 2016). Diese Entwicklung scheint von der aktuellen Mobilitätsforschung weit entfernt und von jeglicher Planungsrealität und -praxis noch weiter entfernt, wäre aber auch eine potenzielle, künftige Herangehensweise, um den Stressspiegel von verschiedenen Verkehrsteilnehmer*innen zu ermitteln.

Es wird jedoch künftig nicht nur um die Wearables an sich, sondern auch um die Anwendungssoftware gehen, die eine schnellere Auswertung und kartenbasierte Visualisierung ermöglicht, was bisher eher als Einzelschritt „händisch“ passiert. Da der Markt bzw. die Zahlungsbereitschaft noch begrenzt ist, bleibt weitestgehend offen, wann und ob es solche Anwendungen geben wird.

In diesem Zusammenhang spielen auch Ubiquitous Computing und Echtzeitdaten eine wesentliche Rolle. In der aktuellen Forschung zur Humansensorik werden Daten gesammelt und innerhalb von ein paar Tagen ausgewertet. Dies erfolgt mittlerweile schneller als vor einigen Jahren, passiert jedoch immer noch nicht in „Echtzeit“. Das ist nicht nur ein Mehraufwand, sondern auch nachteilig, was die Interaktion gegenüber Teilnehmer*innen angeht, da es dadurch möglich wäre, die Ergebnisse direkt zu diskutieren und auch gemeinsam zu validieren. Nutzer*innengenerierte Daten in Echtzeit stellen ganz andere Anforderungen an die Informationsverarbeitung, da verschiedene zeitliche und räumliche Datenarten in das Datenmodell fließen (Resch, 2017).

Die Begriffe des Ubiquitous oder auch Pervasive Computing (siehe Glossar) liegen daher nahe, was die Vernetzung des Alltags durch „intelligente“ Gegenstände wie Sensoren beschreibt, und werden auch bereits im Wearables- und Gesundheitsbereich diskutiert (Shakya, 2020). Bereits im Jahr 1991 formuliert Marc Weisers diese Vision, die sich am besten durch die bekannte – und sehr häufig zitierte – These beschreiben lässt: „The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it“ (Weiser, 1991). Kritikpunkte wie Datenschutz, Persönlichkeitsrechte und die Sorge der Überwachung liegen auf der Hand, werden jedoch im öffentlichen Diskurs nur wenig thematisiert, außer im Kontext der Überwachung des öffentlichen Raumes unter dem Vorwand der Sicherheitsprävention.

7.4.3 Zukunft der Forschung zur Humansensorik

Diese Arbeit ist stark mit Forschungsprojekten verknüpft und konnte wesentliche Erkenntnisse daraus ziehen, die hinsichtlich der Humansensorik Forscher*innen als Ausgangspunkt ihrer künftigen Vorhaben dienen kann. Vielleicht ist sie auch ein Anstoß für künftige Forschung, welche an den identifizierten Lücken weiter ansetzt. In der Forschung – insbesondere in Österreich – hängen Forschungstätigkeiten auch immer von den Fördermöglichkeiten und den jeweiligen Ausschreibungen mit ihrer jeweiligen Schwerpunktsetzung ab. Aktuell ist ein starker Trend hin zu einer industrie- und umsetzungsorientierten Forschung zu erkennen und weniger die Erforschung von

Grundlagen, auf die in Folge aufgebaut werden kann und die nach wie vor so wichtig für die Humansensorik wäre. Gemäß der Wahrnehmung mancher befragten Expert*innen gäbe es da noch viele offene Fragen und der „Sprung“ in eine Industrie- bzw. Marktreife ist noch weit weg, da es sich nach wie vor um eine Nische mit fokussierten, planerischen Anwendungsfällen und geringer Zahlungsbereitschaft bzw. -spielraum handelt. Es bleibt die Frage, ob in Zukunft die Gefahr besteht, die nach wie vor in der Humansensorik notwendige Grundlagenforschung zu überspringen und gleich in die umsetzungsorientierte Forschung überzugehen. Je nach Förderrahmen und -zielen könnten wesentliche Erkenntnisse (z. B. Auswirkungen der Stressmomente auf langfristiges Verhalten, individuelle Bewertung von Stress) dabei dann keine Berücksichtigung finden oder „auf der Strecke“ bleiben.

7.4.4 Bedeutung öffentlicher Räume und des Klimawandels für Humansensorik

Die Bedeutung öffentlicher Räume wird vor allem in städtischen Gebieten vor dem Hintergrund von Urbanisierung und veränderter Nutzungsansprüche weiter zunehmen. Auch hinsichtlich der Mobilität ist eine Verbesserung hin zu aktiven Mobilitätsformen anzumerken. So forcieren z. B. die Stadt Wien und auch andere europäische Städte Begegnungs- und Fußgängerzonen, was insbesondere in der COVID-Krise an Dynamik gewann (Zukunftsinstitut, 2022a). Damit werden diejenigen, die in ihren „schützenden“ Pkws sitzen, in den Hintergrund treten und Passant*innen und Radfahrer*innen im öffentlichen Raum präsenter. Gleichzeitig wirken Einflüsse von außen direkter auf sie ein: Emissionen, Hitze und Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmer*innen haben für sie eine wesentlich größere Bedeutung als für Pkw-Fahrer*innen. Besonders der Klimawandel wird den Hitzestress durch immer heißere Sommertage und andere umweltbedingte Stressoren verstärken. In stark versiegelten städtischen Strukturen mit wenig Begrünung werden auch zunehmend Hitzeinseln entstehen, die sich nicht nur auf das körperliche, sondern auch auf das mentale Wohlbefinden negativ auswirken werden. „Der Klimawandel ist ein chronischer Umweltstressor, der kontinuierlich vorhanden ist, jedoch in seinen Auswirkungen, die oft als (lebens-)gefährlich wahrgenommen werden, nur schwer vorhersehbar und abschätzbar“ (Reser et al., 2011, zitiert nach Bunz & Mücke, 2017). Dabei sind besonders Fußgänger*innen und Radfahrer*innen betroffen, die den starken Temperaturen direkt ausgesetzt sind. In der Forschung wird meistens mit Temperaturmessungen, Modellberechnungen und Befragungen von verschiedenen sozio-demographischen Gruppen gearbeitet, um den Bedarf für stadtplanerische Maßnahmen abzuleiten (Kirschbaum et al., 2020; Matzarakis & Fröhlich, 2020; Sandholz & Sett, 2020). Die zunehmende Hitzebelastung des Individuums ist nach wie vor eher ein abstraktes Problem und wird in den Medien meist nur mit der Gefahr für ältere Menschen in den Diskurs gebracht. Es wird sich auch zeigen, ob und wie die Forschungsrichtung des Neurourbanismus (vgl. Kapitel 2.2.3) die Thematik der städtischen Stressoren in Zusammenhang mit Mobilität, Hitze und Klimawandel aufgreift. Humansensorik kann dabei auch eine Möglichkeit darstellen, die Wirkung des Klimawandels auf den Körper messbar und dadurch auch greifbarer zu machen. Ergänzt durch andere sensorbasierte Erhebungen, könnten die Daten Aufschluss über das Wohlbefinden im Kontext von Lebensqualität bieten, die häufig nur über eine subjektive Wahrnehmung der einzelnen Person beurteilt wird.

Literaturverzeichnis

- Abecker, A., Kazakos, W., De, J., Borges, M., & Zacharias, V. (2012). Beiträge zu einer Technologie für Anwendungen des Participatory Sensing. In J. Strobl, T. Blaschke, & G. Griesebner (Eds.), *Angewandte Geoinformatik 2012* (S. 240–249). Wichmann Verlag.
- Achatz, P. (2021). Transformation öffentlicher urbaner Räume als Prozess-Fallstudien von Verkehrsversuchen aus der Planungspraxis [Diplomarbeit, Forschungsbereich Verkehrssystemplanung (MOVE)]. <https://repositum.tuwien.at/bitstream/20.500.12708/17300/1/Achatz%20Paul%20-%202021%20-%20Transformation%20oeffentlicher%20urbaner%20Raume%20als%20Prozess%20-...pdf> (Stand: 02.01.2023)
- Adli, M., Berger, M., Brakemeier, E. L., Engel, L., Fingerhut, J., Gomez-Carrillo, A., Hehl, R., Heinz, A., Mayer, J., Mehran, N., Tolaas, S., Walter, H., Weiland, U., & Stollmann, J. (2017). Neourbanism: towards a new discipline. In *The Lancet Psychiatry* (Vol. 4, Issue 3, S. 183–185). Elsevier Ltd. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(16\)30371-6](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(16)30371-6).
- Adli, M., & Schöndorf, J. (2020). Leitthema: Macht uns die Stadt krank? Wirkung von Stadtstress auf Emotionen, Verhalten und psychische Gesundheit. *Bundesgesundheitsblatt, 63* (Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz), 979–986. <https://doi.org/10.1007/s00103-020-03185-w>.
- Andreassi, J. L. (2007). Psychophysiology: Human behavior and physiological response. In *Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response* (Vol. 5). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9780203880340/PSYCHOPHYSIOLOGY-JOHN-ANDREASSI>.
- Appelhans, B. M., & Luecken, L. J. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. In *Review of General Psychology* (Vol. 10, Issue 3, S. 229–240). <https://doi.org/10.1037/1089-2680.10.3.229>.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., & Weiber, R. (2016). *Multivariate Analysemethoden*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-46076-4>.
- Bartlett, D. (1998). *Stress: Perspectives and processes*. Open University Press.
- Baumann, J., & DeSteno, D. (2012). Context explains divergent effects of anger on risk taking. *Emotion, 12*(6), 1196–1199. <https://doi.org/10.1037/a0029788>.
- Beckmann, D., Großmann, K., Janke, W., Kerekjarto, M. v., & Steingrüber, H.-J. (1976). *Medizinische Psychologie: Basistexte Medizin* (M. v. Kerekjarto, Ed.). Springer Verlag.
- Beckmann, K. J. (2021). Partizipative Methoden in der (Stadt-)Verkehrsplanung. In *Stadtverkehrsplanung Band 2* (S. 449–471). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59695-1_13
- Beisswingert, B. M., Zhang, K., Goetz, T., Fang, P., & Fischbacher, U. (2015). The effects of subjective loss of control on risk-taking behavior: The mediating role of anger. *Frontiers in Psychology, 6*, 774. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00774>
- Bendel, O. (2022). *Gabler Wirtschaftslexikon*. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/wearables-54088> (Stand: 14.01.2023)
- Benita, F., & Tunçer, B. (2019). Exploring the effect of urban features and immediate environment on body responses. *Urban Forestry & Urban Greening, 43*. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2019.126365>
- Berchtold, M. (2016). *Sich ein Bild machen – Die Rolle von GIS als werkzeug bei Aufgaben in Räumen mit unklarer Problemlage* [Dissertation]. Karlsruher Institut für Technologie.
- Berchtold-Sedooka, A., Moddy, Z., & Camponovi, S. R. (2021). Die Mehrdimensionalität des Schulweges. *Bündner Schulblatt, 2*. https://www.legr.ch/fileadmin/user_upload_legr/Dateien_Schulblatt/Schulblatt_2021/Schulblatt_2_2021_web.pdf (Stand: 18.01.2023)
- Berger, M., Bergmann, U., Dalhammer, E., Kovacic, G., & Novak, S. (2011). *Maßnahmen und Schritte*

- für den Einsatz innovativer Planungswerkzeuge in der Raum- und Verkehrsplanung. Berger, M., & Dörrzapf, L. (2018). Sensing comfort in bicycling in addition to travel data. *Transportation Research Procedia*, 32, 524–534. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.10.034>
- Bergner, B., Zeile, P., Papastefanou, G., & Rech, W. (2011). Emotionales Barriere-GIS als neues Instrument zur Identifikation und Optimierung stadträumlicher Barrieren. In J. Strobl, T. Blaschke, & G. Griesebner (Eds.), *Angewandte Geoinformatik* (S. 430–439). Wichmann Verlag. https://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/AGIT_2011/537508010.pdf (Stand: 11.11.2022)
- Biagetti, G., Crippa, P., Falaschetti, L., Tanoni, G., & Turchetti, C. (2018). A comparative study of machine learning algorithms for physiological signal classification. *Procedia Computer Science*, 126, 1977–1984. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.255>
- Bigazzi, A., Ausri, F., Peddie, L., Fitch, D., & Puterman, E. (2022). Physiological markers of traffic-related stress during active travel. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 84, 223–238. <https://doi.org/10.1016/J.TRF.2021.12.003>
- Birenboim, A., Dijst, M., Scheepers, F. E., Poelman, M. P., & Helbich, M. (2019). Wearables and Location Tracking Technologies for Mental-State Sensing in Outdoor Environments. *Professional Geographer*, 71(3), 449–461. <https://doi.org/10.1080/00330124.2018.1547978>
- BMLFUW, & BMVIT. (2015). Masterplan Gehen – Strategie zur Förderung des FußgängerInnenverkehrs in Österreich (BMLFUW & BMVIT, Eds.).
- Böcker, L., Dijst, M., & Faber, J. (2016). Weather, transport mode choices and emotional travel experiences. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 360–373. <https://doi.org/10.1016/J.TRA.2016.09.021>
- Bogner, A., Littig, B., & Menz, W. (2014). Wer ist ein Experte? Wissenssoziologische Grundlagen des ExpertInneninterviews. In R. Bohnsack, U. Flick, C. Lüders, & J. Reichertz (Eds.), *Interviews mit Experten*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19416-5>
- Borchardt, A., & Gäthlich, S. E. (2007). Erkenntnisgewinnung durch Fallstudien. In S. Albers, D. Klapper, U. Konradt, Walter A, & J. Wolf (Eds.), *Methodik der empirischen Forschung*. Gabler.
- Boucsein, W., Fowles, D. C., Grimnes, S., Ben-Shakhar, G., Roth, W. T., Dawson, M. E., & Filion, D. L. (2012). Publication recommendations for electrodermal measurements. *Psychophysiology*, 49(8), 1017–1034. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01384.x>
- Boudewyns, P. A. (1976). A comparison of the effects of stress vs. relaxation instruction on the finger temperature response. *Behavior Therapy*, 7(1), 54–67. [https://doi.org/10.1016/S0005-7894\(76\)80219-5](https://doi.org/10.1016/S0005-7894(76)80219-5)
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring Emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49–59.
- Brandl, A. (2013). Die sinnliche Wahrnehmung von Stadtraum – Städtebautheoretische Überlegungen [Dissertation]. ETH Zürich.
- Breitfuss, A., Dangschat, J. S., Gruber, S., Gsöttner, S., & Witthöft, G. (2006). Integration im öffentlichen Raum (Werkstattbericht, Nr. 82).
- Brozca, U., Dörrzapf, L., Miksch, J., Resch, B., & Zeile, P. (2020). Walk & Feel: Ergebnisse aus der Feldstudie, Methodenbewertung und Empfehlungen.
- Bucksch, J., & Schneider, S. (2014). *Walkability – Das Handbuch zur Bewegungsförderung in der Kommune* (J. Bucksch & S. Schneider, Eds.; 1st ed.). Verlag Hans Huber.
- Buehler, R. (2011). Determinants of transport mode choice: a comparison of Germany and the USA. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 644–657. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.07.005>
- Bunz, M., & Mücke, H. G. (2017). Climate change – physical and mental consequences. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 60(6), 632–639. <https://doi.org/10.1007/S00103-017-2548-3/FIGURES/1>

- Burckhardt, L. (2006). Warum ist Landschaft schön? Die Spaziergangswissenschaft (Markus Ritter & Martin Schmitz, Eds.).
- Cacioppo, J. T., Berntson, G., & Klein, D. J. (1998). Psychophysiology of emotion across the lifespan. *Annual Review of Gerontology and Geriatrics*, 17.
- Cannon, W. B. (1975). Wut, Hunger, Angst und Schmerz: eine Physiologie der Emotionen. Urban & Schwarzenberg.
- Carmona, M. (2019). Principles for public space design, planning to do better. *Urban Design International*, 24(1), 47–59. <https://doi.org/10.1057/S41289-018-0070-3/FIGURES/24>
- Carretié, L., Tapia, M., López-Martín, S., & Albert, J. (2019). EmoMadrid: An emotional pictures database for affect research. *Motivation and Emotion*, 43, 929–939. <https://doi.org/10.1007/s11031-019-09780-y>
- Caves, R. W. (2005). *Encyclopedia of the city*. Routledge.
- Caviedes, A., & Figliozzi, M. (2018). Modeling the impact of traffic conditions and bicycle facilities on cyclists' on-road stress levels. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 488–499. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.032>
- Charles, S. T., & Leger, K. A. (2016). Age and Emotion. In *Encyclopedia of Mental Health: Second Edition* (pp. 29–32). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397045-9.00104-X>
- Chen, Z., Schulz, S., He, X., & Chen, Y. (2016). A pilot experiment on affective multiple biosensory mapping for possible application to visual resource analysis and smart urban landscape design. In M. Schrenk, V. v. Popovich, P. Zeile, P. Elisei, & C. Beyer (Eds.), *REAL CORP 2016 – SMART ME UP! How to become and how to stay a Smart City, and does this improve quality of life? Proceedings of 21st International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society. CORP – Competence Center of Urban and Regional Planning*.
- Citizen Science Projekte – Österreich forscht. (2022). <https://www.citizen-science.at/> (Stand: 02.01.2023)
- Cooper, C. L., & Dewe, P. (2008). Stress: A Brief History. In *Stress: A Brief History*. Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9780470774755>
- Cordin, C., & Hackenfort, M. (2021). Unfälle von Kindern auf dem Schulweg: Literaturgestützte Empfehlungen für Kampagnen, Forschungsbericht verfügbar unter: https://www.fvs.ch/fileadmin/webmaster/FINAL_Cordin_Hackenfort_-_2021_-_Grundlagen_fuer_Schulwegkampagnen__FINAL.pdf (Stand: 12.01.2023)
- Cullen, G. (1961). *Concise Townscape*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780080502816> (Stand: 02.01.2023)
- Dangschat, J. S., Frey, O., & Hamedinger, A. (2008). Strategieorientierte Planung im kooperativen Staat. In *Strategieorientierte Planung im kooperativen Staat* (S. 352–367). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90804-5_21
- Deffner, J. (2018). Fuß- und Radverkehr. In O. Schwedes (Ed.), *Verkehrspolitik: Eine interdisziplinäre Einführung* (S. 415–444). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21601-6_19
- de Vos, J., & El-Geneidy, A. (2021). What is a good transport review paper? *Transport Reviews*, 42(1), 1–5. <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.2001996>
- de Vos, J., Schwanen, T., van Acker, V., & Witlox, F. (2013). Travel and Subjective Well-Being: A Focus on Findings, Methods and Future Research Needs. *Transport Reviews*, 33(4), 421–442. <https://doi.org/10.1080/01441647.2013.815665>
- de Vos, J., Schwanen, T., van Acker, V., & Witlox, F. (2015). How satisfying is the Scale for Travel Satisfaction? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 29, 121–130. <https://doi.org/10.1016/J.TRF.2015.01.007>
- Diller, C., & Thaler, T. (2016). Zum Gap zwischen theoriebasierter Planungsforschung und Planungspraxis. Eine Betrachtung weiter Teile des deutschsprachigen planungswissenschaftlichen Outputs seit 2003. *Raumforschung Und Raumordnung*, 75. <https://doi.org/10.1007/s13147-016-0431-6>

- Döring, N., & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. In *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- Dörrzapf, L., Kovács-Györi, A., Resch, B., & Zeile, P. (2019). Defining and assessing walkability: a concept for an integrated approach using surveys, biosensors and geospatial analysis. *Urban Development Issues*, 62(1), 5–15. <https://doi.org/10.2478/udi-2019-0008>
- Dörrzapf, L., Zeile, P., Sagl, G., Sudmanns, M., Summa, A., & Resch, B. (2015). Urban Emotions – Eine interdisziplinäre Schnittstelle zwischen Geoinformatik und räumlicher Planung. *GIS.Science – Die Zeitschrift für Geoinformatik*, 1, 11–19.
- Downs, R. M., & Stea, D. (1982). *Kognitive Karten. Die Welt in unseren Köpfen*. Harper & Row.
- Downs, R. M., & Stea, D. (2011). Cognitive Maps and Spatial Behaviour: Process and Products. In *The Map Reader* (S. 312–317). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470979587.ch41>
- Dresing, T., & Pehl, T. (2018). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitung und Regelsysteme für qualitativ Forschende* (8th ed.). Eigenverlag.
- Dritsa, D., & Bioria, N. (2021). Mapping the urban environment using real-time physiological monitoring. *Archnet-IJAR*, 15(3), 467–486. <https://doi.org/10.1108/ARCH-02-2021-0041/FULL/XML>
- Eckardt, F. (2013). Die Emotionalisierung der Stadt. In K. Harm & J. Aderhold (Eds.), *Die subjektive Seite der Stadt* (S. 37–57). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18806-5_2
- Eckardt, F. (2014). *Stadtforschung: Gegenstand und Methoden*. Springer VS.
- Ettema, D. F., & Smajic, I. (2015). Walking, places and wellbeing. *The Geographical Journal*, 181, 102–109.
- Ettema, D., Gärling, T., Eriksson, L., Friman, M., Olsson, L. E., & Fujii, S. (2011). Satisfaction with travel and subjective well-being: Development and test of a measurement tool. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(3), 167–175. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2010.11.002>
- Ewing, R., & Handy, S. (2009). Measuring the Unmeasurable: Urban Design Qualities Related to Walkability. *Journal of Urban Design*, 14(1), 65–84. <https://doi.org/10.1080/13574800802451155>
- Exner, J.-P., Bergner, B., & Zeile, P. (2012). Humansensorik in der räumlichen Planung. In J. Strobl, T. Blaschke, & G. Griesebner (Eds.), *Angewandte Geoinformatik* (S. 690–699). Wichmann Verlag.
- Fahr, A., & Hofer, M. (2013). Psychophysiologische Messmethoden. In *Handbuch standardisierte Erhebungsverfahren in der Kommunikationswissenschaft* (S. 347–365). https://doi.org/10.1007/978-3-531-18776-1_19
- Faller, H. (2006). Entstehung und Verlauf von Krankheit. In H. Faller & H. Lang (Eds.), *Medizinische Psychologie und Soziologie* (S. 99–198). https://doi.org/10.1007/978-3-662-46615-5_4
- Fathullah, A., & Willis, K. (2018). Engaging the Senses: The Potential of Emotional Data for Participation in Urban Planning. *Urban Science*, 2(4), 98. <https://doi.org/10.3390/urbansci2040098>
- Fernández-Abascal, E. G., Guerra, P., Martínez, F., Domínguez, F. J., Muñoz, M. Á., Egea, D. A., Martín, M. D., Mata, J. L., Rodríguez, S., & Vila, J. (2008). The International Affective Digitized Sounds (IADS): Spanish norms. *Psicothema*, 20(1), 104–113. <https://europepmc.org/article/med/18206072> (Stand: 23.11.2022)
- Fischer, M., Gras, P., Löwa, S., & Schuhart, S. (2021). Urban Data Platform Hamburg: Integration von Echtzeit IoT-Daten mittels SensorThings API. *ZfV – Zeitschrift Für Geodäsie, Geoinformation Und Landmanagement*, 1/2021, 47–56. <https://doi.org/10.12902/ZFV-0330-2020>
- Flade, A. (2000). Emotionale Aspekte räumlicher Mobilität. *Umweltpsychologie*, Heft 1, 50–63.
- Flade, A. (2015). Die Stadt aus psychologischer Perspektive. In A. Flade (Ed.), *Stadt und Gesellschaft im Fokus aktueller Stadtforschung* (S. 211–257). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-07384-8_7
- Flade, A., & Wullkopf, U. (2002). Förderung des Umweltverbunds: Theorien und Modelle zur Verkehrsmittelwahl

(07/02). Bericht verfügbar unter:

https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/verkehr/2002_IWU_FladeEtWullkopf_F%C3%B6rderung-des-Umweltverbands-Theorien-und-Modelle-zur-Verkehrsmittelwahl.pdf (Stand: 02.01.2023)

- Förster, A. (2014). Planungsprozesse wirkungsvoller gestalten [Dissertation]. Technische Universität München.
- Francke, A., & Lißner, S. (2017). Big Data im Radverkehr – Ein anwendungsorientierter Leitfaden zur Nutzung von smartphone-generierten Radverkehrsdaten.
- Fraunhofer IAO. (2022). Emotion Sensing für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort – Fraunhofer IAO. <https://www.iao.fraunhofer.de/de/veranstaltungen/2022/emotion-sensing-fuer-e-fahrradsicherheit-und-mobilitaetskomfort.html> (Stand: 12.02.2023)
- Friman, M., Gärling, T., Ettema, D., & Olsson, L. E. (2017). How does travel affect emotional well-being and life satisfaction? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 106, 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.09.024>
- Friman, M., Olsson, L. E., Ståhl, M., Ettema, D., & Gärling, T. (2017). Travel and residual emotional well-being. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 49, 159–176. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.06.015>
- Gärling, T. (2019). Travel-related feelings: review, theoretical framework, and numerical experiments. *Transportation Letters*, 11(1), 54–62. <https://doi.org/10.1080/19427867.2017.1300399>
- Gehl, J. (2011). *Life between buildings: Using public space*. Island Press.
- Gehl, J. (2016). *Städte für Menschen*. jovis.
- Gehl, J., & Svarre, B. (2016). *Leben in Städten: Wie man den öffentlichen Raum untersucht*. Birkhäuser Verlag GmbH.
- Gerrig, R. J., & Zimbardo, P. G. (2008). *Psychologie*. Pearson Studium (Verlag).
- Gertz, C. (2021). Verkehrsplanung. In C. Gertz (Ed.), *Verkehrsplanung, Bau und Betrieb von Verkehrsanlagen* (Vol. 3, S. 1–21). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29500-4_63
- Gertz, C., & Holz-Rau, C. (2020). Ziele, Strategien und Maßnahmen einer integrierten Verkehrsplanung – Planungsverständnis des Arbeitskreises. In U. Reutter, C. Holz-Rau, J. Albrecht, & M. Hülz (Eds.), *Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels*. Forschungsberichte der ARL 14. ARL – Akademie für Raumentwicklung.
- GEWISS. (2016). *Grünbuch Citizen Science Strategie 2020 für Deutschland*. www.buergerschaffenwissen.de (Stand: 13.12.2022)
- Ge, Y., Zhang, Q., Zhao, W., Zhang, K., & Qu, W. (2017). Effects of trait anger, driving anger, and driving experience on dangerous driving behavior: A moderated mediation analysis. *Aggressive Behavior*, 43(6), 544–552. <https://doi.org/10.1002/ab.21712>
- Goldstein, D. (2016). How a high 'walk score' boosts your home's value – Market Watch. <https://www.marketwatch.com/story/how-walk-score-boosts-your-homes-value-2016-08-11> (Stand: 22.03.2022)
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- Goschke, T., & Dreisbach, G. (2011). Kognitiv-affektive Neurowissenschaft: Emotionale Modulation des Denkens, Erinnerns und Handelns. In U. Wittchen & J. Hoyer (Ed.), *Klinische Psychologie und Psychotherapie*. Springer.
- Graumann, C. F. (1990). Ansätze zu einer Psychologie der Großstadt. In *Möglichkeiten der Analyse von natürlichen und kulturellen Regelsystemen und ihren Verknüpfungen im städtischen Lebensraum* (S. 64–75).
- Groß, D., & Zeile, P. (2016). EmoCyclingConcept -- Potenziale der emotionalen Stadtkartierung. In J. Strobl, B. Zigel, G. Griesebner, & T. Blaschke (Eds.), *AGIT* (S. 273–278). Wichmann Verlag.

<https://doi.org/10.14627/537622040>

- Gruber, M., Kanonier, A., Pohn, -Weidinger, Simon, & Schindelegger, A. (2018). Raumordnung in Österreich und Bezüge zur Raumentwicklung und Regionalpolitik. Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK), 202.
- Haklay, M. (Muki), Mazumdar, S., & Wardlaw, J. (2018). Citizen Science for Observing and Understanding the Earth. *Earth Observation Open Science and Innovation*, 69–88. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65633-5_4
- Hammerl, M., Grabitz, H.-J., & Gniech, G. (1993). Die kognitiv-physiologische Theorie der Emotion von Schachter. In *Theorien der Sozialpsychologie* (Bd. 1): Kognitive Theorien (2. Aufl.) (S. 161–190). https://epub.uni-regensburg.de/26604/1/ubr13205_ocr.pdf (Stand: 09.08.2022)
- Helfferich, C. (2019). Leitfaden- und Experteninterviews. *Handbuch Methoden Der Empirischen Sozialforschung*, 669–686. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_44
- Hennessy, D. A. (2008). The impact of commuter stress on workplace aggression. *Journal of Applied Social Psychology*, 38(9), 2315–2335. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2008.00393.x>
- Henrich, J., Heine, S. J., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world? In *Behavioral and Brain Sciences* (Vol. 33, Issues 2–3, S. 61–83). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S0140525X0999152X>
- Herbert, C. (2019). Zum Zusammenhang von Sprache, Emotion und Körperlichkeit aus Sicht von Psychologie und Neurowissenschaft. In H. Kappelhoff, J.-H. Bakels, H. Lehmann, & C. Schmitt (Eds.), *Emotionen – ein interdisziplinäres Handbuch* (S. 272–281). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-476-05353-4>
- Hernando, D., Roca, S., Sancho, J., Alesanco, Á., & Bailón, R. (2018). Validation of the Apple Watch for Heart Rate Variability Measurements during Relax and Mental Stress in Healthy Subjects. *Sensors*, 18(8), 2619. <https://doi.org/10.3390/s18082619>
- Hess, U. (2018). *Allgemeine Psychologie II – Motivation und Emotion* (Grundrisse). Kohlhammer Taschenbücher.
- Howe, J. (2009). Crowdsourcing: Why the power of the crowd is driving the future of business. 311.
- Hurlburt, R. T., & Akhter, S. A. (2006). The Descriptive Experience Sampling method. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 5(3–4), 271–301. <https://doi.org/10.1007/s11097-006-9024-0>
- Interdisciplinary Forum Neurourbanism. (2021). Preamble. <https://neurourbanistik.de/en/charta-of-neurourbanism/preamble/> (Stand: 02.02.2022)
- Jacobs, J. (2014). *Tod und Leben großer amerikanischer Städte* (P. Neitzke, Ed.; 3. Auflage). Birkhäuser Verlag GmbH.
- Jaeger-Erben, M., & Matthies, E. (2018). Gutes Leben in der Stadt Ein umweltpsychologischer Beitrag zum Verstehen und Erfassen urbaner Lebensqualität. In A. Jüttemann (Ed.), *Stadtpsychologie* (S. 81–96). Pabst Science Publisher.
- Jeremias, P., Reichel, S., Mechurova, K., Resch, B., & Dörrzapf, L. (2021). Endbericht „Humansensorische Erhebung zu Stressempfinden von Kindern am Schulweg“.
- Jüttemann, A. (2018). *Stadtpsychologie – Handbuch als Planungsgrundlage*. Pabst Science Publishers
- Kaiser, R. (2021). *Qualitative Experteninterviews: Vol. 2. Auflage* (H. Aden, S. Blum, H. Hegemann, A. Schneiker, & S. T. Siefken, Eds.; *Elemente der Politik*). Springer VS.
- Kamišalić, A., Fister, I., Turkanović, M., & Karakatić, S. (2018). Sensors and functionalities of non-invasive wrist-wearable devices: A review. *Sensors (Switzerland)*, 18(6), 1714. <https://doi.org/10.3390/s18061714>
- Kanjo, E., Al-Husain, L., & Chamberlain, A. (2015). Emotions in context: examining pervasive affective sensing systems, applications, and analyses. *Personal and Ubiquitous Computing*, 19(7), 1197–1212. <https://doi.org/10.1007/s00779-015-0842-3>

- Kanjo, E., Younis, E. M. G., & Ang, C. S. (2019). Deep learning analysis of mobile physiological, environmental and location sensor data for emotion detection. *Information Fusion*, 49, 46–56. <https://doi.org/10.1016/J.INFFUS.2018.09.001>
- Kanjo, E., Younis, E. M. G., & Sherkat, N. (2018). Towards unravelling the relationship between on-body, environmental and emotion data using sensor information fusion approach. *Information Fusion*, 40, 18–31. <https://doi.org/10.1016/J.INFFUS.2017.05.005>
- Kellstedt, D. K., Spengler, J. O., Foster, M., Lee, C., & Maddock, J. E. (2021). A Scoping Review of Bikeability Assessment Methods. *Journal of Community Health*, 46(1), 211–224. <https://doi.org/10.1007/S10900-020-00846-4/TABLES/6>
- Kiesel, A., & Spada, H. (2018). *Lehrbuch Allgemeine Psychologie* (4. Aufl.). Hogrefe Verlag.
- Kilfoyle, M., & Birch, H. (2014). Placing citizens at the heart of citizen science | Scienc. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/science/political-science/2014/jan/06/placing-citizens-at-the-heart-of-citizen-science> (Stand: 17.04.2020)
- Kim, J., Yadav, M., Chaspari, T., & Ahn, C. R. (2020). Saliency detection analysis of collective physiological responses of pedestrians to evaluate neighborhood built environments. *Advanced Engineering Informatics*, 43, 101035. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101035>
- Kirschbaum, B., Sieker, H., Steyer, R., Büter, B., Lessmann, D., von Tils, R., Becker, C., & Hübner, S. (2020). Maßnahmen zur Hitzestress-Reduzierung anhand Verdunstungsabkühlung. In J. L. Lozán, S.-W. Breckle, H. Grassl, W. Kuttler, & A. Matzarakis (Eds.), *Warnsignal Klima: Die Städte*. <https://doi.org/10.2312/warnsignal-klima.die-staedte.33>
- Klausnitzer, R. (2013). *Das Ende des Zufalls: Wie Big Data uns und unser Leben vorhersagbar macht* (1. Edition). Ecowin Verlag.
- Kleinginna, P. R., & Kleinginna, A. M. (1981). A categorized list of emotion definitions, with suggestions for a consensual definition. *Motivation and Emotion*, 5(4), 345–379. <https://doi.org/10.1007/BF00992553>
- Koschitz, P., & Arras, H. E. (1990). Kommunikation in der Raumplanung: ein alter Hut? <http://Dx.Doi.Org/10.1080/02513625.1990.10708684>, 26(103), 35–40.
- 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. <https://doi.org/10.1177/1556264618759877>
- Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological Psychology*, 84(3), 394–421. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.03.010>
- Krenn, P. J., Oja, P., & Titze, S. (2015). Development of a Bikeability Index to Assess the Bicycle-Friendliness of Urban Environments. *Open Journal of Civil Engineering*, 05(04), 451–459. <https://doi.org/10.4236/OJCE.2015.54045>
- Kruse, C., Hausigke, S., & Schwedes, O. (2020). Qualitative Methoden zur Erfassung individueller Mobilitätsbedarfe in der Verkehrsplanung (S. 221–240). Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31413-2_13
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Vol. 4. Auflage*. Beltz Juventa.
- Kyriakou, K., Resch, B., Sagl, G., Petutschnig, A., Werner, C., Niederseer, D., Liedgruber, M., Wilhelm, F., Osborne, T., & Pykett, J. (2019). Detecting Moments of Stress from Measurements of Wearable Physiological Sensors. *Sensors*, 19(17), 3805. <https://doi.org/10.3390/s19173805>
- Lajeunesse, S., Ryus, P., Kumfer, W., Kothuri, S., & Nordback, K. (2021). Measuring Pedestrian Level of Stress in Urban Environments: Naturalistic Walking Pilot Study: <https://doi.org/10.1177/03611981211010183>, 2675(10), 109–119. <https://doi.org/10.1177/03611981211010183>
- Lang, S. J., Bradley, M. M., Cuthbert, &, Greenwald, M., Dhman, A., Vaid, D., Hamm, A., Cook, E., Bertron, A., Petry, M., Bruner, R., Mcmanis, M., Zabaldo, D., Martinet, S., Cuthbert, S., Ray, D., Koller, K., Kolchakian, M., & Hayden, S. (1997). *International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual*

and Affective Ratings. <https://www2.unifesp.br/dpsicobio/adap/instructions.pdf> (Stand: 02.01.2023)

- Lazarus, R. S. (1999). Stress and Emotion – A new synthesis. In *Risk Management* 3. Springer. <https://doi.org/10.1057/palgrave.rm.8240089>
- Lazarus, R. S., & Cohen, J. B. (1977). Environmental Stress. In *Human Behavior and Environment* (S. 89–127). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-0808-9_3
- Lederbogen, F., Kirsch, P., Haddad, L., Streit, F., Tost, H., Schuch, P., Wüst, S., Pruessner, J. C., Rietschel, M., Deuschle, M., & Meyer-Lindenberg, A. (2011). City living and urban upbringing affect neural social stress processing in humans. *Nature* 2011 474:7352, 474(7352), 498–501. <https://doi.org/10.1038/nature10190>
- Lench, H. C. (2011). Personality and Health Outcomes: Making Positive Expectations a Reality. *Journal of Happiness Studies*, 12(3), 493–507. <https://doi.org/10.1007/s10902-010-9212-z>
- Lendi, M. (2013). Der Ethik „Raum“ gewähren. In Gastvorlesung an der TU Wien.
- Levin-Keitel, M., & Sondermann, Martin. (2017). Räumliches Planen in Wissenschaft und Praxis – von „Mind the Gap“ zu „Finding Gaps“. *Raumforschung Und Raumordnung – Spatial Research and Planning* 2017 75:1, 75(1), 1–5. <https://doi.org/10.1007/S13147-016-0473-9>
- Lim, T., Kalra, A., Thompson, J., Odgers, J. C., & Beck, B. (2021). Measuring Bicyclists' Subjective Experiences Through Physiological Measurements: A Scoping Review. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3979408>
- Liu, F., & Figliozzi, M. A. (2016). Utilizing Egocentric Video and Sensors to Conduct Utilizing Egocentric Video and Sensors to Conduct Naturalistic Bicycling Studies Naturalistic Bicycling Studies. <https://doi.org/10.15760/trec.154>
- Ludwig, T., & Scholl, S. (2014). Participatory Sensing im Rahmen empirischer Forschung. *Mensch Und Computer 2014 – Tagungsband*, 145–154. <https://doi.org/10.1524/9783110344486.145/HTML>
- Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. MIT PRESS.
- Lynch, K. (1980). *Managing the sense of a region*. MIT Press.
- Mämecke, T. (2021). *Das quantifizierte Selbst. Zur Genealogie des Self-Trackings*. transcript Verlag. <https://doi.org/10.1515/9783839456033>
- Martin, A., Goryakin, Y., & Suhrcke, M. (2014). Does active commuting improve psychological wellbeing? Longitudinal evidence from eighteen waves of the British Household Panel Survey. *Preventive Medicine*, 69, 296–303. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2014.08.023>
- Matzarakis, A., & Fröhlich, D. (2020). Heat in cities-micro climate and adaptation possibilities: A case study from Freiburg. *Public Health Forum*, 28(1), 46–49. <https://doi.org/10.1515/PUBHEF-2019-0121/PDF>
- Mayring, P. (2019). Wohlbefinden aus psychologischer Perspektive. In H. Kappelhoff, J.-H. Bakels, H. Lehmann, & C. Schmitt (Eds.), *Emotionen. Ein interdisziplinäres Handbuch* (S. 139–143). J.B. Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-476-05353-4_19
- Mayring, P. (2020). Qualitative Forschungsdesigns. In G. Mey & K. Mruck (Eds.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. Band 2: Designs und Verfahren* (S. 3–17). Springer, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-26887-9_18
- McManis, M. H., Bradley, M. M., Keith Berg, W., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (2001). Emotional reactions in children: Verbal, physiological, and behavioral responses to affective pictures. *Psychophysiology*, 38(2), 222–231. <https://doi.org/10.1017/S0048577201991140>
- Meehan, M. (2001). *Physiological Reaction as an Objective Measure of Presence in Virtual Environments* [Dissertation]. University of North Carolina at Chapel Hill.
- Meenar, M., Flamm, B., & Keenan, K. (2019). Mapping the emotional experience of travel to understand cycle-transit user behavior. *Sustainability (Switzerland)*, 11(17). <https://doi.org/10.3390/SU11174743>
- Mees, U. (2006). Zum Forschungsstand der Emotionspsychologie – eine Skizze. In R. Schützeichel

(Ed.), Emotionen und Sozialtheorie. Disziplinäre Ansätze (S. 104–124). Campus.

- Mekuria, M. C., Furth, P. G., & Nixon, H. (2012). Low-Stress Bicycling and Network Connectivity. MTI Report verfügbar unter: <https://transweb.sjsu.edu/sites/default/files/1005-low-stress-bicycling-network-connectivity.pdf> (Stand: 15.01.2023)
- Mellinger, N. (2022). Stress- und Sicherheitsempfinden – Chancen und Potenziale zur Förderung der Radverkehrssicherheit [Dissertation]. TU Kaiserslautern.
- Meng, B., & Han, H. (2016). Effect of environmental perceptions on bicycle travelers' decision-making process: developing an extended model of goal-directed behavior. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 21(11), 1184–1197. <https://doi.org/10.1080/10941665.2015.1129979>
- Michael, L. (2009). Ereignisbezogene Hautleitfähigkeitsreaktionen als Indikatoren für Aufmerksamkeitswechsel [Dissertation, Freien Universität Berlin]. <http://dx.doi.org/10.17169/refubium-14417>
- Michel, F., Steffen, D., Bergner, B. S., Exner, J.-P., & Zeile, P. (2013). A new Approach in the Visualization of Georeferenced Sensor Data in Spatial Planning. In M. Schrenk, V. Popovich, P. Zeile, & P. Elisei (Eds.), *Proceedings REAL CORP 2013 Tagungsband*.
- Miley, J. (2018). Companies in China Are Monitoring Employees Emotions With AI. <https://interestingengineering.com/companies-in-china-are-monitoring-employees-emotions-with-ai> (Stand: 02.01.2023)
- Milgram, S. (1970). The experience of living in cities. *Science*, 167(3924), 1461–1468. <https://doi.org/10.1126/science.167.3924.1461>
- Mody, R. N., Willis, K. S., & Kerstein, R. (2009). WiMo: Location-based emotion tagging. MUM 2009 – Proceedings of the 8th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia. <https://doi.org/10.1145/1658550.1658564>
- Morris, E. A., & Guerra, E. (2015). Mood and mode: does how we travel affect how we feel? *Transportation*, 42(1), 25–43. <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9521-x>
- Müller, B., Winter, B., Schürkens, A., Herpertz-Dahlmann, B., & Herpertz, S. (2004). Validierung und Normierung von kindgerechten, standardisierten Bildmotiven aus dem International Affective Picture System. *Zeitschrift Für Kinder- Und Jugendpsychiatrie Und Psychotherapie*, 32(4), 235–243. <https://doi.org/10.1024/1422-4917.32.4.235>
- Müller, C. J., & Kuchinke, L. (2019). Lassen sich Emotionen messen? Emotionskonzepte der Physiologie. In H. Kappelhoff, J.-H. Bakels, H. Lehmann, & C. Schmitt (Eds.), *Emotionen. Ein interdisziplinäres Handbuch* (S. 65–72). J.B. Metzler Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-476-05353-4_8
- Nold, C. (2005). Greenwich Emotion Map. <http://www.emotionmap.net/> (Stand: 14.04.2021)
- Nold, C. (2009). Emotional Cartography. *Technologies of the Self. Space Studios*. https://www.researchgate.net/publication/303990245_Emotional_Cartography_Technologies_of_the_Self (Stand: 15.06.2021)
- Novaco, R. W., Stokols, D., Campbell, J., & Stokols, J. (1979). Transportation, Stress, and Community Psychology. *American Journal of Community Psychology*, 7(4), 361–380. <https://doi.org/10.1007/BF00894380>
- Oehl, M., Brandenburg, S., & Huemer, A. K. (2019). Cyclists' anger experiences in traffic: The Cycling Anger Scale. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 62, 564–574. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.02.008>
- Olsson, L. E., Gärling, T., Ettema, D., Friman, M., & Fujii, S. (2013). Happiness and Satisfaction with Work Commute. *Social Indicators Research*, 111(1), 255–263. <https://doi.org/10.1007/s11205-012-0003-2>
- Osborne, T., & Jones, P. I. (2017). Biosensing and geography: A mixed methods approach. *Applied Geography*, 87, 160–169. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.08.006>
- Österreich unterwegs 2013/2014. (2016). Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs 2013/2014“, verfügbar unter: <https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:fbe20298-a4cf-46d9-bbee->

01ad771a7fda/oeu_2013-2014_Ergebnisbericht.pdf, (Stand: 22.07.2022)

Palmberg, R. C. O., Susilo, Y. O., Gidófalvi, G., & Naqavi, F. (2021). Built Environment Characteristics, Daily Travel, and Biometric Readings: Creation of an Experimental Tool Based on a Smartwatch Platform. *Sustainability*, 13(17), 9993. <https://doi.org/10.3390/su13179993>

Papastefanou, G. (2013). Experimentelle Validierung eines Sensor-Armbandes zur mobilen Messung physiologischer Stress-Reaktionen (GESIS-Technical Reports, 2013/07).

Parlak, O., Keene, S. T., Marais, A., Curto, V. F., & Salleo, A. (2018). Molecularly selective nanoporous membrane-based wearable organic electrochemical device for noninvasive cortisol sensing. *Science Advances*, 4.

Peake, J. M., Kerr, G., & Sullivan, J. P. (2018). A critical review of consumer wearables, mobile applications, and equipment for providing biofeedback, monitoring stress, and sleep in physically active populations. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 9, Issue JUN). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00743>

Pollock, K. (1988). On the nature of social stress: Production of a modern mythology. *Social Science & Medicine*, 26(3), 381–392. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(88\)90404-2](https://doi.org/10.1016/0277-9536(88)90404-2)

Portal für statistisches Wissen. (2022). Einführung in die Statistik. https://www.jmp.com/de_de/statistics-knowledge-portal/t-test.html (Stand: 07.01.2023)

Posada-Quintero, H. F., & Chon, K. H. (2020). Innovations in Electrodermal Activity Data Collection and Signal Processing: A Systematic Review. *Sensors*, 20(2), 479. <https://doi.org/10.3390/s20020479>

Qin, D. D., Rizak, J., Feng, X. L., Yang, S. C., Lü, L. B., Pan, L., Yin, Y., & Hu, X. T. (2016). Prolonged secretion of cortisol as a possible mechanism underlying stress and depressive behaviour. *Scientific Reports* 2016 6:1, 6(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/srep30187>

Rambow, R. (2003). Zur Rolle der Psychologie für Architektur und Stadtplanung – didaktische und konzeptionelle Überlegungen. *Umweltpsychologie*, 7(1), 57–68.

Rammert, A. (2021). Öffentliche Mobilität bewerten: Ansprüche an mobilitätsbezogene Mess- und Vergleichsverfahren. In O. Schwedes (Ed.), *Öffentliche Mobilität – Voraussetzungen für eine menschengerechte Verkehrsplanung*. Springer VS.

Rastgoo, M. N., Nakisa, B., Rakotonirainy, A., Chandran, V., & Tjondronegoro, D. (2018). A critical review of proactive detection of driver stress levels based on multimodal measurements. In *ACM Computing Surveys* (Vol. 51, Issue 5). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3186585>

Reddy, S., Mun, M., Burke, J., Estrin, D., Hansen, M., & Srivastava, M. (2010). Using mobile phones to determine transportation modes. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, 6(2). <https://doi.org/10.1145/1689239.1689243>

Reppin, J. (2021). Ankerpunkte, Wegmarken und Herausforderungen einer ethischen Forschung mit Kindern. In Hedderich, I. Reppin, J. & Butschi, C. (Eds.), *Perspektiven auf Vielfalt in der frühen Kindheit. Mit Kindern Diversität erforschen* (2nd ed.). Klinghardt.

Resch, B. (2017). Nutzergenerierte Daten für Entscheidungsunterstützung in naher Echtzeit. *Geoinformationssysteme*, 90–98.

Resch, B., Puetz, I., Bluemke, M., Kyriakou, K., & Miksch, J. (2020). An interdisciplinary mixed-methods approach to analyzing urban spaces: The case of urban walkability and bikeability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 1–20. <https://doi.org/10.3390/IJERPH17196994>

Reser, J. P., Morrissey, S. A., & Ellul, M. (2011). The Threat of Climate Change: Psychological Response, Adaptation, and Impacts. 19–42. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9742-5_2

Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a General Theory of Planning. In *Sciences* (Vol. 4, Issue 2).

Rodrigues, M. R., Rodrigues da Silva, A. N., & Teixeira, I. P. (2022). Assessing the applicability of the cyclists' Level of Traffic Stress (LTS) classification to a medium-sized city in a developing country. *Journal of*

Transport & Health, 24, 101321. <https://doi.org/10.1016/J.JTH.2021.101321>

- Roggendorf, W. S. B. S. F. S. W. S. R. (2011). Methoden der Raumplanung. In K. Borchard, W. Buchner, W. Müller, A. Priebes, D. Scholich, & M. Sinz (Eds.), *Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung* (S. 279–377). ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung.
- Saelens, B. E., Sallis, J. F., Black, J. B., & Chen, D. (2003). Neighborhood-Based Differences in Physical Activity: An Environment Scale Evaluation. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1552–1558. <https://doi.org/10.2105/AJPH.93.9.1552>
- Saitis, C., & Kalimeri, K. (2018). Multimodal Classification of Stressful Environments in Visually Impaired Mobility Using EEG and Peripheral Biosignals. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 12(1), 203–214. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2018.2866865>
- Sandholz, S., & Sett, D. (2020). Erfahrungen und Bedarfe von Akteuren der Stadtplanung im Hinblick auf Vulnerabilität gegenüber Hitzestress Ergebnisse einer Haushalts-Umfrage zum Hitzeempfinden in Bonn, Working Paper, Zures Projekt. verfügbar unter: https://www.bonn.de/medien-global/amt-67/klimaschutz/ZURES_Zusammenfassende_Ergebnisse_der_Haushaltsbefragung.pdf (Stand: 12.10.2023)
- Sauter, D. (2010, June). Measuring Walking, Aktivitäten zur Verbesserung der Fussverkehrs-Statistik auf internationaler Ebene [Tagung]. https://fussverkehr.ch/fileadmin/redaktion/dokumente/fachtagung2010_sauter1.pdf (Stand: 02.05.2021)
- Schandry, R. (1998). *Psychophysiologie – Körperliche Indikatoren psychischen Geschehens*. Psychologie Verlags Union.
- Scheiner, J. (2019). Children's Mobility. State of the Research and Planning Concepts. *Raumforschung Und Raumordnung | Spatial Research and Planning*, 77(5), 441–456. <https://doi.org/10.2478/RARA-2019-0037>
- Schmidt-Atzert, L., Peper, M., & Gerhard, S. (2014). *Emotionspsychologie – Ein Lehrbuch* (M. Hasselhorn, H. Heuer, & S. Schneider, Eds.; 2. Aufl.). Kohlhammer.
- Schönwandt, W. L. (1999). Grundriss einer Planungstheorie der „Dritten Generation“. *DisP – The Planning Review* 35, 25–35. https://doi.org/10.1007/978-3-663-01234-4_2
- Schönwandt, W. L., Hemberger, C., Grunau, J.-P., Voermanek, K., von der Weth, R., & Saifouline, R. (2011). Die Kunst des Problemlösens. *DisP – The Planning Review*, 47(185), 14–26. <https://doi.org/10.1080/02513625.2011.10557130>
- Schwedes, Oliver. (2018). *Verkehrspolitik : Eine interdisziplinäre Einführung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften/Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- Seifert, J. (2011). *Stadtbild, Wahrnehmung, Design. Kevin Lynch Revisited: Vol. Band 148*. Birkhäuser Verlag. <https://doi.org/10.1515/9783034610384/HTML>
- Selke, S. (2014). *Lifelogging: Wie die digitale Selbstvermessung unsere Gesellschaft verändert*.
- Shakya, Dr. S. (2020). Computational Enhancements of Wearable Healthcare Devices on Pervasive Computing System. *Journal of Ubiquitous Computing and Communication Technologies*, 2(2), 98–108. <https://doi.org/10.36548/JUCCT.2020.2.005>
- Shoval, N., Schwimer, Y., & Tamir, M. (2018). Tracking technologies and urban analysis: Adding the emotional dimension. *Cities*, 72, 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.005>
- Simmel, G. (1903). *Die Großstädte und das Geistesleben* (S. 188–206). Münchener Digitalisierungszentrum (MDZ). <https://www.digitale-sammlungen.de/de/view/bsb11127275?page=4,5> (Stand: 17.06.2020)
- Singleton, P. A. (2019). Walking (and cycling) to well-being: Modal and other determinants of subjective well-being during the commute. *Travel Behaviour and Society*, 16, 249–261. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2018.02.005>
- Slaby, J. (2012). James: Von der Physiologie zur Phänomenologie. In H. Landweer & U. Renz (Eds.),

Handbuch Klassische Emotionstheorien: Von Platon bis Wittgenstein (Issue zuerst 1976, S. 547–568). De Gruyter.

Stadt Kopenhagen. (2017). Copenhagen – City of cyclists – Facts and Figures.

Stangl, W. (2020). Stichwort: „Stressor“. Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik. Online Lexikon. <https://lexikon.stangl.eu/4142/stressor/> (Stand: 03.01.2023)

Statista. (2021). Sicherheit von persönlichen Daten im Internet in Deutschland 2020 | Statista. Bitkom Research. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/217842/umfrage/sicherheit-von-persoeneichen-daten-im-internet/> (Stand: 28.11.2022)

Stein, U. (2016). Ein systemisches Kommunikationsmodell für die räumliche Planung. Zur Kommunikativen Konstruktion von Räumen, 223–239. https://doi.org/10.1007/978-3-658-00867-3_10

Stephan, K., Köhler, K., Heinrichs, M., Berger, M., Platzer, M., Selz, E., Stephan, K., Köhler, K., Heinrichs, M., Berger, M., Platzer, M., Selz, E., Platzer, M., & Selz, E. (2014). Das Elektronische Wegetagebuch – Chancen und Herausforderungen einer Automatisierten Wegeerfassung Intermodaler Wege. Smartphones Unterstützen Die Mobilitätsforschung, 25–45. https://doi.org/10.1007/978-3-658-01848-1_3

Streich, B. (2011). Stadtplanung in der Wissensgesellschaft. In Stadtplanung in der Wissensgesellschaft. VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-93164-7>

Streich, B. (2014). Subversive Stadtplanung. In Subversive Stadtplanung. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-05480-9>

Taylor, S. E. (1991). Asymmetrical effects of positive and negative events: The mobilization-minimization hypothesis. *Psychological Bulletin*, 110(1), 67–85. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.110.1.67>

Teixeira, I. P., Rodrigues da Silva, A. N., Schwanen, T., Manzato, G. G., Dörrzapf, L., Zeile, P., Dekoninck, L., & Botteldooren, D. (2020). Does cycling infrastructure reduce stress biomarkers in commuting cyclists? A comparison of five European cities. *Journal of Transport Geography*, 88, 102830. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102830>

Tran, M.-C. (2017). Messung und Erfassung der Fußgängerfreundlichkeit von Stadträumen – Eine GIS-basierte Analyse gemischt genutzter Quartiersgebiete am Fallbeispiel Essen mit Hilfe des integrierten Walkability Audits auf Mikroebene (IWAM). Erarbeitung im Rahmen des BMBF-Forschungsprojekts „Klimainitiative Essen – Handeln in einer neuen Klimakultur“.

Trimmel, M. (2015). Einführung in die Psychologie. Motivation, Emotion und Lernprinzipien. LIT Verlag. <https://doi.org/10.1037/h0067657>

van der Meer, M., Meissner, F., Merten, M., & Münderlein, D. (2018). Entwicklung und Potentiale digitaler Raumforschung: Ethische Fragestellungen und Impulse für die Hochschullehre. *RaumPlanung*, 196 (2/3), 20–27.

VCÖ. (2016). Urbaner Verkehr der Zukunft. VCÖ -Schriftenreihe „Mobilität Mit Zukunft“, 1/2016, 50. <https://www.vcoe.at/service/schriftenreihe-mobilitaet-mit-zukunft-pdf-und-print/urbaner-verkehr-der-zukunft-pdf> (Stand: 11.09.2022)

Vögele, C. (2008a). Elektrodermale Aktivität. In S. Gauggel & M. Herrmann (Eds.), *Handbuch der Neuro- und Biopsychologie* (S. 157–163). Hogrefe Verlag.

Vögele, C. (2008b). Kardiovaskuläre Aktivität. In S. Gauggel & M. Herrmann (Eds.), *Handbuch der Neuro- und Biopsychologie* (S. 164–172). Hogrefe Verlag.

Wee, B. van, & Banister, D. (2015). How to Write a Literature Review Paper? *Transport Reviews*, 36(2), 278–288. <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1065456>

Weiser, M. (1991). The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, September, 94–104.

Werner, C., Resch, B., & Loidl, M. (2019). Evaluating urban bicycle infrastructures through intersubjectivity of stress sensations derived from physiological measurements. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(6), 265. <https://doi.org/10.3390/ijgi8060265>

- Wiener Linien. (2021). Wiener Linien ziehen positive Bilanz zu Öffi-Jahr 2021. <https://www.wienerlinien.at/jahresr%C3%BCckblick-2021> (Stand: 02.01.2023)
- Wilde, M., Gather, M., Neiberger, C., & Scheiner, J. (2017). Verkehr und Mobilität zwischen Alltagspraxis und Planungstheorie – Einleitung. In M. Wilde, M. Gather, C. Neiberger, & J. Scheiner (Eds.), *Verkehr und Mobilität zwischen Alltagspraxis und Planungstheorie*. Springer VS.
- Wirtz, M. A. (2022). *Lexikon Psychologie*. Hogrefe.
- Witt, H. (2001). *Forschungsstrategien bei quantitativer und qualitativer Sozialforschung*. <http://www.qualitative-research.net/fqs/> (Stand: 16.12.2022)
- Yin, R. (2012). *Applications of Case Study Research* (3. Aufl.). SAGE Publications.
- Yin, R. K. (1994). Designing Single and Multiple-Case Studies. In N. Bennett, R. Glatter, & R. Levačić (Eds.), *Improving educational management through research and consultancy* (S. 135–155). PCP published in association with the Open University.
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods* (4th ed.). SAGE Publications
- Zeile, P., & Resch, B. (2022). *Urban Emotion – Projektwebseite*, verfügbar unter: <http://urban-emotions.com/?lang=de> (Stand: 22.07.2022)
- Zeile, P., Resch, B., Loidl, M., Petutschnig, A., & Dörrzapf, L. (2016). Urban Emotions and Cycling Experience – enriching traffic planning for cyclists with human sensor data. *GI_Forum*, 4(1), 204–216. https://doi.org/10.1553/giscience2016_01_s204
- Zukunftsinstitut. (2022a). *Der Megatrend Mobilität*. Zukunftsinstitut. <https://www.zukunftsinstitut.de/dossier/megatrend-mobilitaet/> (Stand: 02.01.2023)
- Zukunftsinstitut. (2022b). *Metropolen von morgen: Gesunde Städte*. <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/metropolen-von-morgen-gesunde-staedte/> (Stand: 02.01.2023)
- Zuser, V., Sedlacek, N., Eichhorn, A., Knowles, D., & Pommer, A. (2015). *MUKIS Kinder sicher mobil – Mobilitätsverhalten und Unfallgeschehen von Kindern auf Schul- und Freizeitwegen*, VSF, BMVIT

Anhänge

Zu Kapitel 2

Anhang I: Stressoren

Klassifikation	Stressoren
Äußere Stressoren	Reizüberflutung (z. B. Lärm, Licht) Reizarmut (z. B. sensorische Deprivation) Schmerzreize Objektive und subjektive Gefahrensituationen (z. B. Unfälle)
Einschränkung eigener Bedürfnisse und damit verbundene körperliche Stressoren	Nahrung; Wasser Schlaf Bewegung Hitze; Kälte Verletzungen
Leistungsstressoren	Leistungsüberforderung (z. B. Zeitdruck) Leistungsunterforderung (z. B. monotone Aufgaben) Versagen in Leistungssituationen
Soziale Stressoren	(zwischenmenschliche) Konflikte Meinungsverschiedenheiten Verlust und Ablehnung Isolation Gruppendruck Rivalität
Seelische Stressoren	Ungewissheit Zeitdruck Versagensängste
Andere Stressoren	Drogenmissbrauch, chemische Stressoren (z. B. im Beruf)

Klassifikation von Stressoren (angepasst nach D. Beckmann et al., 1976; Stangl, 2020)

Zu Kapitel 4

Anhang II: Fragebogen und Mental Maps aus Walk & Feel (FB 1)

WALK & Feel

FRAGEBOGEN WALK & FEEL FELDTEST I

13.08.2019

ÜBERSICHT

i Willkommen zurück von Ihrer Begehung. Bitte beantworten Sie noch die folgenden Fragen. Die Antworten werden anonymisiert für Forschungszwecke verwendet (siehe Datenschutzerklärung). Bitte beantworten Sie die Fragen komplett und so wahrheitsgemäß wie möglich. Es gibt keine „richtigen“ oder „falschen“ Antworten. Die von Ihnen gegebenen Informationen werden selbstverständlich vertraulich behandelt.

1. Ihr Spaziergang

Lassen Sie Ihren Spaziergang nochmal Revue passieren. Hierzu haben wir noch ein paar Fragen.

Ist es Ihnen leichtgefallen, die vorgegebene Strecke zu finden?

ja, sehr einigermaßen weniger überhaupt nicht

Wie wohl haben Sie sich während des Spaziergangs gefühlt?

Sehr wohl Ganz wohl Weniger wohl Überhaupt nicht wohl

Denken Sie nun an den Spaziergang und das Verhalten anderer VerkehrsteilnehmerInnen. Was ist Ihnen dabei aufgefallen?

	Ja	Nein	Ich weiß nicht	Anmerkung
Mindestens ein Autofahrer ist zu schnell gefahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mindestens ein Autofahrer hat am Zebrastreifen nicht angehalten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mindestens ein Auto hat den Gehweg oder den Kreuzungsbereich zugeparkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mindestens ein Radfahrer ist auf dem Gehweg gefahren bzw. hat mir den Weg versperrt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mindestens ein Scooter bzw. Roller-Fahrer hat mich gestört	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mindestens ein anderer Fußgänger hat mich gestört	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sonstiges: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Und nun denken Sie an konkrete Kreuzungssituationen: Wie haben Sie diese empfunden? Bitte kreuzen Sie mit „X“ entsprechend die Balken an.

Wartezeiten an Überquerungen/ Ampeln



Grünphasen von Ampeln



Sicht auf heranfahrende Autos, Radfahrer, Scooter etc.



Welche Merkmale charakterisieren den absolvierten Weg? Markieren Sie mit einem Kreuz auf wieviel Prozent der Strecke das Merkmal zutrifft.

Attraktive Fassaden



Ausreichend Platz zum Gehen



Abwechslungsreiche Straßenabschnitte



Begrünung (z.B. Bäume, Sträucher)



Mangelhafte Gehwegoberflächen (z.B. Stolpersteine, Löcher im Asphalt)



Abgase und/oder Geruchsbelästigung



Lärm (z.B. durch PKWs, LKWs, Baustellen)



Hier sehen Sie eine Karte Ihres absolvierten Spaziergangs. Markieren Sie einen oder mehrere Orte, an denen Sie sich unwohl gefühlt haben bzw. an denen Ihnen etwas Besonderes aufgefallen ist. (z.B. mit A, B, C etc. und eine kurze Beschreibung).



A
B
C
D
...

2. Sensoren

Wie haben Sie das Anlegen und Tragen des Sensors fürs Handgelenk empfunden?

	Trifft sehr zu	Trifft eher zu	Trifft weniger zu	Trifft überhaupt nicht zu	Anmerkung
Das Anlegen des Sensors war unangenehm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Das Tragen war bequem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ich fühlte mich beim Gehen eingeschränkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ich musste beim Spaziergang immerzu an den Sensor denken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sonstiges:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Wie haben Sie das Anlegen und Tragen des Sensors an der Brust empfunden?

	Trifft sehr zu	Trifft eher zu	Trifft weniger zu	Trifft überhaupt nicht zu	Anmerkung
Das Anlegen des Sensors war unangenehm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Das Tragen war bequem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ich fühlte mich beim Gehen eingeschränkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ich musste beim Spaziergang immerzu an den Sensor denken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sonstiges:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

3. Stimmung und Emotion

Die folgenden Aussagen betreffen Ihr Wohlbefinden in den letzten zwei Wochen. Bitte markieren Sie bei jeder Aussage die Rubrik, die Ihrer Meinung nach am besten beschreibt, wie Sie sich in den letzten zwei Wochen gefühlt haben.

In den letzten zwei Wochen....	Die ganze Zeit	Meistens	Etwas mehr als die Hälfte der Zeit	Etwas weniger als die Hälfte der Zeit	Ab und zu	Zu keinem Zeitpunkt
... war ich froh und guter Laune	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... habe ich mich ruhig und entspannt gefühlt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... habe ich mich energisch und aktiv gefühlt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... habe ich mich beim Aufwachen frisch und ausgeruht gefühlt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... war mein Alltag voller Dinge, die mich interessieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Heute fühle ich mich...

	Eher	Oder eher	Weder noch
1.	<input type="checkbox"/> Frisch	<input type="checkbox"/> Matt	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/> Froh	<input type="checkbox"/> Schwermütig	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/> Gereizt	<input type="checkbox"/> Friedlich	<input type="checkbox"/>
4.	<input type="checkbox"/> Gut gelaunt	<input type="checkbox"/> Verstimmt	<input type="checkbox"/>

4. Mobilität und Zufußgehen

Wie häufig steht Ihnen ein PKW zur Verfügung?

<input type="checkbox"/> immer	<input type="checkbox"/> zeitweise	<input type="checkbox"/> häufig	<input type="checkbox"/> nie
--------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	------------------------------

Wie oft sind Sie unterwegs?

	(fast) täglich	5-4x in der Woche	2-3x in der Woche	1x in der Woche	1-2 x im Monat	Sehr selten, nie
Reine Fußwege	<input type="checkbox"/>					
Mit öffentlichen Verkehrsmitteln	<input type="checkbox"/>					
Mit dem Fahrrad	<input type="checkbox"/>					
Mit dem Auto	<input type="checkbox"/>					
Mit anderen Verkehrsmitteln? Wenn ja, mit welchen?	<input type="checkbox"/>					

Wie häufig gehen Sie in Ihrem Alltag zu Fuß?

<input type="checkbox"/> Sehr selten	<input type="checkbox"/> selten	<input type="checkbox"/> häufig	<input type="checkbox"/> Sehr oft
--------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------

Wie gerne gehen Sie im Alltag zu Fuß?

<input type="checkbox"/> Sehr gerne	<input type="checkbox"/> gerne	<input type="checkbox"/> weniger gerne	<input type="checkbox"/> überhaupt nicht gerne
-------------------------------------	--------------------------------	--	--

Welche der folgenden Aktivitäten erledigen Sie zu Fuß?

	Sehr selten, nie	selten	häufig	Sehr oft, immer
zur Arbeits-/Ausbildungsstätte gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kinder oder andere Personen zu Terminen begleiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
einen Kleinkauf erledigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verwandte oder Freunde besuchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
einen Termin beim Arzt wahrnehmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie viele Minuten gehen Sie durchschnittlich schätzungsweise am Tag zu Fuß?

_____ Minuten

Bitte bewerten Sie, inwiefern diese Einstellungen zum Zufußgehen auf Sie zutreffen.

	Trifft zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
Es macht mir Spaß zu Fuß zu gehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich gehe zu Fuß, weil es günstig/ kostenlos ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beim Zufußgehen stärke ich meine Gesundheit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beim Zufußgehen werde ich ein Teil der Stadt („sehen und gesehen werden“).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich zu Fuß gehe, tu ich etwas Gutes für die Umwelt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beim Zufußgehen spare ich viel Zeit. (z.B. anstelle von Parkplatz suchen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühle mich unabhängig und frei, wenn ich zu Fuß unterwegs bin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Über Ihre Person

Geburtsjahr: _____

Geschlecht: _____

Wo wohnen Sie? Bitte geben Sie die Stadt und den Bezirk an. _____

Was ist Ihr höchster Bildungsabschluss?

- Pflichtschule
- Lehre/ Ausbildung
- Fach- oder Handelsschule
- Matura
- Abschluss an einer Universität/ (Fach-)Hochschule
- Anderer Abschluss: _____

Sie sind derzeit

- erwerbstätig
- nicht erwerbstätig
- in Ausbildung

6. Und sonst?

Hier können Sie uns mitteilen, was Ihnen sonst noch ein Anliegen ist:

Möchten Sie Ihre persönlichen Ergebnisse zum Spaziergang erhalten?

- Ja, gerne! Schicken Sie mir meine persönlichen Zugangsdaten an folgende E-Mail-Adresse:

- Nein, danke.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Hier sehen Sie eine Karte Ihres absolvierten Spaziergangs. Markieren Sie einen oder mehrere Orte, an denen Sie sich unwohl gefühlt haben bzw. an denen Ihnen etwas Besonderes aufgefallen ist. (z.B. mit A, B, C etc. und eine kurze Beschreibung).



A Begrünte Fassade → hat mir gut gefallen

B Sehr enge Wege, Müll ist im öffentlichen Raum gelegen, schlechte Orientierung → hat mir nicht so gut gefallen

C Schöne Staudenpflanzungen → hat mir gut gefallen

D man hat das Gefühl durch einen privaten Hof zu gehen, ich habe mich als "Eindringling" gefühlt → für mich negativ, für Bewohner positiv?

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Hier sehen Sie eine Karte Ihres absolvierten Spaziergangs. Markieren Sie einen oder mehrere Orte, an denen Sie sich unwohl gefühlt haben bzw. an denen Ihnen etwas Besonderes aufgefallen ist. (z.B. mit A, B, C etc. und eine kurze Beschreibung).



A Added noise from lawn mowers to traffic noise

B Disturbing noise from motorcycle

C Confusion on how to cross the road due to passing cars, cyclists and... The cross is T-shape

D Cars did not stop at rebra as a chain reaction

E Figured out few seconds later that I'm using bicycle path (separated from pedestrian and car paths)

Anhang III: Screenshots WebClient

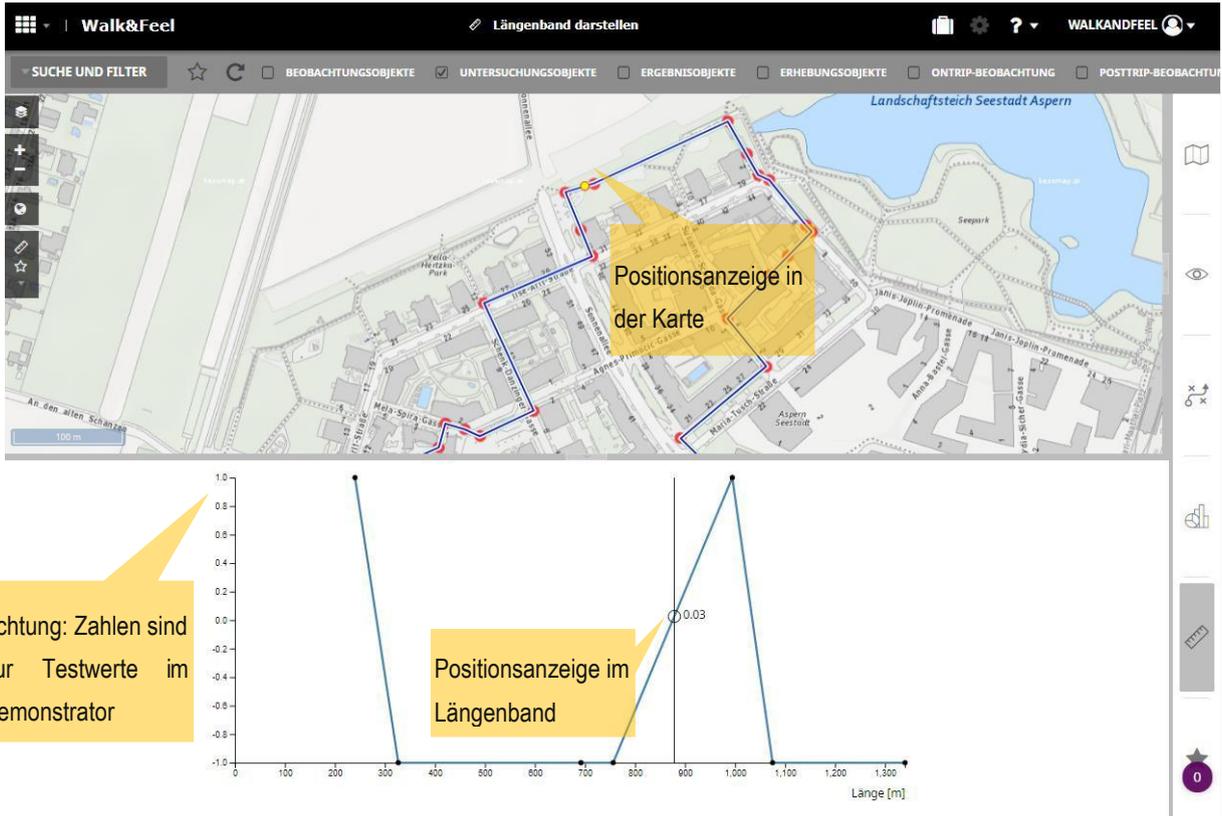
Beobachtungsobjekte verwalten

Anlegen und Verwalten von Informationen zum Untersuchungsgebiet, der Begehungsrouten etc.

The screenshot shows the 'Walk&Feel' web client interface for managing observation objects. The main window is titled 'Beobachtungsobjekte verwalten'. The interface is divided into a map view on the left and a form view on the right. The map shows a street grid with a blue and red route overlaid. The form view is titled 'LISTE > UNTERSUCHUNGSROUTE' and contains the following information:

- Name: Begehungsrouten Salzburg Lehen
- Beschreibung: Vorgabe der Wegstrecke für Probandinnen
- Anzahl aller Erhebungstage: 2
- Erhebungstage: 22.05.2019, 23.07.2019
- Anzahl der Teilnehmer: 20
- Untersuchungsobjekt_ID: 1
- Dokument: + [List Icon]
- Foto: + [List Icon]
- SPEICHERN

Yellow callout boxes highlight the 'Formular' section and the 'Dokumentverwaltung' section.



Ergebnisse notieren und bewerten

Analyseergebnisse und Notizen als verortete Objekte mit Zusatzinformationen speichern.

Walk&Feel Ergebnisse notieren und bewerten

SUCHE UND FILTER BENUTZERDEFINIERTER FILTER

UNTERSUCHUNGSOBJEKTE ERGEBNISOBJEKTE ERHEBUNGSOBJEKTE ONTRIP-BEOBSCHTUNG POSTTRIP-BEOBSCHTUNG

Angst
 Ärger
 Ekel
 Freude

Name: SlimCity

Beschreibung: SlimCity wird von vielen als beengend und weniger attraktiv wahrgenommen. Wenige Stresspunkte überdurchschnittliche Walkability

Ergebnisse und Notizen festhalten

Untersuchungsobjekt

Dokument

Foto

Name: SlimCity GoPro Aufnahme

Fotos hochladen und verknüpfen

Kommentartyp:

Eingabe:

ABBRECHEN SPEICHERN

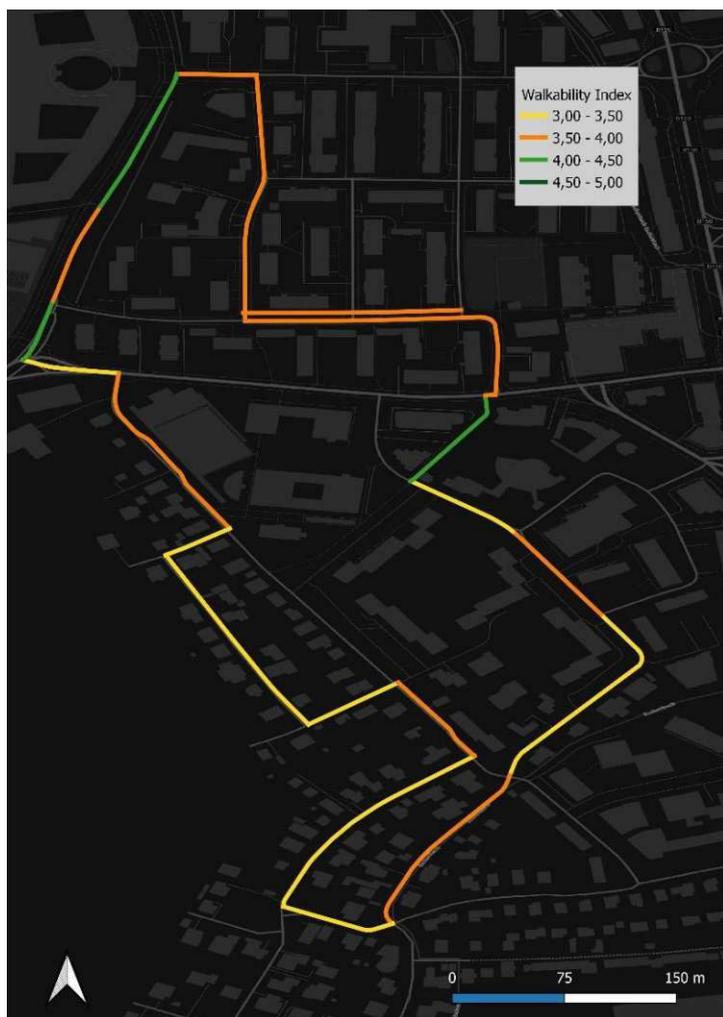
Anhang IV: Walkability Index Untersuchungsgebiete



Walkability Index Seestadt, Wien (eigene Darstellung)



Walkability Index Salzburg, Lehen (eigene Darstellung)



Walkability Index Salzburg Süd (eigene Darstellung)

Anhang V: Fußgänger*innen-Typen

Gew	5	10	10	10		
ID	PKW_Verf	Allt_Fuss	Allt_Gern	Gehzeit	Summe Gewichtung	Typ
101	20	40	40	20	120	3
102	10	40	40	20	110	3
103	20	40	30	20	110	3
104	5	40	40	20	105	3
105	5	40	40	20	105	3
106	20	40	40	20	120	3
107	10	30	20	40	100	2
108	5	30	30	20	85	2
109	5	40	40	20	105	3
110	5	20	20	10	55	1
111	5	20	30	20	75	1
112	20	40	30	20	110	3
121	5	30	40	10	85	2
122	5	40	40	20	105	3
123	5	40	40	20	105	3
124	15	30	40	20	105	3
125	15	30	40	10	95	2
126	5	30	40	40	115	3
127	20	20	40	10	90	2
128	15	30	40	40	125	3
201	10	30	40	10	90	2
202	5	20	30	10	65	1
203	5	40	40	20	105	3
204	20	40	40	20	120	3
205	5	40	40	20	105	3
206	5	40	40	10	95	2
207	5	30	40	10	85	2
208	20	20	40	10	90	2
209	20	30	30	20	100	2
210	20	30	30	10	90	2
211	5	40	40	40	125	3
212	20	20	20	10	70	1

Gew	5	10	10	10		
ID	PKW_Verf	Allt_Fuss	Allt_Gern	Gehzeit	Summe Gewichtung	Typ
213	20	20	30	10	80	1
214	20	30	30	20	100	2
215	5	30	40	20	95	2
216	10	40	30	20	100	2
217	20	40	30	40	130	3
301	20	30	30	20	100	2
302	10	30	30	20	90	2
303	10	40	30	20	100	2
304	5	30	30	20	85	2
305	20	30	30	20	100	2
306	10	40	40	10	100	2
307	20	30	40	20	110	3
308	5	30	30	20	85	2
309	20	40	30	20	110	3
310	20	30	30	30	110	3
311	10	40	40	20	110	3
312	10	30	40	20	100	2
313	10	40	30	10	90	2
314	10	40	40	20	110	3
315	5	40	30	20	95	2
316	20	40	40	10	110	3
317	15	30	30	10	85	2
318	15	40	40	40	135	3
319	5	30	30	20	85	2
320	20	40	40	20	120	3
321	15	40	40	10	105	3
322	15	30	40	20	105	3
323	20	40	40	20	120	3
324	20	40	40	40	140	3
325	15	30	30	20	95	2
326	10	40	40	20	110	3
327	10	30	30	20	90	2
328	5	40	40	20	105	3
329	10	30	40	20	100	2
399	20	30	30	10	90	2

Mein Schulweg

Datum 29.9

Wetter							14
Laune							

- Ich bin alleine zur Schule gegangen
- Ich bin gemeinsam mit ~~Freund~~ ^{*Papa und meinem Hund Bobo*} ~~innen~~ gegangen

Ereignisse am Schulweg

Was ist dir aufgefallen? Was ist passiert? Wo ist es passiert?
(z.B. zu schnelle Autos, andere Kinder getroffen, lange an der Kreuzung warten müssen)

Ich habe meine Freundinnen
kurz vor der Schule getroffen
deswegen war ich ein bisschen
fröhlicher als sonst.

Anhang VII: Interview-Leitfaden für Kinder & Eltern zum Feldtest

(K = Kind, M = Mama)

Allgemein

- (M + K) Wie ist es euch bei dem Feldtest ergangen?
- (M) Wie viele Testungen konntet ihr realisieren?

Usability

- (M + K) Wie war das regelmäßige Anlegen der Sensoren für euch beide? Wie viel Zeit habt ihr gebraucht? Was waren die Herausforderungen?
- (K) Wie war das Tragen des Armbands/Brustgurts für dich ((un)bequem, störend, normal)?
- (M + K) Was müsste eurer Meinung nach verbessert werden?
- (M) Wie hilfreich war die Anleitung? Wie häufig wurde sie verwendet?

Hardware am Weg

- (K) Musstest du öfter daran denken? Hat es dich irgendwie eingeschränkt?
- (K) Wie war es für dich die Sensoren in der Schule wieder abzulegen? Wie hast du das gemacht?
- (K) Wie haben deine Mitschüler*innen (oder auch Lehrer*innen) am Weg oder in der Schule reagiert? Ist es ihnen aufgefallen?

Situationen am Schulweg

- (M + K) Erzähl(t) mal, wie es ist dir/euch mit dem Wegetagebuch gegangen? Wann hast du das immer ausgefüllt? Hattest du das Gefühl, dass du dich an alles erinnern konntest?
- Ich sehe im Tagebuch, dass ...
- (K) Irgendwelche Situationen am Schulweg an die du dich besonders erinnern kannst?
- (K) Wie hast du dich gefühlt? Was ist genau passiert?
- (K) Wie (un)sicher fühlst du dich im Allgemeinen am Schulweg?

Sonstige

- (M) Hattest du als Mama irgendwelche Bedenken, das Kind [Name] mit den Sensoren auszustatten? Also in Bezug auf Smartphone-Nutzung am Schulweg/Sicherheit und datenschutzrechtliche Sachen ...
- (M) Hast du mal reingeschaut, ob Daten da sind?
- (M) Gab es Gespräche mit anderen Eltern?

Anhang VIII: Manual Verwendung Wearables – Informationen für Eltern

Ausstattung

- Brustgurt mit BioHarness + 1x Ladegerät + 1x Klipp, um Brustgurt zu verkürzen
- E4 Empatica (Armband) + 1x USB-Ladekabel
- Smartphone + 1x USB Ladegerät + 1 x USB Stecker
- USB-Doppel-Stecker
- 1 x Schulweg-Tagebuch

Anleitung zur Sensorenverwendung

	<p>Die braunen Innenseiten des Gurts ganz leicht befeuchten.</p> <p>BioHarness (Brustgurt) einschalten (Druck auf die Mitte), anlegen (siehe Bild, aber ohne Schultergurt) und auf Sitz kontrollieren (ggf. mit dem Klipp verkürzen).</p> <p>Die äußere Elektrode soll unter dem Brustbein (nicht im Hohlraum) sitzen. Die Schrift am Sensor soll von vorne lesbar (also nicht verkehrt) sein.</p> <p>LED-Lichter müssen blinken, dann ist Gerät an. (Wichtig: BioHarness muss eingeschaltet sein bevor App gestartet wird.)</p>
	<p>Überprüfen, ob GPS, Bluetooth und Internet am Smartphone funktioniert.</p> <p>eDiary-App in Smartphone starten.</p> <p>BioHarness (Brustgurt) sollte sich dann bereits verbinden (blinkt dann zusätzlich blau).</p>

	<p>E4 Armband: Kappe unten abnehmen (diese wird nur für das Laden benötigt).</p> <p>E4 (Armband) einschalten und warten bis es verbunden ist (blinkt blau). Die E4 sollte erst eingeschaltet werden, wenn die App bereits gestartet ist.</p> <p>Dann an das linke Handgelenk legen (sollte eng sitzen, aber natürlich nicht wehtun, ggf. etwas hochschieben). Wenn möglich, sollte das Armband oberhalb der Handgelenkknöchel liegen.</p>
	<p>Überprüfen, ob Smartphone mit den zwei Sensoren verbunden ist. Während des Verbindungsaufbaus geht die Statusfarbe von Rot („Disconnected“) in Gelb („Connecting“) über. Es sollte zum Schluss zwei Mal „Connected“ in der App zu sehen sein.</p> <p><i>Allgemein gilt: Während des Verbindungsaufbaus sollten andere Bluetoothquellen und -empfänger vermieden werden. Werden z. B. zwei Personen mit den Sensoren ausgestattet, sollte beim Verbindungsaufbau einige Meter Abstand gehalten werden.</i></p>
	<p>Danach in der App auf „Start“ klicken. (Die Aufnahme startet.)</p> <p>Achtung: Sobald die Aufnahme gestartet wird, geht das blinkende Licht am Armband aus.</p> <p>Bildschirm des Smartphones ausschalten (App und Aufnahme laufen weiter).</p> <p>Smartphone in der Tasche mitnehmen → dieses wird nicht mehr benötigt!</p>

	<p>Kind macht sich auf den normalen Schulweg</p> <p>! Achtung: Sensoren sowie Smartphone sollten unterwegs nicht geprüft/verwendet werden, um Ablenkung im Straßenverkehr zu vermeiden!</p>
	<p>In der Schule angekommen, soll die Aufnahme in der App gestoppt werden.</p> <p>Nun können Sensoren ausgeschaltet und gemeinsam mit dem Smartphone im Rucksack verwahrt werden.</p> <p>Wenn möglich, den Brustgurt durch langes Drücken auf den mittleren Knopf (bis alle vier LEDs einmal kurz aufleuchten) ausschalten.</p>
	<p>Am Abend die Sensoren sowie das Smartphone unbedingt laden!</p> <p>(Das Entfernen des runden BioHarness aus dem Brustgurt braucht etwas, aber nicht exzessive Kraft! Am oberen Teil des runden Sensors befindet sich eine Einkerbung hierfür.)</p> <p>(Die Brustgurte können ggf. mit Seifenwasser gewaschen werden, jedoch sollte der runde BioHarness-Sensor davor unbedingt entfernt werden!)</p> <p>Armband (E4): Wenn fertig geladen: von leuchtend gelb zu aus.</p> <p>Brust-Sensor (BioHarness) Wenn fertig geladen: von blinkend orange zu dauerhaft orange.</p>

Ggf. abends prüfen, ob aufgezeichnet wurde:

- Smartphone mit dem PC/Laptop verbinden.
- Unter phone > ed diary > sqlite sollten zwei Dateien mit dem entsprechenden Datum zu finden sein.
- Die Dateien sind folgendermaßen benannt: „tuwien_<Phonenummer>_<Datum>T<Startzeit>“
- Im Falle einer Wiederverbindung vor oder während der Messung können auch mehrere Dateien mit demselben Datumsstempel vorhanden sein.

Bereiche		Layout	Aktuelle Ansicht	
↑  > Dieser PC > tuwien_107 > Phone > diary > sqlite				
	Name	Typ	Größe	
ugriff	 tuwien_107_2021-08-23T1423	SQLITE-JOURNAL-Datei	21 KB	
jd	 tuwien_107_2021-08-23T1423	SQLITE-Datei	156 KB	
ung	 tuwien_107_2021-08-23T1422	SQLITE-Datei	116 KB	

Zu Kapitel 5

Anhang IX: Übersicht Expert*innen

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Expert*innen, ihre beruflichen Positionen, zugehörige Disziplin und Fachbereiche. Falls der/die Expert*in in einem Fallbeispiel involviert war, wurde dies auch vermerkt.

#	Expert*in	Position	Bezeichnung/Werdegang	Disziplin				Bereich				
				Stadt- und Raumplanung	Verkehrsplanung	Psychologie/Neurowissenschaften	Geographie/-informatik	Forschung	Praxis (Verwaltung)	Praxis (Ingenieurbüro)	Fallbeispiel 1	Fallbeispiel 2
1	Dr.-Ing. Peter Zeile	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Fakultät für Architektur Institut Entwerfen von Stadt und Landschaft	Planender Forscher/forschender Planer Diplomabschluss Raum- und Umweltplanung in Kaiserslautern (2004) Assistentenlaufzeit bei Professor Streich am Fachgebiet CPE, TU Kaiserslautern Promotion 2010 Ab 2014 Researcher am KIT und Ab 2014 Research Director für das DFG-Projekt „Urban Emotions“ Im Jahr 2009 das erste Mal mit Biosensing bzw. Biomapping in Berührung gekommen Aktuell an den Projekten Cape Reviso und ESSEM beteiligt	x				x			x	

2	Prof. Antonio Nelson Rodrigues da Silva	Verkehrstechnik an der São Carlos School of Engineering, Universität São Paulo	<p>Arbeitet für die Stadt Rio de Janeiro (1980 – 1985), anschließend die brasilianische Luftwaffe als Leutnant und Architekt</p> <p>Abschluss in Architektur (1984), Promotion in Bauingenieurwesen (Verkehrswesen) an der Universität von São Paulo (1993)</p> <p>Seit 2017 Professur für Geomatik im Bereich Verkehrstechnik</p>		x				x				
3	Dr. Daniel Broschart	Stadtverwaltung, Abteilung Stadtplanung und Umwelt, Landsberg an der Lech	<p>Studium an der TU Kaiserslautern, Bachelor in Raumplanung und danach Master in Stadt und Regionalentwicklung</p> <p>Seit 2018 bei der Stadtverwaltung, Abteilung Stadtplanung und Umwelt, Landsberg an der Lech</p> <p>Computergestützte Planungs- und Entwurfsmethoden immer im Vordergrund, in zweiter Reihe das Planerische</p>	x						x			
4	Stadtbaurat Frank Otte	Stadt Osnabrück, Dezernat Bauen und Umwelt	<p>Studium Bauingenieurwesen und Architektur, freiberufliche Tätigkeit als Architekt</p> <p>Vor 20 Jahren in den öffentlichen Dienst getreten</p> <p>Seit 2013 Stadtrat der Stadt Osnabrück, zuständig für Bauen und Umwelt</p> <p>Am Projekt ESSEM beteiligt</p>	x	(x)					x			
5	Dr. Elisabeth Oberzaucher	Universität Wien, Department für Evolutionäre Anthropologie; wissenschaftliche Direktorin von Urban Human	<p>Verhaltensbiologin und evolutionäre Psychologin</p> <p>Studium der Biologie, Spezialisierung auf Zoologie und in Folge Verhaltensbiologie; Interesse am Verhalten des Menschen aus evolutionsbiologischer Sicht; Schnittstelle zwischen Mensch und vor allem gebauter und designer Umwelt</p>			x			x				
6	DI Michael Skoric	con.sens verkehrsplanung zt gmbh	<p>Verkehrsplaner</p> <p>Studium Kulturtechnik und Wasserwirtschaft an der Universität für Bodenkultur</p> <p>2018 Gründung von con.sens mit zwei Kolleg*innen</p> <p>Einsatz in unterschiedlichsten Bereichen der Verkehrsplanung, wie Gutachter-Tätigkeit, konzeptionelle Verkehrsplanung, Entwurfsplanung, Verkehrskonzepte</p>		x					x			
7	Dr. Anja Huemer	Technischen Universität Braunschweig, Lehrstuhl für Ingenieur- und Verkehrspsychologie	Psychologin im Bereich Verkehr			x			x				

			<p>Studium Psychologie, Schwerpunkte Arbeits- und Organisationspsychologie, Kognition-, Neuropsychologie, später Verkehrspsychologie</p> <p>2012 Promotion zum Thema Ablenkung beim Fahren, aktuelle Themen Radfahren und Sicherheit</p>									
8	Dr. Kurt Fallast	<p>TU Graz, Institut für Straßen- und Verkehrswesen</p> <p>PLANUM Ingenieurbüro für Verkehrswesen und Verkehrswirtschaft</p>	<p>Verkehrsplaner</p> <p>Studium an der TU Graz Wirtschaftsingenieur- und Bauwesen</p> <p>Seit 1980 bis 2014 am Institut für Straßen- und Verkehrswesen, die letzten acht Jahre als stellvertretender Institutsvorstand.</p> <p>1994 Gründung Ingenieurbüro (heute PLANUM), Forschungsthemen: Psychoakustik, nicht-motorisierter Verkehr, Verkehrsmodelle, Bürothemen: Multimodale Mobilität, Mikro-ÖV Konzepte, lokale Verkehrskonzepte, Forschungsprojekte</p>		x			(x)		x		
9	Dr. Bernd Resch	<p>Universität Salzburg</p> <p>Fachbereich Geoinformatik – Z_GIS</p>	<p>Geoinformatiker</p> <p>Studium Informatik FH Salzburg und Uni Halmstad in Schweden, Schwerpunkt Geoinformatik (Sensornetzwerke und technische Sensorik)</p> <p>Analyse sozialer und geographischer Prozesse</p>				x	x			x	x
10	Dr. Simone Kühn	<p>Max-Planck-Institut für Bildungsforschung</p> <p>Leiterin Lise-Meitner-Gruppe Umweltneurowissenschaften</p> <p>Professur für Neuronale Plastizität, 2016, Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf</p>	<p>Neurowissenschaftlerin</p> <p>Studium der Psychologie an der Columbia University (NY), habilitiert an der Humboldt-Universität zu Berlin</p> <p>Schwerpunkt Neurowissenschaft, MR Studien am Max-Planck-Institut; Forschung: Verhaltens- und neuronale Plastizität</p>			x		x				

11	DI Ulrike Brocza (Informelles Gespräch am 06.07.)	PRISMA solutions EDV-Dienstleistungen GmbH	Raumplanerin Konsortialführung Projekt Walk & Feel; Reflexion Weiterführung Walk & Feel	x				(x)		(x)	x	
----	--	--	--	---	--	--	--	-----	--	-----	---	--

Anhang X: Leitfaden Expert*innen-Interview (Beispiel Planungspraxis)

	Kategorie	Leitfrage
1	Werdegang	Kurz zu Ihrem beruflichen Werdegang: Was verbindet Sie mit der Thematik? Wie kamen Sie dazu, (in der Planungspraxis im Bereich XY) tätig zu werden? Was sind Ihre Hauptarbeitsfelder im Moment?
2	Selbstbezeichnung	Wie würden Sie sich selbst bezeichnen?
3	Bekanntheitsgrad Begriff	Wie bekannt ist Ihnen die Methode der Humansensorik zur Messung von Emotionen (z. B. das Projekt Walk & Feel), People as Sensors, physiologische Messung von (negativen) Emotionen/Stress über ggf. Smartwatches? <i>[Ggf. kurzer Input zu den Grundsätzen, Zielen & Methoden]</i>
4	[Anwendung]	Haben Sie diese in diese schon mal in einem Planungsprojekt/bei der Planung öffentlicher (Mobilitäts-)Räume angewendet? Ist Ihnen bekannt, dass diese mal angewendet wurde (oder auch Emotionen, subjektive Wahrnehmungen im weiteren Sinne)?
5	Projekte (Ziele, Outcomes, Hürden)	Welche Projekte im Kontext Humansensorik, Emotionsmessungen etc. verfolgen Sie gerade? <i>Für welche Fragestellung setzen Sie diese ein? Welche maßgeblichen Forschungsziele verfolgen Sie dabei? Wie zufrieden sind und waren Sie mit dem Outcome? (Anspruch vs. Realität) Was sind/waren die größten Hürden bzw. Grenzen in dem Projekt? [Ggf. inhaltliche/organisatorische Fragen zum Projektablauf]</i>
6	[Praxis-Transfer]	Inwieweit sind Ihre Forschungsergebnisse (bzw. Emotionsmessungen) in Planungsmaßnahmen eingeflossen bzw. zu welchem Ausmaß wurden diese berücksichtigt? <i>Was hat die Stadt/Gemeinde XY dazu motiviert? Was müsste Ihrer Meinung nach [seitens der Verwaltung bzw. planenden Behörden] getan werden, damit Stress und Emotionen in der Planung eine stärkere Berücksichtigung finden?</i>
7	Themen Planung öffentlicher Räume	Was sind Ihrer Meinung nach gerade die dringlichen Themen in Bezug auf öffentliche (Mobilitäts-)Räume/public spaces? Was beschäftigt das Büro maßgeblich? Welche Rolle spielen dabei Emotionen?
8	Methoden	Welche Methoden wenden Sie an, um die Themen zu bearbeiten? Wie wird im Büro entschieden, welche (neuen) Methoden eingesetzt werden?
9	Ansprüche	Welche Ansprüche/Anforderungen haben Sie aus Perspektive der Planungspraxis an Methoden (im Planungsprozess) im Allgemeinen? Welchen Beitrag kann dabei Humansensorik leisten? <i>[Nachhaken, falls nicht genannt]</i> <ul style="list-style-type: none"> - Transparenz - Nachvollziehbarkeit - Anwender*innenfreundlichkeit - Effizienz (Aufwand/Kosten) - Objektivität - Aussagekraft - ... <p>Welche Anforderungen müssen auf jeden Fall erfüllt sein? Warum? Begründen Sie!</p> <p>Wie kann damit umgegangen werden, dass eigentlich „nur“ negative Emotionen gemessen werden können? <i>[Schwierig als Argumentationsbasis/Kommunikation für Politik]</i></p>
10	Relevanz und Anwendung	Bei welchen Planungsprojekten/planerischen Fragestellungen eignet sich Ihrer Meinung nach die Methode der Humansensorik? <i>[Ggf. nachhaken: Fuß- oder Radverkehr, Innenstadt, Plätze etc.]</i> Welche Anwendungsbereiche im Planungsprozess (in Datenerhebung, Analyse, Kommunikation, Visualisierung und Evaluierung) sehen Sie für Emotionsdaten?

		Wie relevant schätzen Sie die Daten/Ergebnisse solcher Methoden für die räumliche Planung von öffentlichen Räumen ein? Wo kann diese einfließen? [Ggf. auf die Bereiche Partizipation, Kommunikation, räumliche Analyse, Visualisierung verweisen]
11	Aufwand	Wie hoch schätzen Sie den (zeitlichen, finanziellen) Aufwand ein? Steht dieser im Verhältnis zum Nutzen? [Hinweis: Wie viel Geld wird für Planung ausgegeben? Abhängigkeit von kritischen Projekte, Prestige-Planungen]
12	Stärken/Chancen	Welche Stärken assoziieren Sie generell mit der Berücksichtigung von Emotionsdaten in der räumlichen Planung? Und im Speziellen in Bezug auf die Methode? Wo sehen Sie die größten Chancen, dass Humansensorik bzw. Emotionsdaten ihren Weg in Planungsprojekte öffentlicher Räume finden?
13	Schwächen/Hürden	Welche Schwächen assoziieren Sie mit der Methode für die räumliche Planung von ÖR? Wo sehen Sie die größte Hürde bei der Diffusion der Humansensorik in die Planungspraxis (oder auch Evaluierung/Partizipation)? [Ggf. nachhaken, z. B. fehlende Bekanntheit, Erfahrung, geringer Nutzen, fehlender Wille, Datenschutz und Ethik]
14	Maßnahmen	Was müsste passieren, damit Humansensorik auch für Planungsbüros interessant wird? Was denken Sie, welche Verbesserung würde den Einsatz der Humansensorik in der Planung maßgeblich beschleunigen? [Nachhaken, falls nicht genannt] <ul style="list-style-type: none"> - eine höhere Akzeptanz bei Nutzer*innen und planenden Stellen - bessere und einfachere Technologien - bessere Zugänglichkeit zur Hardware - etc.
15	[Mehrwert]	Wo sehen Sie den Mehrwert für Planungsprozesse? (z. B. neue Erkenntnisse, Ausrichtung der Planung) Begründen Sie!
16	Zukunftsperspektiven und Berücksichtigung	Wie schätzen Sie die Zukunftsperspektive dieser Methoden ein? Was müsste getan werden, damit Stress und Emotionen in der Planung/in ihrer Planungspraxis eine stärkere Berücksichtigung finden?
17	Massentauglichkeit und Arbeitsweise	Was braucht es für ein „Mainstreaming“ bzw. für Massentauglichkeit? Wo sollen Forschung und Entwicklung Ihrer Meinung nach weiter ansetzen? Wie sieht das perfekte Mess-Setup aus?

Anhang XI: Kostenaufstellung

Konservative Berechnung										
	Forschungsdesign	Erhebung	Aufbereitung & Analyse	Ergebnisse & Visualisierung						
Vorgehen	Forschungsfrage, Auswahl Methoden, etc.	Vorbereitung, Rekrutierung, Realisierung, Nachbereitung	Datenaufbereitung, analyse	Graphische, zielgruppenspezifische Aufbereitung, Bericht						
Personentage					Tagessatz				Leih- bzw. Abnutzungsg ebühr*	Eigenerwerb
Stud. MA	2	5	1	3	Stud. MA	280		3 Smartphones	25	900
ProjektMA	2	5	4	5	ProjektMA	400		3 Kameras	33	1200
SeniorMA	1	3	6	2	SeniorMA	640		3 Wirstbands	125	4500
PT	5	13	11	10		39				
Personalkosten								Summe	183	6600
Stud. MA	560	1400	280	840				* bei Nutzung 30 Tage (Abschreibungssatz, 3 Jahre)		
ProjektMA	800	2000	1600	3200						
SeniorMA	640	1920	3840	1280						
Summe	2000	5320	5720	5320	18360					
Großzügige Schätzung										
	Forschungsdesign	Erhebung	Aufbereitung & Analyse	Ergebnisse & Visualisierung						
Vorgehen	Forschungsfrage, Auswahl Methoden, etc.	Vorbereitung, Rekrutierung, Realisierung, Nachbereitung	Datenaufbereitung, analyse	Graphische, zielgruppenspezifische Aufbereitung, Bericht						
Stunden					Tagessatz			10 Smartphones		
Stud. MA	7	20	5	5	Stud. MA	280		5 Kameras	55	2000
ProjektMA	5	20	15	10	ProjektMA	400		10 Wirstbands	410	15000
SeniorMA	3	10	25	2	SeniorMA	640		Summe	545	20000
Personalkosten	15	50	45	17		127		* bei Nutzung 30 Tage (Abschreibungssatz, 3 Jahre)		
Stud. MA	1960	5600	1400	1400						
ProjektMA	2000	8000	6000	6400						
SeniorMA	1920	6400	16000	1280						
Summe	5880	20000	23400	9080	58360					

Lebenslauf

Personal Info

Name: Linda Dörrzapf

Phone: +43 1 58801 280504

E-Mail: linda.doerrzapf@tuwien.ac.at

Nationality: German



WORK EXPERIENCE

SINCE JUNE 2015

Technical University of Vienna

Institute of Spatial Planning

Research Unit Transportation System Planning

Sustainable and active mobility, emotions and sensors, project management

DECEMBER 2014 TO MAY 2015

CEIT Research Network, Vienna

Applied Research Association

Researcher

Project management

SenTour – Accessibility of geographic information for elderly people

OCTOBER 2010 TO APRIL 2014

CEIT ALANOVA gemeinnützige GmbH, Schwechat, Austria

Research Institute

Scientific Assistant

Project management, interregional cooperation, mobility, sustainable planning, energy

OCTOBER 2009 TO DECEMBER 2009

Eurodistrict SaarMosel, Saarbrücken, Germany

Cross-border cooperation France – Germany

Trainee

GIS support, mapping, translations

APRIL 2007 TO DECEMBER 2009

Technical University of Kaiserslautern, Germany

Department of CAD & Planning Methods in Urban Planning and Architecture

Student assistant

Lessons on CAD, SketchUp, CorelDraw, Photoshop & planning methods in urban planning

EDUCATION

SINCE 2016

Technical University of Vienna, Austria

Institute of Spatial Planning

Research Unit Transportation System Planning (MOVE)

PhD studies (supervised by Prof. Martin Berger)

Topic: Measuring Emotions in Public Spaces – Potentials for Planning Processes

2005 – 2012

Technical University Kaiserslautern, Germany

University Nice, Sophia Antipolis, France (January to July 2010)

Diploma studies in Spatial and Environmental Planning

Degree: Diplom-Ingenieurin (DI)

(equivalent to Master's Degree)

1996 – 2005

Pamina Schulzentrum, Herxheim bei Landau (Pfalz), Germany

Abitur