



**University of  
Zurich**<sup>UZH</sup>

# Der Einfluss begrünter Fassaden auf Emotionen in virtuellen Stadträumen

GEO 511 Master's Thesis

**Author**

Delia Lendenmann  
16-722-985

**Supervised by**

Prof. Dr. Sara Irina Fabrikant

**Faculty representative**

Prof. Dr. Sara Irina Fabrikant

01.09.2023

Department of Geography, University of Zurich

## Zusammenfassung

Die stetig wachsende Gesamtbevölkerung wirkt sich massiv auf die Urbanisierung aus. Grundsätzlich wird ein verdichtetes Bauen in urbanen Kernzonen gefördert, um der Zersiedelung entgegenzuwirken. Allerdings bringt die Verdichtung in Städten einige Herausforderungen mit sich – darunter vor allem schwindende Grünräume. Solche Räume in Städten leisten nicht nur einen wichtigen Beitrag zum Stadtklima, sondern gelten als stressmindernd und wirken sich somit positiv auf die psychische Gesundheit aus. Folglich ist die Erhaltung von Grünräumen in Städten von zentraler Bedeutung. Eine Möglichkeit, vermehrt Grünräume trotz limitierter horizontaler Fläche in Städte zu integrieren, bietet die vertikale Fassadenbegrünung.

Die vorliegende Masterarbeit untersucht den Einfluss begrünter Fassaden auf die Emotionen anhand eines Experiments in Virtual Reality. Der Einfluss wird durch eine Umfrage sowie Messwerte der Hautleitfähigkeit als Stressindikator ermittelt. Die Resultate der Umfrage zeigen, dass sich Personen in Stadträumen mit Fassadenbegrünung glücklicher sowie entspannter fühlen. Bezogen auf die Hautleitfähigkeit weisen Personen in begrünten Stadträumen eine signifikant geringere Erregung auf. Die Messwerte der Umfrage korrelieren dabei mit den objektiv ermittelten Daten der Hautleitfähigkeit. Folglich deuten die erzielten Resultate darauf hin, dass begrünte Fassaden zu einer Reduktion der Erregung und Stressempfindung sowie einer Zunahme an Emotionen wie Freude führen. Weitere Forschungen können sich an den erzielten Resultaten orientieren und beispielsweise die Art oder Menge der Fassadenbegrünung variieren oder das Experiment unter realen Bedingungen durchführen.

## Abstract

The steadily growing total population has a massive impact on urbanisation. In principle, denser buildings in urban core zones are encouraged to counteract urban sprawl. However, densification come along with a number of challenges - including, above all, dwindling green spaces. Green spaces in cities not only make an important contribution to the urban climate but are also considered stress killers and thus have a positive effect on mental health. Consequently, the preservation of green spaces in cities is very important. One possible application of increased green spaces in cities despite limited horizontal space is vertical façade greening.

This master's thesis examines the influence of green facades on emotions by an experiment in virtual reality (VR). The influence is determined by a survey and measurements of skin conductivity as a stress indicator. The results of the survey show that people feel happier and more relaxed in urban spaces with green facades. In terms of skin conductivity, people in green urban spaces show significantly lower levels of arousal. The measured values of the survey correlate with the objectively determined data of skin conductivity. Consequently, the results obtained indicate that green facades lead to a reduction in arousal and stress perception as well as an increase in emotions such as pleasure. Further research can be guided by the results and, for example, vary the type or amount of greening on façades or conduct the experiment in reality.

Anmerkung: Die Übersetzung der Zusammenfassung von deutsch nach englisch erfolgte mittels [www.deepl.com](http://www.deepl.com) und wurde nochmals überarbeitet.

**Keywords:** City planning, vertical greenery system, green facades, green spaces, emotions, electrodermal activity, skin conductance, perception, SAM

## Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen Personen bedanken, ohne die diese vorliegende Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Ein grosses Dankeschön möchte ich meiner Betreuerin, **Prof. Dr. Sara Irina Fabrikant** aussprechen für ihre Unterstützung, die Zeit für Gespräche und das Ausformulieren meiner Forschungsfrage. Ihre Expertise ermöglichte mir die Umsetzung einer Arbeit an der Schnittstelle zwischen der Geographie und der Psychologie.

Weiter möchte ich mich bei folgenden Personen herzlich bedanken:

- **Alex Sofios** für seine unermüdliche Unterstützung bei der Umsetzung meiner Idee in Virtual Reality. Bei allen technischen Problemen, bei denen ich bereits aufgegeben hätte, fand er immer eine funktionierende Lösung.
- **Sara Lanini-Maggi** für ihre Hilfestellung bei der Auswertung der Daten und der statistischen Überlegungen. Dank ihrem Wissen war ich in der Lage, physiologische Messdaten korrekt zu analysieren.
- **Dr. Tumasch Reichenbacher** für die Organisation der BioPac Software sowie das nützliche Feedback während des Dry-Run für das Konzeptgespräch.
- **Probandinnen und Probanden** für ihr Interesse und ihre Teilnahme an diesem Experiment. Ohne ihre Bereitschaft wäre die Durchführung der Arbeit nicht möglich gewesen.
- Meinem Partner **Maurice Kern** für die emotionale Stütze während der gesamten Arbeit und der Verfügbarkeit zahlreicher Tests in der Virtual Reality.
- Meinen Eltern **Daniela und Michael Lendenmann** für die Ermöglichung meines Studiums.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>I</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>II</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Forschungslücke und Ziel der Arbeit.....	2
1.2 Forschungsfragen und Hypothesen .....	3
1.3 Abgrenzung und Struktur der Arbeit .....	4
<b>2 Theoretischer Hintergrund</b> .....	<b>5</b>
2.1 Stadtverdichtung und deren Herausforderung.....	5
2.2 Rolle von Begrünung in Städten .....	7
2.2.1 Fassadenbegrünung .....	10
2.3 Einbezug der Bevölkerung in die Stadtplanung .....	13
2.3.1 Anwendung von VR in der Stadtplanung.....	14
2.4 Emotionsforschung in der Stadtplanung .....	15
2.4.1 Definition Emotion und Affekt.....	16
2.4.2 Definition Stimulus .....	18
2.4.3 Emotionsmessung: Subjektive und objektive Methoden .....	18
<b>3 Methoden</b> .....	<b>23</b>
3.1 Durchführung eines Experiments .....	24
3.1.1 Studiendesign .....	24
3.1.2 Ablauf des Experiments .....	25
3.1.3 Pilotstudie.....	30
3.1.4 Teilnehmende.....	31
3.2 Erstellung Stadtmodell .....	32
3.2.1 Unity .....	34
3.2.2 Twinmotion .....	34
3.2.3 Anwendung von VR .....	36

3.3 Emotionsmessung .....	38
3.3.1 Subjektive Messung: SAM und Fragebogen .....	38
3.3.2 Objektive Messung: Hautleitfähigkeit .....	40
3.3.3 Prozessierung der Rohdaten in Acqknowledge .....	43
<b>4 Resultate .....</b>	<b>45</b>
4.1 Subjektive Messung: SAM .....	46
4.1.1 Messung der Erregung.....	47
4.1.2 Messung der Valenz .....	49
4.2 Objektive Messung: Hautleitfähigkeit .....	51
4.2.1 Durchschnittliche Erregung über die Zeit .....	52
4.2.2 Anzahl Peaks Hautleitfähigkeitsreaktionen .....	56
4.2.3 Beziehung zwischen subjektiver und objektiver Messmethode.....	60
4.3 Umfrage nach dem Experiment.....	61
<b>5 Diskussion .....</b>	<b>67</b>
5.1 Umsetzung Experiment in VR .....	68
5.2 Effekt begrünter Fassaden auf Emotionen .....	69
5.2.1 Subjektive Messmethoden .....	69
5.2.2 Objektive Messmethoden .....	71
5.3 Korrelation der Messmethoden.....	73
5.4 Limitationen .....	74
<b>6 Fazit und Ausblick.....</b>	<b>76</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>78</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>84</b>
A – Bilder Virtual Reality.....	84
B – Einverständniserklärung.....	89
C – Versuchsprotokoll.....	92
D – Umfrage mit Limesurvey.....	95
E – Statistische Resultate .....	99
<b>Persönliche Erklärung.....</b>	<b>105</b>

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1</b>	Konzept der Gartenstadt nach E. Howard (Abel 2010).....	8
<b>Abbildung 2</b>	Bodengebundene (1 & 2) sowie wandgebundene (3 & 4) Begrünungssysteme (Pfoser 2016: 126-127).....	10
<b>Abbildung 3</b>	Bosco Verticale in Milano (Stefano Boeri Architeti 2014) .....	13
<b>Abbildung 4</b>	Russels Circumplex Model of Affect (Posner et al. 2005) .....	17
<b>Abbildung 5</b>	Die Dimensionen Valenz, Erregung und Dominanz anhand des Self-Assessment Manikin (SAM) (Bradley & Lang 1994).....	20
<b>Abbildung 6</b>	Probandin während des VR-Experiments in der CAVE .....	26
<b>Abbildung 7</b>	Ablauf des Experiments aufgeteilt in die zwei Gruppen.....	29
<b>Abbildung 8</b>	Auszug des Hautleitfähigkeitssignals aus Aqknowledge während der Pilotstudie .....	30
<b>Abbildung 9</b>	Auszug aus G*Power zur Berechnung der Stichprobengrösse .....	31
<b>Abbildung 10</b>	Importiertes Klötzchenmodell als Basis für die Visualisierung der Stadträume (Twinmotion) .....	33
<b>Abbildung 11</b>	Auswahl an möglichen Fassadenbegrünungen in Twinmotion .....	35
<b>Abbildung 12</b>	In Twinmotion gestalteter Stadtraum ohne Fassadenbegrünung .....	36
<b>Abbildung 13</b>	In Twinmotion gestalteter Stadtraum mit Fassadenbegrünung.....	36
<b>Abbildung 14</b>	Integration des SAM als Objekt in einen Stadtraum (Twinmotion) .....	39
<b>Abbildung 15</b>	Empatica Watch zur Messung der Hautleitfähigkeit (Empatica 2023) .....	41
<b>Abbildung 16</b>	Rohdatensignal sowie prozessierte Signale der Hautleitfähigkeit einer Versuchsperson.....	43
<b>Abbildung 17</b>	Differenz der Erregung zwischen den Stadträumen und der Baseline anhand der Position ....	48
<b>Abbildung 18</b>	Differenz der Erregung zwischen den Stadträumen und der Baseline anhand des Stadtraums .. .....	49
<b>Abbildung 19</b>	Differenz der Valenz zwischen den Stadträumen und der Baseline anhand der Position .....	50
<b>Abbildung 20</b>	Differenz der Valenz zwischen den Stadträumen und der Baseline anhand des Stadtraums ..	51
<b>Abbildung 21</b>	Durchschnittliche Erregung nach der Baseline-Korrektur anhand der Position für die Gruppenunterschiede mit Messwiederholung.....	53
<b>Abbildung 22</b>	Durchschnittliche Erregung nach der Baseline-Korrektur anhand der Position für die Messwiederholung .....	53
<b>Abbildung 23</b>	Durchschnittliche Erregung nach der Baseline-Korrektur anhand der Position für die Gruppenunterschiede .....	54
<b>Abbildung 24</b>	Durchschnittliche Erregung nach der Baseline-Korrektur anhand des Stadtraums für die Messwiederholung .....	55
<b>Abbildung 25</b>	Durchschnittliche Erregung nach der Baseline-Korrektur anhand des Stadtraums für die Messwiederholung und die Gruppenunterschiede .....	55
<b>Abbildung 26</b>	Durchschnittliche Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen nach der Baseline-Korrektur anhand der Position.....	57
<b>Abbildung 27</b>	Durchschnittliche Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen nach der Baseline-Korrektur anhand der Position für die Messwiederholung.....	57

<b>Abbildung 28</b>	Durchschnittliche Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen nach der Baseline-Korrektur anhand der Position für die Gruppenunterschiede .....	58
<b>Abbildung 29</b>	Durchschnittliche Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen nach der Baseline-Korrektur anhand des Stadtraums .....	59
<b>Abbildung 30</b>	Durchschnittliche Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen nach der Baseline-Korrektur anhand des Stadtraums für die Messwiederholung .....	59
<b>Abbildung 31</b>	Korrelation der subjektiven (SAM) und objektiven (Hautleitfähigkeit) Messmethode .....	60
<b>Abbildung 32</b>	Geschlechter- und Altersverteilung der Probandinnen und Probanden .....	61
<b>Abbildung 33</b>	Anzahl Antworten pro Kategorie für die Bewertung des Gesamteindruckes der Stadtbilder ..	62
<b>Abbildung 34</b>	Anzahl Antworten pro Kategorie für die Bewertung der Entspannung anhand der Stadtbilder .. .....	63
<b>Abbildung 35</b>	Anzahl Antworten pro Kategorie für die Bewertung des Valenz anhand der Stadtbilder .....	63
<b>Abbildung 36</b>	Anzahl Antworten pro Kategorie für die Bewertung der Ästhetik der Fassaden.....	64
<b>Abbildung 37</b>	Zusammenfassung der Bewertung des Gesamteindruckes für alle begrünten und nicht begrünten Stadträume .....	65

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1</b>	Tasks der Versuchsleiterin während des Experiments.....	27
<b>Tabelle 2</b>	Bewertungskriterien der verschiedenen Stadträume für die Umfrage .....	40
<b>Tabelle 3</b>	Effektgrösse und Interpretation nach Cohen (Cohen 1988) .....	46
<b>Tabelle 4</b>	Transformation der Kategorien in numerische Werte .....	65
<b>Tabelle 5</b>	Statistische Werte des Unterschiedes der fünf Stadträume .....	66
<b>Tabelle 6</b>	Mittelwerte und Standardabweichungen der Stadträume für die Ausprägungen begrünt und nicht begrünt.....	66
<b>Tabelle 7</b>	Qualitative Aussagen des Experiments über die Vorziehung von begrünten Fassaden .....	67

## 1 Einleitung

Urbanisierung ist einer der führenden internationalen Trends des 21. Jahrhunderts. Die Stadtbevölkerung wird dabei bis 2050 voraussichtlich um 70% zunehmen, was Auswirkungen auf die physische Umwelt, wie beispielsweise ein Verlust an Grünräumen in Städten mit sich bringen wird (Baumann & Brooks-Cederqvist 2023).

Eine der Hauptursachen für den Verlust solcher Grünräume ist die Zersiedelung, welche durch das stetige Bevölkerungswachstum und dem zunehmenden Platzmangel in Städten vorangetrieben wird. Ein Zersiedelungs-Stopp würde sich nachhaltig auf die Natur ausserhalb von Städten auswirken, allerdings wird dabei ein verdichtetes Bauen in bestehenden Kernzonen vorausgesetzt. Präziser ausgedrückt ist es notwendig, sich «von den Siedlungsteppichen zu lösen und vermehrt Stadtquartiere zu bauen, in denen wir wohnen, arbeiten und die Freizeit verbringen. Dies setzt aber voraus, dass wir uns in diesen Räumen wohlfühlen, eben wie in einem Garten» (Gantner 2015: 221). Damit wird deutlich, dass ein verdichtetes Bauen gefordert wird.

Dem Ansatz des verdichteten Bauens stehen jedoch viele Bevölkerungsgruppen kritisch gegenüber. Einerseits wird ein Verlust an Grünräumen innerhalb der Städte oder eine Mieterhöhung befürchtet. Andererseits besteht in der Gesellschaft häufig eine Abneigung gegenüber Hochhäusern, vor allem in Bezug auf die fehlenden Grünräume (Bundesrat 2017).

Als Folgeerscheinung sich verdichtender Städte kann eine horizontale Ausbreitung von Grünräumen nicht mehr in gleichem Mass erfolgen und Massnahmen wie eine Konvertierung der Grünräume in vertikale Räume sind gefragt (Elsadek et al. 2019: 2). Die Anwendung von begrünten Fassaden in Städten beschreibt dabei ein neues Konzept, welches immer mehr an Aufmerksamkeit gewinnt und die Koexistenz von Architektur und Natur miteinander vereint (Russo & Cirella 2018).

Aus der Umwelt-Perspektive leisten Grünräume und begrünte Fassaden innerhalb von Städten auch einen positiven Beitrag zum Klima: Der Hitzestress nimmt ab und der Wasserhaushalt wird reguliert (Fox-Kämpfer 2018: 321). Ein weiterer positiver Aspekt in Bezug auf das Klima ist die Speicherung von CO<sub>2</sub> und die Reduktion von Hitzeinseln (Fox-Kämpfer 2018: 324).

Nebst den positiven Aspekten auf das Klima spielen Grünräume eine wichtige Rolle in Bezug auf die mentale Gesundheit, da das Betrachten von grünen Pflanzen zu einem positiven

psychologischen Zustand führt und die physiologische Hirnaktivität steigert (Jang et al. 2014). Besonders Grünflächen in Städten leisten einen positiven Beitrag zur alltäglichen Stressbewältigung und weisen einen nutzbringenden Effekt für die menschliche Gesundheit auf (Tyrväinen et al. 2014: 1).

Das Fehlen von Grünräumen in Städten aufgrund der Urbanisierung kann somit ein erhöhtes Stressempfinden auslösen (Elsadek et al. 2019: 1). Mehrere Studien belegen, dass eine starke Korrelation zwischen gesamtheitlicher Gesundheit von Menschen und Stress besteht und psychologischer Stress heutzutage immer mehr zunimmt. Stress ist ein ernst zu nehmendes Problem in der öffentlichen Gesundheit, welches eng mit der mentalen Gesundheit wie dem Burnout-Syndrom, kardiovaskulären, Immun- und neurologischen Krankheiten zusammenhängt (Tyrväinen et al. 2014: 1). Um Stress zu erkennen, werden in der Forschung physiologische Signale des Menschen wie etwa elektrodermale Aktivität (EDA), Hauttemperatur und Blutvolumenpuls als Indikator für Stress verwendet (Liu & Du 2018: 50). Besonders in modernen, urbanisierten Gesellschaften werden akuter, chronischer Stress und ungenügende Erholung von Stress als zunehmende Probleme erkannt und stellen Gründe für negative Langzeitfolgen auf die menschliche Gesundheit dar (Tyrväinen et al. 2014: 1).

Städteplanerinnen und Städteplaner sowie Architektinnen und Architekten werden dementsprechend heutzutage gefordert, möglichst nachhaltige Stadtentwürfe zu erfüllen, welche Ressourcen und Umwelteinflüsse minimieren, die Zersiedelung stoppen, aber auch die psychische Gesundheit der Bevölkerung berücksichtigen (Radic et al. 2019: 1).

### 1.1 Forschungslücke und Ziel der Arbeit

Anhand der Einleitung wird deutlich, dass Fassadenbegrünungen einen möglichen Ansatz in Bezug auf das Bevölkerungswachstum und den mangelnden Platz an horizontalen Grünflächen liefern könnten. Vertikale Begrünungen können zudem verhindern, dass sich vor allem dicht besiedelte Städte in heruntergekommene Orte mit weniger Lebensqualität verwandeln (Sheweka & Mohamed 2012: 508). Dennoch wurde das Feld der Fassadenbegrünung, welches auch als vertikales Begrünungssystem benannt ist, bis heute noch nicht ausreichend erforscht (Sheweka & Mohamed 2012: 508). Es existieren zwar bereits einige Studien, welche den Effekt von begrünten Städten auf das Wohlbefinden und die Gesundheit untersuchen. Allerdings wurde der Effekt bisher eher an horizontalen Grünräumen in Städten in Form von Parks oder Bäumen beobachtet. Es gibt nur wenige Studien, die sich spezifisch auf begrünte Fassaden und

deren Wirkungsweise auf die Entspannung des Menschen fokussieren (Elsadek et al. 2019: 1). Zudem wurden einige der nutzbringenden Eigenschaften von begrünten Fassaden, besonders in Bezug auf das Stressempfinden, noch nicht ausreichend empirisch erforscht (Radic et al. 2019: 17). Häufig wurden Effekte aufgrund von Selbstbeurteilungen durch Umfragen erzielt.

Weiter wurde bisher der Effekt von Begrünung in Städten häufig an der Bewertung von Bildern gemessen (Weinberger 2022), wobei jeweils im Ausblick erwähnt wird, dass eine höhere Validität bei der Durchführung von Experimenten in der realen Welt oder Virtual Reality (VR) vorliegen würde. Die vorliegende Arbeit knüpft an das Vorwissen der bestehenden Literatur an und setzt sich daher zum Ziel, die Emotionen und das Stressempfinden in Stadträumen anhand psychophysiologischer Reaktionen in einer virtuellen Städtesituation zu testen. Dabei steht die Begrünung von Fassaden als mögliche Stressreduktion im Vordergrund.

## 1.2 Forschungsfragen und Hypothesen

Aus der Einleitung sowie dem Ziel der Arbeit in den vorhergehenden Teilkapiteln lassen sich folglich zwei Forschungsfragen ableiten. Demnach orientiert sich die Arbeit an der Beantwortung folgender Haupt- sowie Nebenforschungsfrage:

**F1:** *Inwiefern beeinflussen begrünte Fassaden in virtuellen Stadträumen die Emotionsdimensionen Valenz<sup>1</sup> und Erregung<sup>2</sup>?*

**F2:** *Wie stark decken sich subjektive Bewertungen von Stadträumen mit objektiven Messwerten?*

Im Hinblick auf die Hauptforschungsfrage lassen sich dabei folgende Hypothesen ableiten:

**H1.1:** *Begrünte Fassaden weisen einen entspannenden Effekt nach und führen demnach zu einer Abnahme der Erregung und Anspannung.*

**H1.2:** *Begrünte Fassaden zeigen einen positiven Einfluss auf die Valenz.*

---

<sup>1</sup> Unter Valenz wird in der Psychologie die Wertigkeit eines Objektes von negativ bis positiv verstanden (Lerner & Keltner 2000).

<sup>2</sup> Erregung bedeutet in der Emotionspsychologie eine «erhöhte Gemütsbewegung», die oftmals durch Reize ausgelöst wird (Spektrum 2000a).

Anhand der zweiten Forschungsfrage wird folgende Hypothese abgeleitet:

**H2:** *In Bezug auf die Emotionsmessung zeigen Werte aus subjektiven und objektiven Messmethoden einen ähnlichen Effekt auf.*

Tritt keine der aufgelisteten Hypothesen ein, wird die Nullhypothese, welche auf keinen Effekt hindeutet, beibehalten (Martin 2008: 26).

### 1.3 Abgrenzung und Struktur der Arbeit

Die Rolle von Begrünung in Städten umfasst ein sehr grosses Themengebiet und daher ist eine thematische Abgrenzung in dieser Arbeit notwendig.

Da der Einbezug von allgemeinen Grünräumen in Städte neben den begrünten Fassaden den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde und bezogen auf die Wahrnehmung von Grünräumen in Städten bereits einige Studien durchgeführt wurden, liegt der Fokus der vorliegenden Arbeit nur auf der Begrünung von Fassaden. Weiter werden in dieser Arbeit nicht alle Aspekte begrünter Fassaden vertieft. Beispielsweise können begrünte Fassaden auch aus wirtschaftlicher und vermehrt ökologischer Sicht betrachtet werden, beispielsweise inwiefern sich Kosten und ökologischer Nutzen decken. Trotz der überwiegenden Vorteile der Fassadenbegrünung bringt sie auch Schwierigkeiten mit sich. Mangelnde Planung, fehlende fachkompetente Beratung und damit verbundene hohe Bewirtschaftungskosten sowie misslungene Projekte führen bis anhin zu einer Hemmung einer grossflächigeren Umsetzung begrünter Fassaden (Heinrich 2019: 14). Die vorliegende Studie bezieht sich auf die Wahrnehmung und die zugrunde liegenden Emotionen begrünter Fassaden auf den Menschen und erforscht demnach den Nutzen aus psychologischer Sicht.

Die Arbeit präsentiert im Anschluss an die Einleitung einen theoretischen Hintergrund basierend auf den Themen Verdichtung in Städten, der Rolle von Begrünung in Städten und verschiedenen Messmethoden zur Evaluierung von Emotionen in einem städtischen Kontext. Weiter werden die Methoden präsentiert, die der Beantwortung der vorliegenden Fragestellungen dienen. Im darauffolgenden Kapitel sind die Ergebnisse in drei unterschiedlichen Teilen basierend auf den verschiedenen Messmethoden aufgezeigt. Im letzten Teil werden die präsentierten Fragestellungen anhand einer Diskussion beantwortet, in der auch auf die Limitationen dieser Arbeit eingegangen wird.

## 2 Theoretischer Hintergrund

Für eine Analyse der vorliegenden Forschungsfragen ist ein theoretischer Hintergrund aus verschiedenen Teildisziplinen der Stadtplanung, Anwendungen wie VR, der Begrünung von Städten sowie der Psychologie essenziell. In den nachfolgenden Teilkapiteln wird daher das nötige Hintergrundwissen zur Beantwortung der Forschungsfragen vermittelt.

### 2.1 Stadtverdichtung und deren Herausforderung

Das Kulturland<sup>3</sup> hat im letzten Vierteljahrhundert stark in der Fläche abgenommen, in der Schweiz beispielsweise um 85'000 ha (Gantner 2015: 221). Um das Problem der schwindenden Naturflächen zu lösen, sind Ideen und Konzepte nötig, um die Dichte in Städten zu erhöhen. Ableitend aus einem Postulat des Bundes in der Schweiz setzt der Bundesrat darauf, die Zersiedelung zu stoppen, um durch eine hochwertige Verdichtung mehr Siedlungsqualität zu gewinnen (Bundesrat 2017: 9). Der Zersiedelung kann nachhaltig entgegengewirkt werden, indem bereits bestehende Städte in die Höhe und nicht in die Breite erweitert werden. Dies erfordert beispielsweise eine ansprechende Gestaltung von geschlossenen Bauweisen und Hochhäusern (Gantner et al. 2015: 221), um das Wohnen in der Stadt attraktiver zu gestalten.

Trotz des ökologischen und wirtschaftlichen Nutzens des verdichteten Bauens existieren auch Herausforderungen vor allem in Bezug auf das psychologische Wohlbefinden der Menschen, beispielsweise das Stressempfinden (Baumann & Brooks-Cederqvist 2023) oder ein Akzeptanzproblem gegenüber verdichtetem Bauen.

Die negative Wahrnehmung könnte daher rühren, dass negative Folgen des verdichteten Bauens befürchtet werden, beispielsweise ein Verlust von grünen Räumen, Erhöhung der Mietzinsen, die Zunahme an Verkehr, weniger Tageslicht und erhöhte Kriminalität. Andererseits können Personen aufgrund einer negativen Wahrnehmung gewisser Objekte, beispielsweise Hochhäuser, geprägt sein. Teile der Bevölkerung erachten demnach Siedlungsverdichtungen als eine negative Stadtentwicklung. Verstärkt wird diese Sichtweise durch missglückte Versuche einer solchen Verdichtung und Wohnformen, die das letzte Jahrhundert geprägt haben, wie etwa düstere Wohnblöcke, Betonbauten oder monofunktionale Quartiere. Damit sich die Sichtweise der Bürgerinnen und Bürger verändern kann und zunehmende Akzeptanz vorherrscht, sollten Neubauten von hoher gestalterischer Qualität geprägt sein. Vor allem

---

<sup>3</sup> Unter «Kulturland» versteht man von Landwirtschaft genutzte Böden und Flächen sowie ackerfähige Naturwiesen (Bundesamt für Landwirtschaft 2012).

«ortsspezifische Identitäten, charakteristische Bauten und wertvolle Freiräume» sollen dabei zwingend erhalten bleiben (Bundesrat 2017: 15). Protest der Bevölkerung kommt auch im Zusammenhang mit dem begrenzten Wohnraum in der Stadt Basel zum Vorschein. Die Stadt, welche durch zwei Nachbarnländer begrenzt wird, hat nur wenige Möglichkeiten zur Erweiterung. Infolgedessen wurde beispielsweise überlegt, einige Basler Kleingartenanlagen, bzw. Familiengärten (insgesamt 40% der gesamten Grünflächen der Stadt Basel) zu bebauen (Fox-Kämpfer 2018: 332). Zusammengefasst wird bei der Verdichtung von städtischen Gebieten von einem Verlust der Lebensqualität ausgegangen (Bundesrat 2017: 15).

Neben den subjektiven Wahrnehmungen kann auch die mentale Gesundheit unter dem Ansatz des verdichteten Bauens leiden. Peen et al. (2010) haben anhand einer Meta-Analyse herausgefunden, dass Personen, welche in Städten wohnhaft sind, häufiger unter psychischen Erkrankungen leiden im Vergleich zu Menschen, die auf dem Land leben. Zudem sind Stadtbewohnerinnen und -bewohner viel häufiger von Ängsten sowie Stimmungsschwankungen betroffen im Vergleich zur Gesamtbevölkerung (Peen et al. 2010). Knöll et al. kamen in ihrer Studie zum Schluss, dass die Dichte einer Stadt, mitunter auch die Gebäudehülle und Höhe der Gebäude einen positiven Zusammenhang zu urbanem Stress und einem Gefühl der Unsicherheit aufweisen (Knöll et al. 2018). Baumann & Brooks-Cederqvist (2023) haben anhand einer Studie eine Zunahme an Komfort und Sicherheit sowie eine Abnahme der Herzfrequenz in weniger dicht besiedelten Umgebungen beobachtet (Baumann & Brooks-Cederqvist 2023: 6).

Die zunehmende Urbanisierung und Stadtverdichtung üben Druck auf bestehende Grünräume innerhalb von Städten aufgrund von Platzmangel (Tyrväinen 2014: 1) aus. Trotz der positiven Einflüsse auf das Klima sind urbane Grünräume in vielen verdichteten Städten in einer unzureichenden Menge vorhanden (Fox-Kämpfer 2018: 321) und im Hinblick auf die Zersiedelung wird mit dessen Fortschritt eine grössere Isolation und Trennung des Menschen zur Natur erwartet (Elsadek et al. 2019: 1). Um begrünte Räume als Erholungsräume erhalten zu können, sollten wenn möglich weitere Baulanderschliessungen unterbunden werden und dafür die Siedlungen verdichtet werden. Die verdichteten Räume «sind aber so zu gestalten, dass lebenswerte und lebendige Gartenstädte entstehen» (Gantner 2015: 222).

Heutzutage dürfen in der Architektur allgemeine Regeln über einen nachhaltigen Entwurf nicht vernachlässigt werden. Ein nachhaltiger Entwurf beinhaltet soziale, kulturelle, ökonomische

und ökologische Aspekte und bezieht sich beispielsweise darauf, Energieeffizienz und erneuerbare Energien in den Prozess miteinzubeziehen (Gil-Mastalerczyk 2016: 2), aber auch das menschliche Wohlbefinden zu fördern.

## 2.2 Rolle von Begrünung in Städten

Grundsätzlich war «grüne Infrastruktur war schon lange, bevor dieser Begriff geprägt wurde, Bestandteil der Stadt» (Fox-Kämpfer 2018: 334). Folglich haben sich bereits einige Studien mit der Rolle und Wahrnehmung von Grünräumen in Städten auseinandergesetzt (Kothencz 2017). Da Stadtverdichtungen unter anderem einen Verlust an Grünräumen zur Folge haben, beschäftigt sich dieses Teilkapitel demnach mit der Rolle von Begrünung in Städten aus verschiedenen Perspektiven und beginnt mit einem historischen Exkurs.

Vor dem 17. Jahrhundert war das urbane Grün bedeutungslos, da es aufgrund des engen Stadtgrundrisses und der Stadtmauer keine Möglichkeiten dazu gab (Fox-Kämpfer 2018: 325). Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts geriet die Wichtigkeit von Begrünung durch das Konzept der Gartenstadt von E. Howard erstmals in den Fokus (Howard 1965). Als Begründer des Konzepts setzte sich Howard damals für einen Stopp an Zersiedelung ein und betonte die Wichtigkeit der Trennung von Stadt und Land. Die Abbildung 1 (Abel 2010) zeigt das Prinzip der Gartenstadt von Howard auf. Man erkennt eine zentrale Stadt, die durch sechs weitere, kleinere Städte auf dem Land erweitert wurde. Das Ziel des Konzepts besteht darin, ein unkontrolliertes Wachstum der zentralen Stadt zu verhindern (Howard 1965).

Schlussendlich hat Howards Konzept allerdings darin geendet, dass eine Auto-Abhängigkeit entstand, sowie die natürlichen Ressourcen strapaziert wurden, indem die Korridore zwischen Wohn- und Arbeitsraum die Landschaft zerschnitten (Abel 2010: 21). Somit bewirkte das Konzept das Gegenteil der ursprünglichen Idee.

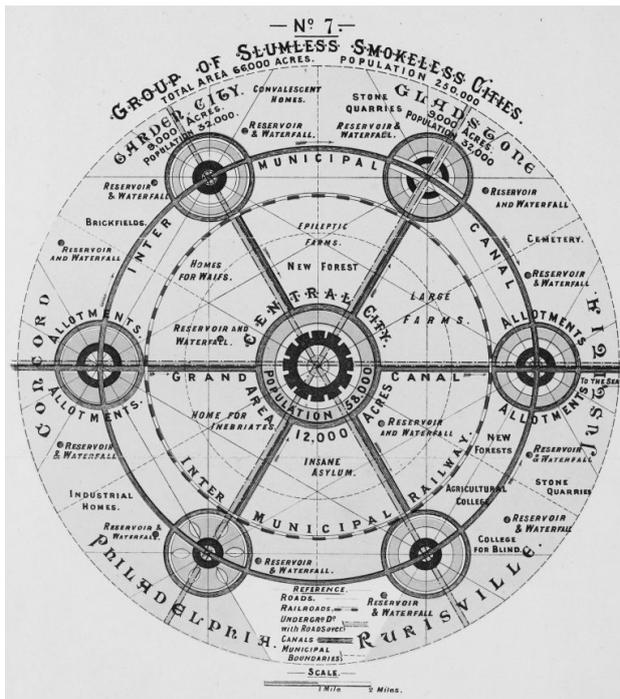


Abbildung 1 Konzept der Gartenstadt nach E. Howard (Abel 2010)

Erst in der Nachkriegszeit wurde das Konzept in einer Weise verändert, sodass unter einer Gartenstadt mehrere mögliche Prinzipien verstanden werden. Prägend sind beispielsweise die Einzelhausbebauungen mit grossen Gartengrundstücken in England oder die klassischen *Suburbs* der USA, welche unter dem Begriff der Gartenstadt entstanden (Spektrum 2001). Diese Beispiele entsprechen dem heutigen Verständnis einer Gartenstadt.

Besonders in den letzten Jahren hat der Stellenwert von Grünräumen in Städten zugenommen (Fox-Kämpfer 2018: 322). Die Bedeutung von urbanen Grünräumen kann auf mehreren Ebenen, wie der gesellschaftlichen, ökologischen, gesundheitlichen oder ästhetischen Ebene betrachtet werden. Allgemein wird urbanes Grün als «wichtiges Element zur räumlichen Versorgung der Bevölkerung und das zur Lebensqualität beiträgt» beschrieben (Fox-Kämpfer 2018: 322).

Begrünungen in einer Stadt weisen aus ökologischer Perspektive einen stark positiven Effekt in Bezug auf das Klima nach. Bäume in Städten verbessern die Luftqualität und reduzieren den Verbrauch an Energie. In Bezug auf das Klima reduzieren Grünräume Hitzeinseln, die durch das Klima verursacht werden und einen Einfluss auf die Energienachfrage, Treibhausgas-Emissionen, Wasserqualität, Krankheit und Sterblichkeit haben (Sheweka & Mohamed 2012: 508).

Grünräume in Städten leisten aber auch einen wichtigen Beitrag zur menschlichen Gesundheit. Die rasch ansteigende Urbanisierung und damit das Fehlen von Grünräumen in Städten zeigt einen Einfluss auf die körperliche sowie die mentale Gesundheit des Menschen (Elsadek et al. 2019). Die WHO definiert Gesundheit als den Status des kompletten physischen, mentalen und sozialen Wohlbefindens (WHO 2016). Viele Studien weisen nach, dass die Begrünung in Städten wichtige Funktionen hat und einen positiven Einfluss auf die mentale sowie die physische Gesundheit aufweist, Stress vermindert und die mentale Erholung verbessert (Tyrväinen et al. 2014: 1). So haben Gilchrist et al. (2015) anhand einer Alltagsstudie herausgefunden, dass der Ausblick vom Arbeitsplatz aus ins Grüne, wie beispielsweise Bäume und Pflanzen mit Blumen, mit einem verbesserten mentalen Wohlbefinden einhergeht (Gilchrist et al. 2015). Die Studie von Ulrich et al. (1991) konnte aufzeigen, dass bereits das Betrachten von Wäldern, Pflanzen und städtischen Grünräumen anhand von Bildern einige Vorteile für den Menschen, wie beispielsweise eine Stressreduktion mit sich bringt (Ulrich et al. 1991). Ebenso haben Tyrväinen et. al anhand eines Experiments in der Realität festgestellt, dass der Aufenthalt in Naturräumen positive Aspekte im Hinblick auf das emotionale Wohlbefinden und die kognitive Leistung mit sich bringt (Tyrväinen et al. 2014).

Weitere gesundheitliche Effekte von Grünräumen sind die Verminderung von Depression und Angst, die Verbesserung des Gemüts sowie ein stark zunehmendes Gefühl der Freude (Elsadek et al. 2019: 2). Kardan et al. (2015) konnten in ihrer Studie den Schluss ziehen, dass mehr als elf Bäume pro Häuserblock in einer Stadt zu einer Reduktion kardiometabolischer Krankheiten führen können (Kardan et al. 2015: 1). Demnach berichten Menschen, die in Stadtvierteln mit mehr Bäumen leben, von einer besseren Gesundheit, auf mentaler wie auch auf physiologischer Ebene (Kardan et al. 2015: 2). Zusammengefasst zeigen bereits kurzzeitige Besuche in der Natur positive Effekte auf den Stressabbau und die allgemeine Gesundheit im Vergleich zu einer bebauten Stadt. Somit unterstreichen die aufgeführten Studien die Wichtigkeit von Parks in Städten, um stressreduzierende Effekte beispielsweise nach einem Arbeitsalltag zu erzielen (Tyrväinen et al. 2014: 8).

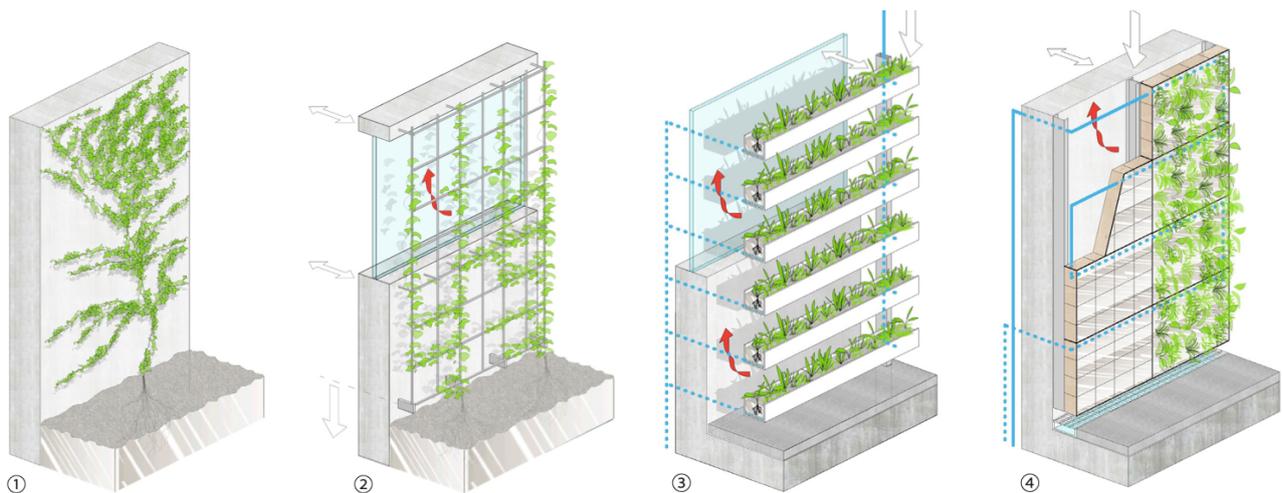
Grünräume in Städten sind auch aus gesellschaftlicher Perspektive zentral. Die Zugänglichkeit zu Parks, eine breite Nutzung für Freizeitaktivitäten und ihre Ästhetik sind Bestandteile, die zu einer besseren Lebensqualität beitragen, da sie das Stadtbild aufwerten. Die Studie von Weinberger et al. (2021) hat beispielsweise die Wahrnehmung von natürlichen, sowie städtischen Umgebungen anhand der Faktoren Faszination, Stimmigkeit und Gemütlichkeit untersucht. Dabei gehen Bilder der Natur im Vergleich zu bebauter Architektur mit einer höher

eingeschätzten Lebensqualität sowie einem entspannenden Gefühl einher (Weinberger et al. 2021: 8). Zudem tragen grüne Korridore in Städten als verbindende Elemente zwischen Parkanlagen zu einer besseren Lebensqualität in Städten bei und bieten ein vielfältiges Nutzungspotenzial für Freizeitaktivitäten wie beispielsweise Joggen oder Fahrradfahren (Gantner 2015).

Somit spielen Grünräume in Städten eine entscheidende Rolle aus gesundheitlicher, ökologischer und gesellschaftlicher Sicht.

### 2.2.1 Fassadenbegrünung

Die Fassadenbegrünung gilt als eine der Möglichkeiten, mehr Grün in Städte zu integrieren. Unter der Anwendung von Fassadenbegrünungen existieren zahlreiche Definitionen und Ausprägungen. Aus diesem Grund ist an dieser Stelle eine Begriffserklärung von Fassadenbegrünungen notwendig. Der Begriff der vertikalen Begrünungssysteme ist der am häufigsten verwendete Name für Fassadenbegrünung (Radic et al. 2019: 4). Grundsätzlich wird



**Abbildung 2** Bodengebundene (1 & 2) sowie wandgebundene (3 & 4) Begrünungssysteme (Pfoser 2016: 126-127)

unterschieden zwischen begrünter und lebendiger Fassade, wobei es sich bei Letzteren um designte Pflanzenelemente, sogenannte Module, handelt. Die Pflanzen erhalten Wasser sowie Nährstoffe von einem vertikalen, an der Fassade angebrachten System (Green over grey 2013). Begrünte Fassaden hingegen haben ihre Wurzeln im Boden verankert und klettern an einem System der Fassade hoch (Radic et al. 2019: 2). In der vorliegenden Arbeit werden beide Systeme unter dem Begriff «begrünte Fassaden» zusammengefasst und verstanden, da der Fokus auf der visuellen Wahrnehmung begrünter Fassaden liegt und weniger auf den Unterschieden der einzelnen Systeme und deren Umwelteinflüsse.

In der Abbildung 2 sind die verschiedenen Systeme der Fassadenbegrünung dargestellt. Bei den beiden Systemen auf der linken Seite handelt es sich um bodengebundene Fassadenbegrünungen. Dafür kommen häufig Kletterpflanzen wie Efeu zum Einsatz. Im Gegensatz dazu sind rechts die wandgebundenen Systeme ersichtlich.

Die Motivation der Fassadenbegrünung liegt in der strengen Flächenlimitierung einer Stadt und aus diesem Grund werden «gebäudegebundene Lösungen, etwa auf geeigneten Flachdächern oder als vertikales Grün für die Produktion von Nahrungsmitteln immer mehr in den Blick genommen» (Fox-Kämpfer 2018: 328). Demnach kann die Anwendung von begrünten Fassaden als mögliche, platzsparende Lösung für mehr Grünraum in städtischen Gebieten betrachtet werden (Elsadek et al. 2019: 1) und bietet einen öffentlichen, sowie einen privaten Nutzen. Die Fläche von Fassaden kann in Städten bis zu 20-mal grösser sein als die Dachfläche und somit erzielen begrünte Fassaden einen grösseren Einfluss auf die Umwelt im Vergleich zu begrünten Dächern (Dunnet 2008).

Die vertikale Begrünung von Gebäuden bringt ausserdem weitere positive Aspekte mit sich. Sie führt zu einer höheren Biodiversität, einer Verbesserung des Mikroklimas sowie einem effizienteren Energiehaushalt von Gebäuden. Wie auch Grünräume in Städten verbessern vertikale Begrünungen die Luftqualität (Torpy und Zavattaro 2018), indem sie zu einem vertikalen Durchmischen der Stadtluft führen (Sheweka & Mohamed 2012: 508). Die Studie von Alexandri & Jones (2008) hat belegt, dass die Temperatur in Stadtgebieten bei der Anwendung von begrünten Fassaden signifikant abnimmt. Fassadenbegrünungen ermöglichen es, im Sommer 40% bis 60% der Sonneneinstrahlung zu reflektieren oder absorbieren (Sheweka & Mohamed 2012: 509). Das vorhandene Kühlungspotenzial von begrünten Fassaden auf der Gebäudeoberfläche spielt demnach eine zentrale Rolle während des Sommers im Hinblick auf ein heisses Klima und trägt zu einer besseren Isolation des Gebäudes bei. Eine Studie bestätigt die Reduktion Effekten der Hitzeinseln um 2°C, wodurch rund 5 bis 10% an Stromverbrauch gespart werden können (Sailor 2008). Den grössten Nutzen der Fassadenbegrünung bringt die Verdunstung mit sich. Dabei handelt es sich um die kostengünstigste und effektivste Methode, um ein Gebäude zu kühlen (Sheweka & Mohamed 2012: 512). Einer weiteren Studie zufolge kann Vegetation an einer Fassade als Hitzepuffer bis zu 20% des Energieverbrauches eines Gebäudes reduzieren (Haggag 2010). Hierbei kann beste Effekt in Bezug auf das Einsparen von Energie kann in warm-trockenen Klimaregionen erzielt werden (Radic et al. 2019: 9).

Zudem dienen begrünte Fassaden als Barriere von Geräuschen und eignen sich daher besonders gut in Städten, um den Verkehrslärm in Gebäuden zu minimieren (Sheweka & Mohamed 2012: 507). Ausserdem wird die Struktur und die Fassade eines Gebäudes von UV-Strahlung und der Temperatur sowie auch von Regen und Wind geschützt (Sheweka & Mohamed 2012: 520). (Radic et al. 2019: 16).

Die Auswirkungen auf das Klima sind jedoch auch immer vom Pflanzentyp und der Exposition abhängig (Sheweka & Mohamed 2012: 510). Für die Begrünung von Fassaden werden häufig Kletterpflanzen wie beispielsweise Efeu oder der *Ficus pumila* (Sheweka & Mohamed 2012: 507) verwendet. Eine Studie zeigt auf, dass beispielsweise Efeu Feinstaub signifikant besser auffangen kann im Vergleich zu anderen Pflanzentypen (Reznik & Schmidt 2009). Zudem trägt Efeu zum Erhalt der Tierhabitate bei, indem sie für Schmetterlinge und Vögel sehr anziehend sind (Radic et al. 2019: 14). Ein weiterer Aspekt für eine nachhaltige Begrünung ist die Verwendung von einheimischen Pflanzen (Gantner 2015: 220).

Der Nutzen der Fassadenbegrünung aus gesundheitlicher Sicht lässt sich aus dem vorhergehenden Kapitel der Grünräume in Städten ableiten. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass begrünte Fassaden einen ästhetischen Mehrwert liefern und die Entspannung stimulieren können (Elsadek et al. 2019).

Ein bestehendes Beispiel von vertikalen Begrünungen zeigt die *CapitaGreen* auf. Dabei handelt es sich um ein Wahrzeichen in der Skyline von Singapur (Gil-Mastalerczyk 2016: 2). Aufgrund von diesem und weiteren Beispielen wird Singapur auch als «Gartenstadt» betitelt (Gantner 2015). Am Beispiel von Singapur lässt sich erkennen, dass der Zusammenschluss von Parks durch bepflanzte Korridore besonders geschätzt und von einer breiten Vielfalt an Menschen für Freizeitaktivitäten wie Joggen, Fahrradfahren und Inlineskating genutzt wird (Gantner 2015: 220). Ein weiteres bekanntes Beispiel, das die Anwendung von begrünten Fassaden zeigt, ist der *Bosco Verticale* in Milano. Ein Beispielbild des Hochhauses in urbanem Kontext kann der Abbildung 3 entnommen werden. Trotz seiner ästhetischen Wirkung und der Vorteile auf das Mikroklima steht das Gebäude auch in der Kritik bezüglich hoher Bewässerungskosten sowie keiner Verbesserung des globalen Klimas (SRF 2019). Um die Pflanzen von begrünten Fassaden zu bewässern, werden aber auch wassersparende Technologien verwendet, wie beispielsweise das Sammeln von Regenwasser (Gil-Mastalerczyk 2016: 4).



**Abbildung 3** Bosco Verticale in Milano (Stefano Boeri Architetti 2014)

Die Umsetzung von begrünten Fassaden an hohen Gebäuden generiert eine gesunde Umgebung, um zu arbeiten und wohnen und schafft im besten Fall eine Aura, in der sich Menschen gerne aufhalten (Gil-Mastalerczyk 2016: 6). Vertikale Begrünungen sind folglich essenziell, um die Nachhaltigkeit eines Gebäudes zu erhöhen und werden als architektonische Eigenschaft betrachtet, welche Fassaden ästhetisch, aber auch klimatechnisch aufwerten (Sheweka & Mohamed 2012: 508). Zusammengefasst verbessert Fassadenbegrünung den visuellen, ästhetischen und sozialen Aspekt einer Stadtumgebung und beeinflusst folglich den ökonomischen Wert eines Gebäudes und dessen Nachbarschaft (Radic et al. 2019: 16).

### 2.3 Einbezug der Bevölkerung in die Stadtplanung

Allgemein versteht sich jede Art von Stadtplanung als etwas Unreales oder ein Szenario, das in der Zukunft eintreten kann (Ernst et al. 2021: 150). In der Stadtplanung spielen Menschen eine wichtige Rolle, denn sie geben individuelle Einblicke in städtische Situationen, welche Städteplanerinnen und -planer unterstützen können. Die Fähigkeit, Rückschlüsse auf das menschliche Verhalten im städtischen Raum ziehen zu können und bürgerzentrierte Sichtweisen in Planungsprozesse einfließen zu lassen, sind langfristige Ziele der Stadtplanung (Dörrzapf et al. 2015: 12).

Das United National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) führte 1996 den Begriff des öffentlichen partizipativen geographischen Informationssystems (PPGIS) ein. Eine Partizipation im Feld der Stadtplanung wird als «Prozess der Entscheidungsfindung und Problemlösung, unter Einbezug von Individualen und Gruppen, welche diverse Interessen, Expertisen und Standpunkte repräsentieren und sich für diejenigen einsetzen, die durch eine Planung und deren Folgen betroffen sind» verstanden (Ernst et al. 2021: 151).

Der Einbezug von Laien in die Stadtplanung spielt zudem eine zentrale Rolle, da sich die Wahrnehmungen von Laien und Experten stark unterscheiden. Weinberger et al. (2022) haben in ihrer Studie den Einfluss von Expertise auf emotionale Reaktionen von Umgebungen analysiert. Das durchgeführte Experiment basierend auf Bildern von Stadtkörpern konnte beweisen, dass es effektiv einen Unterschied in der Wahrnehmung zwischen Experten und Nicht-Experten gibt (Weinberger et al. 2022: 9).

### 2.3.1 Anwendung von VR in der Stadtplanung

Eine mögliche Form des Einbezuges von Menschen in die Stadtplanung stellt Virtual Reality (VR) dar, um Meinungen, Gefühle und Einschätzungen der Bevölkerung besser zu integrieren. Die Anwendung von VR in der Stadtplanung hat in den letzten Jahren einen Aufschwung erlebt, da die Resultate von Berichten und 2D-Karten häufig unzureichend sind. Für die Erstellung einer virtuellen Stadt werden 2D-Karten, welche mit Hilfe von geographischen Informationssystemen (GIS) erstellt werden, in ein 3D-Modell und danach in eine VR transformiert (Ernst et al. 2021: 150). Der Nachteil von 2D-Karten in der Stadtplanung besteht darin, dass Personen, welche nicht über genügend Knowhow verfügen, Schwierigkeiten haben, Karten richtig zu lesen und auch zu verstehen. Daraus resultierend findet eine Exklusion der Gesamtbevölkerung aus Planungsprozessen statt und die Städteplanung kann unter diesen Umständen nicht als effizienter Prozess dienen (Ernst et al. 2021: 151).

In neueren Studien wurde bereits bewiesen, dass das Gehirn in einem mentalen Raum, beispielsweise VR, dieselben neuronalen Algorithmen durchspielt wie in der physischen Welt. Die Nutzung von VR-Systemen bringt städtische Planungen auf eine neue Ebene und erlaubt eine Erfahrung von städtischen Situationen in Echtzeit. Trotzdem sind aktuell die Möglichkeiten von VR für Simulationen potenzieller Zukunftsszenarien begrenzt erforscht. Solche Simulationen würden Planende dabei unterstützen, sogenannte «Was-Wenn» Szenarien zu erforschen und auf Umsetzungsmöglichkeiten zu prüfen (Ernst et al. 2021: 152). Bei der

Anwendung von VR-Brillen erleben Nutzerinnen und Nutzer ein geplantes, virtuelles Projekt als eine realitätsnahe Erfahrung durch die Vermittlung eines Raumgefühls (Ernst et al. 2021: 153). Die VR in der Stadtplanung findet auch Anwendung im Themenbereich der Navigation. Credé et al. (2020) haben in ihrer Studie beispielsweise die Rolle des Arbeitsgedächtnisses bei der Erfassung von lokalen und globalen Orientierungspunkten während der Navigation durch eine virtuelle Stadt untersucht (Credé et al. 2020).

#### 2.4 Emotionsforschung in der Stadtplanung

Gefühle und Wahrnehmungen von Menschen sind wichtige Parameter, um eine Stadt weiterzuentwickeln (Zeile et al. 2015: 11). Die Emotionsforschung findet daher in der Stadtplanung zahlreiche Anwendungsgebiete und wird ein zunehmend wichtiger Faktor in der erfolgreichen Weiterentwicklung von Städten. So werden Emotionsdaten beispielsweise genutzt, um die Kriminalität in einem städtischen Raum zu untersuchen oder um urbane Zonen umzugestalten, welche durch mangelnde Sicherheit geprägt werden (Curtis 2012: 178).

*Urban Emotions* ist dabei eines der bekanntesten Konzepte, um den Menschen als Sensor in Stadtprozesse einzubinden und die Stadtplanung zu erleichtern (Zeile et al. 2014). Das Konzept bietet eine bürgerzentrierte Sichtweise, in der der Mensch als wichtiges Messinstrument in der Stadtplanung eingesetzt wird. Ein weiterer Ansatz zur Erforschung der Emotionen stellt das sogenannte *Bio Mapping* dar. Christian Nold (2009) konnte dabei aufzeigen, dass emotionale Empfindungen und Reaktionen sowohl in Städten als auch in der Stadtplanung eine wichtige Rolle spielen. Die Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern in Planungsprozesse ermöglichen es, Daten über emotionale Empfindungen zu erlangen. Methoden der Stadtplanung zur Emotionsmessung umfassen Tagging<sup>4</sup>, Extraktion von Emotionsinformation aus nutzergenerierten Daten wie beispielsweise Twitter und psychophysiologische Messungen (Dörrzapf et al. 2015: 13-15).

Das Forschungsfeld der *Humansensorik* möchte eine qualitative Aufwertung von Städten erreichen, indem beispielsweise Stadtbereiche, die mit Unwohlsein in Verbindung stehen, erkannt werden (Bergner et al. 2011: 432).

Ein bekanntes Beispiel für den Einbezug von Bürgerinnen und Bürgern in die Forschung ist das Thema der Barrierefreiheit. Dabei bewegen sich Personen mit Einschränkungen anhand eines

---

<sup>4</sup> Tagging ermöglicht eine Verortung positiver oder negativer Gefühle anhand eines GPS-Gerätes (Dörrzapf et al. 2015)

Experiments über eine vorgegebene Route durch die Stadt und psychophysiologische Reaktionen, wie beispielsweise die Hautleitfähigkeit, werden ermittelt (Dörrzapf et al. 2015: 16).

Emotionen spielen somit in der Stadtplanung eine wichtige Rolle, da Landschaften auf direktem Weg oder indirekt durch kognitive Prozesse physiologische Reaktionen auslösen können (Daniel 2001). Im städtischen Kontext werden Emotionen vor allem durch visuelle Aspekte wie Farbe oder Textur, aber auch Gerüche intensiviert (Burns 2000: 73).

#### 2.4.1 Definition Emotion und Affekt

Der Begriff der Emotion wurde durch einige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler geprägt und hat demnach eine gewisse Weite und Komplexität über Jahrzehnte erreicht. Allgemein und aus evolutionsbiologischer Sicht gesprochen dient eine Emotion dem Überleben, indem Handlungen und Verhaltensweisen, die für den Menschen schädlich sind, durch negative Emotionen geprägt sind (Brandstätter et al. 2013: 161).

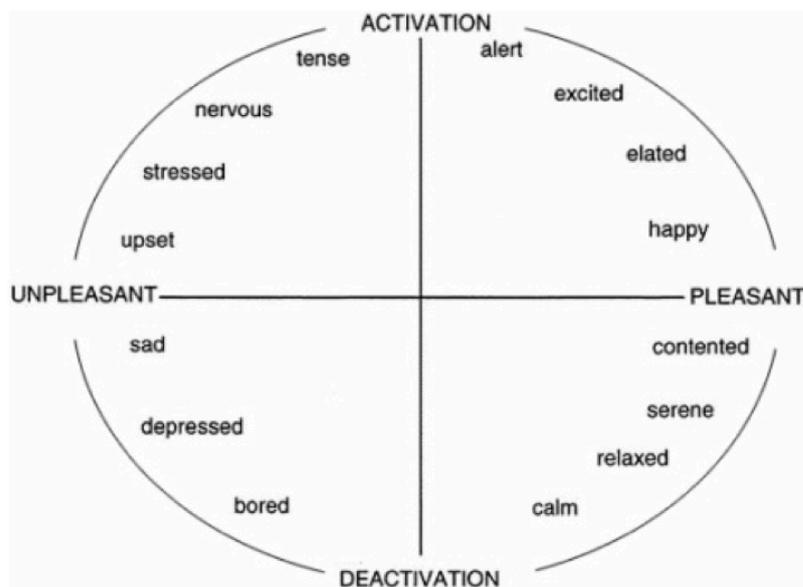
Eine der ursprünglichsten Theorien stammt von Paul Ekman, die zwischen den sechs Basisemotionen Ekel, Freude, Furcht, Überraschung, Wut und Trauer unterscheidet. Das Konzept dient als kulturübergreifendes Verständnis von Emotionen, da diese über unterschiedliche Gesichtszüge wahrgenommen werden (Brandstätter et al. 2013: 132).

Eine weitere Möglichkeit, Emotionen zu verstehen, haben James und Lange in der James-Lange-Theorie begründet (Lange & James 1922). Lange & James verstehen eine Emotion als einen Gefühlszustand, auf den eine Reihe an körperlichen Veränderungen folgen (Scherer 2002: 296). Ein erster Versuch einer visuellen Darstellung von Emotionen wurde durch Plutchik in einem Emotionsrad umgesetzt. Das Emotionsrad beruht auf acht Basisemotionen, wobei sich die Emotionen bipolar in einem Kreis anordnen, sodass sich beispielsweise *Liebe* und *Reue* gegenüberstehen (Plutchik 1980, zit. in: Nielek et al. 2017: 1076-1077).

Grundsätzlich kann eine Emotion als Zusammenspiel folgender Komponenten beschrieben werden: Gefühl, Physiologie, Ausdruck, Informationsverarbeitung und Handlungstendenz (Scherer 2002: 299). Eine Emotion wird zudem auch definiert als das Resultat der Wechselwirkung zwischen Kognition und einem Affekt (Posner et al. 2005).

Der in der Emotionsforschung häufig verwendete Begriff *Affekt* lehnt sich an das Verständnis der Emotion an und beschreibt eine Gemütsbewegung, die häufig intensiv und von kurzzeitiger Dauer ist. Ein Affekt entsteht oft im Zusammenhang mit äusseren Reizen und kann

dementsprechend analog zu einer Emotion körperliche Reaktionen, wie beispielsweise einen erhöhten Herzschlag, hervorrufen (Kutter 2001: 13). Nach Barrett (2006) bewegt sich ein Affekt innerhalb der beiden Dimensionen *Vergnügen – Missvergnügen* und *hohe Erregung – niedrige Erregung*. Ein ähnliches Verständnis eines Affektes zeigte Russell (1980) mit dem *Circumplex Model of Affect*, das bis heute häufig verwendet wird. Anhand der Annahme, dass kognitive Affekte am besten in einem zweidimensionalen Raum präsentiert werden, beinhaltet das Modell acht verschiedene Gemütszustände, wobei sich gegensätzliche Zustände immer gegenüberstehen und so semantische Differenziale abbilden (Russell 1980: 1163). Die Abbildung 4 zeigt eine Repräsentation des Modells, indem auf der vertikalen Achse die Erregung (*Deaktivierung – Aktivierung*) und auf der horizontalen Achse die Valenz (*Missfallen – Freude*) dargestellt wird. Innerhalb der vier dargestellten Quadranten wird das Modell in weitere Affekte unterteilt, sodass das Modell häufig verwendet wird, um Selbsteinschätzungen von Personen über ihre Gefühle zu kartieren (Russell 1980: 1164).



**Abbildung 4** Russels Circumplex Model of Affect (Posner et al. 2005)

### 2.4.2 Definition Stimulus

Unter einem Stimulus versteht man einen Reiz, der durch eine Bedingung ein Verhalten auslöst (Dorsch Lexikon der Psychologie 2023). In der zugrunde liegenden S-R Theorie<sup>5</sup> wird Verhalten als Interaktion zwischen einem Stimulus und der darauffolgenden Reaktion verstanden (Britannica 2023). Durch Reize in der Umwelt kann sich der Gefühlszustand eines Menschen ändern und eine körperliche Reaktion wird ausgelöst (Poplin 2017: 292).

Bei der Forschung im Bereich der Wahrnehmung stehen häufig Merkmale im Vordergrund, die von einem Stimulus abhängig sind. In Experimenten aktivieren ästhetische Beurteilungen eines Stimulus Regionen im menschlichen Gehirn, die spezifisch auf Wahrnehmungen reagieren (Weinberger et al. 2021: 150).

Die Zeit, welche benötigt wird, um auf einen Stimulus zu reagieren, wird in der Forschung kontrovers diskutiert. Bradley & Lang (1994) setzten in ihrem Experiment, um Reaktionen auf Bilder zu ermitteln, Versuchspersonen sechs Sekunden einem Stimulus aus. Eine andere Studie, die sich mit der Ästhetik unterschiedlich gestalteter Karten als Stimuli beschäftigte, zeigte eine Karte jeweils für 10 Sekunden mit einer jeweiligen Pause dazwischen (Fabrikant et al. 2012: 2). In einer Studie zur Messung der Hirnaktivität wurde der jeweilige Stimulus nicht länger als 5 Minuten gezeigt, da Probandinnen und Probanden nach einer gewissen Zeit Ermüdungserscheinungen zeigten (Elsadek et al. 2019: 7). Für ein Experiment in der Realität hat sich eine Dauer von 20 Minuten pro Stimulus bewährt (Tyrväinen et al. 2014: 2).

### 2.4.3 Emotionsmessung: Subjektive und objektive Methoden

Emotionen werden anhand drei unterschiedlicher Komponenten gemessen: Affektive Berichte in Form von Bewertungen und Meinungen, physiologische Reaktionen und Verhalten (Bradley & Lang 1994: 49). Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Komponenten affektive Berichte als *subjektive Messung* und physiologische Reaktionen als *objektive Messung*. Die unterschiedlichen Messmöglichkeiten der beiden Verfahren werden in den folgenden Teilkapiteln aufgeführt.

---

<sup>5</sup> Stimulus-Response Theorie

### *Subjektive Methoden*

Dieses erste Teilkapitel beschäftigt sich damit, welche Methoden für Emotionsmessungen anhand einer subjektiven Beurteilung zur Anwendung kommen.

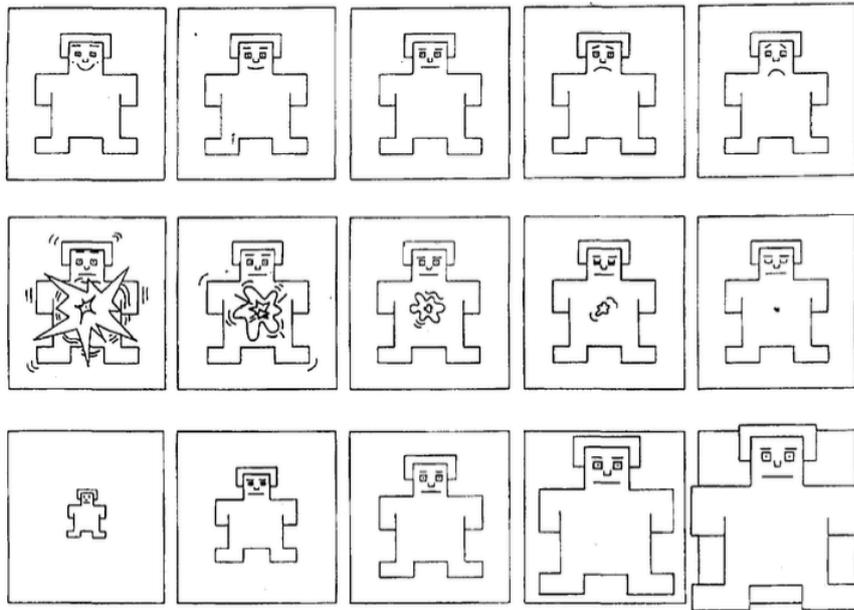
Um die Lebensqualität und Wahrnehmung innerhalb von Städten zu erforschen und zu verbessern, werden häufig die Daten von ausgewerteten Fragebogen verwendet (Eby et al. 2012, Lo & Jim 2012).

Eine weit verbreitete Methode zur Ermittlung von Emotionen anhand eines Fragebogens ist das semantische Differenzial. Die Anwendung besteht aus einem Set von 18 bipolaren Adjektiv-Paaren. Die Bewertung eines Stimulus wird demnach auf einer 9-stufigen Punkteskala zwischen den bipolaren Adjektiven vorgenommen. Neben ihrem informativen Charakter weist die Methode allerdings einige Schwierigkeiten auf. Erstens ist eine Komplexität vorhanden, um für jeden Stimulus Bewertungen auf 18 unterschiedlichen Ebenen zu prüfen. Zweitens wurde die Anwendung für English-Sprechende Versuchsteilnehmerinnen und Versuchsteilnehmer konzipiert und da die Adjektive sehr präzise sind, gestaltet sich deren Übersetzung für Experimente in anderen Kulturen als schwierig (Bradley & Lang 1994: 50).

Eine weitere Methode, die sich bereits über einige Jahrzehnte bewährt hat, misst Emotionen anhand eines nonverbalen Bildersystems. Der *Self-Assessment Manikin* (SAM) wurde von Hodes, Cook & Lang (1980) eingeführt, um die Herausforderungen des semantischen Differenzials zu beseitigen. Der SAM fokussiert sich auf die drei Ebenen *Freude*, *Erregung* und *Dominanz*<sup>6</sup>. Dieser Fokus entspringt der Theorie, dass Freude, Erregung und Dominanz bestimmend sind bei der Wahrnehmung von Stimuli (Bradley & Lang 1994: 49-50). Die Komponente *Freude* (*pleasure*) wird mit dem Begriff der *Valenz* gleichgesetzt und leitet sich aus der Wertigkeit eines Objektes von *positiv* bis *negativ* ab. Die drei Komponenten verhalten sich in einem Schema jeweils so, dass ähnlich wie beim semantischen Differenzial verschiedene Ausprägungen möglich sind, beispielsweise bei der Valenz von *positiv* bis *negativ*, beziehungsweise von *glücklich* bis *unglücklich*. Der SAM ist eine einfache und nonverbale Methode, um affektive Beurteilungen von Personen zu ermitteln.

---

<sup>6</sup> Die drei Ebenen wurden aus den englischen Ebenen pleasure (valence), arousal und dominance übersetzt



**Abbildung 5** Die Dimensionen Valenz, Erregung und Dominanz anhand des Self-Assessment Manikin (SAM) (Bradley & Lang 1994)

In der Abbildung 5 sind die drei Dimensionen *Valenz*, *Erregung* und *Dominanz* dargestellt, wobei die verschiedenen Ausprägungen der Dimensionen in einer Bildreihe erfolgen. In der Literatur wurden im Besonderen für die Dimensionen Erregung und Valenz gute Ergebnisse erzielt (Bradley & Lang 1994: 55).

Der SAM ist demnach eine effektive Methode, um das subjektive Erleben zu messen und er funktioniert für eine grosse Vielzahl an Stimuli (Bradley & Lang 1994: 58).

Die Valenz, welche beispielsweise als Teil des SAM gemessen wird, ist eine häufige affektive Antwort auf die Evaluation ästhetischer Objekte und somit ein Indikator dafür, wie man sich beispielsweise in einem Raum fühlt (Weinberger et al. 2021: 2). Der SAM wird unter anderem in Studien über Landschaftswahrnehmung und -beurteilung verwendet. Maehr et al. (2015) haben diese Methode beispielsweise verwendet, um den Einfluss von Windturbinen in Landschaften anhand von Erregung und Valenz zu messen. Die Studie bestätigte, dass Landschaften mit Windturbinen aus physiologischer Sicht das Stressempfinden des Menschen erhöhen (Maehr et al. 2015).

Eine weitere Möglichkeit zur subjektiven Messung von Emotionen besteht in der Anwendung der *Positive and Negative Affect Schedule (PANAS)*<sup>7</sup>. PANAS entspringt ebenfalls dem englisch-sprachigen Raum und dient dazu, spezifisch positive und negative Empfindungen zu

<sup>7</sup> Übersetzung: Einstufungsmethode für positive und negative Affekte

messen. Ein positiver Zustand wird mit den Adjektiven enthusiastisch, wach und aktiv gleichgesetzt und der negative Zustand ist durch eine negative Anspannung wie beispielsweise Ärger oder Angst erkennbar (Breyer & Bluemke 2016). Im Vergleich zum semantischen Differenzial und dem SAM distanziert sich der PANAS von Dimensionen mit entgegengesetzten Affekten und bezieht sich vielmehr auf «diskriminierbare Dimensionen desselben Konstrukts» (Breyer & Bluemke 2016: 4). Demnach werden eher Zusammenhänge innerhalb der einzelnen Zustände ermittelt, beispielsweise führen Gesundheitsprobleme und Stress zu einem negativen Zustand. Tyrväinen et al. (2014) haben in ihrer Studie PANAS verwendet, um die subjektive Beurteilung von Probandinnen und Probanden zu messen. Die Berechnung der Beurteilung wird über Elemente vorgenommen, die Indikatoren für positiven Stress sind, wie beispielsweise ein hohes Energielevel oder Konzentration. Zusätzlich werden auch Elemente einbezogen, die indikativ für negativen Stress stehen, mitunter Nervosität und Wut (Tyrväinen et al. 2014: 4).

### *Objektive Methoden*

Objektive Messmethoden beziehen sich auf Körperdaten und analysieren demnach messbare, physikalische Parameter, die durch eine Emotion oder einen Affekt ausgelöst werden. Die Veränderungen eines emotionalen Status, welche häufig aufgrund von Reizen initiiert werden, können anhand der Veränderungen des autonomen Nervensystems gemessen werden (Brandstätter et al. 2013: 155). Laut Forschenden in der Emotionspsychologie wird beispielsweise von einer negativen Erfahrung gesprochen, wenn eine Zunahme der elektrodermalen Aktivität und kurz darauffolgend eine Abnahme der Hauttemperatur feststellbar ist (Bergner et al. 2011: 435).

In der Stadtplanung gewinnt das objektive, psychophysiologische Monitoring<sup>8</sup> immer mehr Aufmerksamkeit. Das Verfahren wird verwendet, um negative Erregungen, bzw. Stress über die Hautleitfähigkeit, Körpertemperatur oder die Herzrate zu ermitteln (Dörrzapf et al. 2015: 15). Studien belegen, dass Daten der Hautleitfähigkeit und des Elektrokardiogramms eine der wichtigsten psychologischen Signale darstellen, um Stress zu analysieren (Liu & Du 2018: 51). Chang et al. (2008) haben in ihrer Studie die physiologische Reaktion auf natürliche Landschaftsformen mittels Blutvolumenpuls gemessen und konnten bestätigen, dass Bilder von naturnahen Landschaften zu einem erholenden Effekt führen.

---

<sup>8</sup> Eine grundlegend objektive Methode zur Messung von Emotionen

Eine in der Emotionsforschung häufig angewandte Methode ist die Messung der Hautleitfähigkeit und findet Verwendung bei Forschungsfragen rund um Entscheidungsfindungen (Figner & Murphy 2011: 11) sowie Studien über Landschaftswahrnehmung (Spielhofer et al. 2021: 2). Das Verfahren nutzt den Vorteil, dass die Haut elektrische Eigenschaften aufweist, die sich in kürzester Zeit verändern können. Die Parameter der Hautleitfähigkeit reagieren auf den Sympathikus des autonomen Nervensystems und dienen somit als Messgrösse für psychologische Prozesse wie beispielsweise Emotionen oder Motivation (Figner & Murphy 2011: 2). Die häufigste Anwendung findet die Hautleitfähigkeit in der Forschung affektiver Reaktionen und emotionaler Erregungen (Figner & Murphy: 2). In der Literatur werden verschiedene Definitionen an elektrodermalen Aktivität (EDA) beschrieben. Johnson und Lubin (1966) haben die Begrifflichkeit der EDA eingeführt, welche alle elektrischen Signale der Haut bezeichnet. Die Hautleitfähigkeit im spezifischen ist eine Komponente der EDA, welche in Mikro-Siemens ( $\mu\text{S}$ ) misst, wie gut die Haut elektrische Signale leitet. Es wird vermutet, dass die Signale aus dem limbischen und dem paralimbischen System abgeleitet werden und aus diesem Grund als Indikator für emotionale Erregung und affektive Prozesse funktionieren können (Figner & Murphy (2011: 9). Figner & Murphy (2011) haben das Verfahren angewendet, um die Risiko-Bereitschaft während Phasen in der Kindheit und dem Erwachsenenalter zu prüfen (Figner & Murphy 2011: 12).

Die Hautleitfähigkeit lässt sich in zwei Signale unterteilen, einerseits das Hautleitfähigkeitsniveau (SCL)<sup>9</sup>, welches über eine gewisse Zeit konstant bleibt, sowie die sich schnell verändernde Hautleitfähigkeitsreaktion (SCR)<sup>10</sup>. Die in der Literatur am häufigsten verwendete Messgrösse ist die Hautleitfähigkeitsreaktion (Figner & Murphy 2011: 3). Die Anwendung wird in den Methoden erneut aufgegriffen.

In anderen Studien wird neben der Hautleitfähigkeit auch das Cortisol-Level im Speichel als verlässlichen Parameter verwendet, um endokrine Stressreaktionen festzustellen (Tyrväinen et al. 2014: 2). Dabei wird eine Senkung des Cortisol-Levels im Speichel als Indikator für Erholung und geringer Stress verstanden (Tyrväinen et al. 2014: 8).

Um die physiologische Reaktion eines Stimulus mit Fokus auf die Hirnaktivität zu messen, wird in der Literatur häufig auf das Verfahren des Elektroenzephalogramms (EEG) zurückgegriffen (Elsadek et al. 2019: 2). Für die Messung von Reflexen hingegen werden unter

---

<sup>9</sup> Abgeleitet aus dem englischen *skin conductance level*

<sup>10</sup> Abgeleitet aus dem englischen *skin conductance response*

anderem Elektroden am unteren Augenlid angebracht, welche die Muskelaktivität und damit die Reaktion auf beispielsweise einen Reiz aufzeigen (Brandstätter et al. 2013: 156).

Ein weiteres Beispiel einer objektiven Messmethode stellt das in 2.4 erwähnte *Bio Mapping* dar. Dabei handelt es sich um eine Echtzeit-Studie in der realen Welt, wobei Teilnehmende während einem Stadtrundlauf verschiedenen Stimuli ausgesetzt sind. Mittels GPS-Gerät und Messung der Hautleitfähigkeit wurde ermittelt, in welchen Situationen und Orten Personen Stress empfinden (Nold 2018).

### 3 Methoden

In diesem Kapitel wird die Umsetzung zur Beantwortung der Forschungsfragen und der Hypothesen, welche in Kapitel 1.2 präsentiert wurden, festgehalten. Das Grundwissen zur Durchführung der Studie basiert mehrheitlich auf den Theorien des Psychologen D. W. Martin (2008).

Die vorliegende Arbeit beruht auf der in den Kapiteln 2 – 2.4.3 aufgeführten Theorien und erforscht daher den Effekt von begrünten Fassaden innerhalb einer VR in Bezug auf das Stressempfinden sowie auf die Ästhetik. Das Kapitel ist dabei in drei Teile gegliedert. Im ersten Teil werden das Studiendesign sowie der Ablauf der Studie und die Auswahl der Stichprobe präsentiert. Im zweiten Teil liegt der Fokus auf der Erstellung des Stadtmodells und deren verwendeten Softwares und im letzten Teil wird auf die unterschiedlichen Anwendungen zur Messung der Emotionen eingegangen.

Der statistische Teil dieser Arbeit wurde anhand der Software R berechnet und visualisiert. Zur optischen Aufwertung der einzelnen Grafiken wurde Adobe Illustrator verwendet.

### 3.1 Durchführung eines Experiments

Um den Einfluss von begrünten Fassaden auf den Menschen empirisch zu untersuchen, wurde ein Experiment durchgeführt. Experimente werden häufig verwendet, um die Beziehung zwischen Ereignissen zu erforschen (Martin 2008: 5). Im Vergleich zu anderen Methoden eignet sich ein Experiment, um Emotionen zu messen, da auch objektive Messmethoden möglich sind. In der James-Lange Theorie (1922) konnte aufgezeigt werden, dass Emotionen physiologisch begründet und daher auch messbar sind (Lange & James: 1922). Die Vorteile der experimentellen Methode liegen darin, dass eine präzise Kontrolle über Messungen möglich ist, kausale Schlüsse gezogen werden können und eine Theorie direkt getestet werden kann (Martin 2008: 23). Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um ein *blindes Experiment*, da die Teilnehmenden nicht über den Grad der unabhängigen Variable, welche im nächsten Kapitel beschrieben wird, informiert wurden (Martin 2008: 79). Versuchspersonen erhielten lediglich die Information, dass es sich um ein Stadtwahrnehmungsexperiment handle. Die Studie wurde anhand eines erstellten, fiktiven Stadtmodelles in VR durchgeführt. Die Wahl dieser Methode beruht darauf, Probandinnen und Probanden ein Raumgefühl vermitteln zu können. Daher wurde auf die Präsentation realistischer zweidimensionaler Stadtbilder verzichtet und stattdessen ein eher weniger detailliertes Stadtmodell in VR verwendet.

#### 3.1.1 Studiendesign

Im folgenden Teilkapitel wird das Studiendesign sowie die Wahl der unabhängigen und abhängigen Variablen erläutert. Um den Einfluss von begrünten Fassaden in einer virtuellen Umgebung zu erforschen, wurde als unabhängige Variable die *Begrünung* eines Gebäudes definiert. Die unabhängige Variable ist jene Variable, welche in einem Experiment manipuliert wird (Martin 2008: 25). Zur Vereinfachung und besseren Kontrolle der Effekte wurde eine binäre Ausprägung der unabhängigen Variable gewählt, sodass ein Gebäude entweder begrünt ist oder nicht. Zudem wird erwartet, dass die Begrünung mit keinen weiteren Variablen interagiert und aus diesem Grund wurde auf ein faktorielles Design verzichtet (Martin 2008: 183).

Der Effekt der unabhängigen Variable wurde anhand der abhängigen Variablen *Erregung* und *Valenz* gemessen, welche durch subjektive und objektive Messmethoden ermittelt wurden (Martin 2008: 26). Das Experiment wurde als *between-subject-design*<sup>11</sup> durchgeführt. Dabei wurden die Probandinnen und Probanden zufällig in zwei Gruppen aufgeteilt, sodass jede

---

<sup>11</sup> Versuchspersonen durchlaufen in einem Experiment nur eine Bedingung (Martin 2008)

Gruppe dieselbe Anzahl an Teilnehmenden aufwies. Die zufällige Zuteilung ist ein effektives Mass, um mögliche Voreingenommenheit zu vermeiden (Martin 2008: 151). Zwischen den beiden Gruppen wurde die unabhängige Variable *Begrünung* manipuliert, sodass die erste Gruppe nur Gebäuden in Stadträumen mit begrünten Fassaden ausgesetzt war. Der zweiten Gruppe hingegen wurden nur Gebäude ohne begrünte Fassaden gezeigt. Demnach wird die erste Gruppe als Experimental- und die zweite als Kontrollgruppe bezeichnet (Martin 2008: 84). Der grösste Vorteil eines *between-subject-designs* besteht darin, dass eine Stufe der unabhängigen Variable (*begrünte Fassaden*) das Verhalten einer Versuchsperson bei einer anderen Stufe (*nicht begrünte Fassaden*) nicht kontaminieren kann. Somit kann die zuerst wahrgenommene Situation keine weiteren Situationen beeinflussen, da die teilnehmende Person nur eine Situation sieht (Martin 2008: 150-151). Innerhalb der Gruppe fand jedoch eine Messwiederholung statt, indem beide Gruppen mehrere Stadträume, die unterschiedlich gestaltet waren, bewerten konnten. Dieses kombinierte Design wurde so gewählt, um die Nachteile des *between-subject-designs*, beispielsweise Unterschiede zwischen den Gruppen oder Charaktereigenschaften und allfällige Störvariablen oder individuelle Präferenzen, die bei der Präsentation von nur einem Stadtraum hätten auftreten können, zu minimieren. Da Versuchspersonen besonders in virtuellen Experimenten schnell müde oder uninteressiert werden können, ist es wichtig, die Zeit des Experiments kurz zu halten (Martin 2008: 151).

### 3.1.2 Ablauf des Experiments

Das Vorgehen und der genaue Ablauf der Studie wurde in einem Versuchsprotokoll festgehalten, welches sich im Anhang C befindet. Somit konnte gewährleistet werden, dass das Experiment für jede Probandin und jeden Probanden gleichermassen ablief.

Zu Beginn der Studie wurde das Labor, bei welchem es sich um die CAVE an der Universität Zürich handelt, für den Versuch vorbereitet und die Messgeräte bereitgestellt. Nach dem Ausfüllen der Einverständniserklärung, die sich ebenfalls im Anhang befindet und einer Instruktion des Experiments nahm der Teilnehmende Platz auf einem Drehstuhl. Der Versuchsperson wurde ein Messgerät für die Hautleitfähigkeit, die *Empatica Watch*<sup>12</sup> sowie die VR-Brille angelegt und danach konnte das Experiment gestartet werden.

---

<sup>12</sup> Die Uhr ist in der Abbildung 15 dargestellt und wird in Kapitel 3.3.2 genauer erläutert.

Die Probandinnen und Probanden wurden mittels Zufallsgenerator entweder dem begrünten oder dem nicht begrünten Stadtmodell zugeteilt. In der Abbildung 6 ist eine Probandin abgebildet während des Experiments in der CAVE.



**Abbildung 6** Probandin während des VR-Experiments in der CAVE

Zu Beginn des Experiments wurde innerhalb der VR ein 2-minütiges Video einer Achterbahnfahrt abgespielt, um für jede Versuchsperson einen Referenzwert für die subjektiven Einschätzungen sowie die objektiven Messwerte zu schaffen. Das Video wurde in der VR zweidimensional gezeigt, um Gefühle wie Schwindel oder Übelkeit zu minimieren. In der Literatur wird dafür häufig den Begriff der *Baseline* verwendet. Ähnliche Studien haben Personen gewählt, die bereits ein momentan höheres Stresslevel empfinden beispielsweise aufgrund einer Prüfungsphase (Elsadek et al. 2019: 3). Navigationsstudien hingegen, die sich darauf konzentrieren, wie gestresst eine Probandin oder ein Proband ist, zeigen als Baseline häufig ein Video der Natur (Credé et al. 2020: 4).

Nach der Achterbahnfahrt wurde innerhalb der verschiedenen Stadtmodelle der SAM zur Beurteilung der Valenz und der Erregung anhand des Videos eingeblendet.

Anschliessend an das Achterbahnvideo und dessen Beurteilung folgte der Hauptteil der Studie mit fünf selbst erstellten Stadträumen für je 30 Sekunden in VR, in welchen die Testperson

selbständig umherschauen konnte. Auf die Möglichkeit der Fortbewegung in der Stadt wurde bewusst verzichtet, um die *Motion Sickness* vorzubeugen und eine bessere Kontrolle darüber zu erhalten, welche Stimuli die Person beeinflussen könnte. *Motion Sickness* entsteht, sobald die Wahrnehmung einer Bewegung nicht mit der tatsächlichen Bewegung übereinstimmt (World of VR 2022). Nach jedem Stadtraum wurde innerhalb der Virtual Reality eine Visualisierung des SAM eingeblendet und die Testperson konnte ihre Bewertung des jeweiligen Stadtraumes mitteilen.

**Tabelle 1** Tasks der Versuchsleiterin während des Experiments

Zeit	Bild	Twinmotion	Empatica	Info an Probanden	Notiz
00:00	SAM BL	-	Tip <sup>13</sup>	-	Wert SAM
00:25	-	Leertaste <sup>14</sup>	-	«Nicht bewegen» <sup>15</sup>	-
00:30	Bild 1	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	-
00:55	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
01:00	SAM 1	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	Wert SAM
01:25	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
01:30	Bild 2	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	-
01:55	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
02:00	SAM 2	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	Wert SAM
02:25	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
02:30	Bild 3	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	-
02:55	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
03:00	SAM 3	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	Wert SAM
03:25	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
03:30	Bild 4	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	-
03:55	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
04:00	SAM 4	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	Wert SAM
04:25	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
04:30	Bild 5	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	-
04:55	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
05:00	SAM 5	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	Wert SAM
05:30	-	Exit VR	-	-	-

<sup>13</sup> Kurzer Klick auf die Taste der Uhr, um Aufenthalt im Raum aufzuzeichnen.

<sup>14</sup> Mit einem Klick auf die Leertaste wird die Präsentation in Twinmotion gestartet, bzw. angehalten.

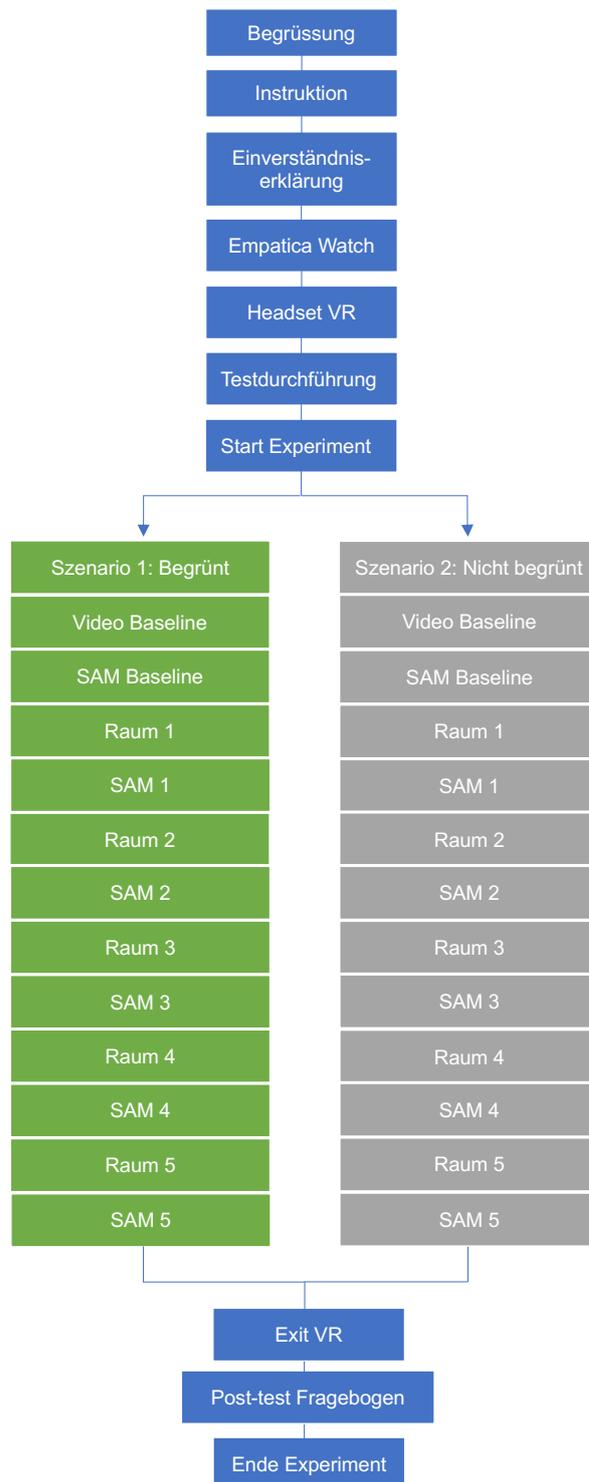
<sup>15</sup> Beim Übergang vom einen Stadtraum in den anderen sollten sich Teilnehmende kurz nicht bewegen, da das Bild kurzzeitig einfriert.

Während des Experiments wurden durch die Versuchsleiterin mehrere Aktivitäten zur selben Zeit koordiniert. Eine Übersicht dazu ist in der Tabelle 1 aufgelistet. In der zweiten Spalte ist die Reihenfolge der gezeigten Bilder aufgeführt, die die Versuchsperson zu einem bestimmten Zeitpunkt sieht. Dabei wird abwechselnd ein Stadtraum und ein Bewertungsbogen anhand des SAM präsentiert. Die dritte Spalte verweist auf die Aktivität, die von der Versuchsleiterin manuell getätigt wurde, um in den nächsten Stadtraum zu wechseln. In der Software Twinmotion, auf welche in Kapitel 3.2.2 genauer eingegangen wird, erfolgt dieser Wechsel durch die Betätigung der Leerschlag taste. In der vierten Spalte wird die Aktivität der *Empatica Watch* zur Messung der Hautleitfähigkeit festgehalten. Mit einer kurzen Betätigung des Buttons auf der Uhr beim Eintreten in einen neuen Stadtraum wird ein *Tag* in der Form eines Zeitstempels aufgezeichnet, sodass die Hautleitfähigkeit der unterschiedlichen Stadträume in der Analyse unterschieden werden kann. Während des Eintritts in einen neuen Stadtraum wurde die Probandin oder der Proband angewiesen, den Kopf kurz ruhig zu halten, um ein sanftes Eintreten in den nächsten Raum zu gewährleisten. Die Beurteilung des SAM haben Probandinnen und Probanden der Versuchsleiterin nach jedem Stadtraum mündlich mitgeteilt. Auf die Möglichkeit, die Antwort selbständig anhand eines Joysticks in der VR zu selektieren, musste aufgrund der Einschränkung der Software verzichtet werden. Die Methodik des SAM sowie der Messung der Hautleitfähigkeit werden in den nachfolgenden Kapiteln ausführlich beschrieben. Der Teil des Hauptexperiments in der VR dauerte 5 Minuten und 30 Sekunden.

Nach dem Erreichen des letzten Stadtraumes wurden die *Empatica Watch* sowie die VR-Brille durch die Versuchsleiterin abgenommen. Abschliessend wurde die Versuchsperson dazu aufgefordert, einen digitalen Fragebogen auszufüllen. Der Inhalt des Fragebogens wird in Kapitel 3.3.1 gezeigt und Teile davon sind dem Anhang zu entnehmen. Das Ausfüllen der Umfrage nahm ungefähr 10 Minuten in Anspruch.

Nach Beendigung des Experiments wurde die Versuchsperson mit einem kleinen Dankeschön verabschiedet. Das komplette Experiment pro Person dauerte 30 Minuten.

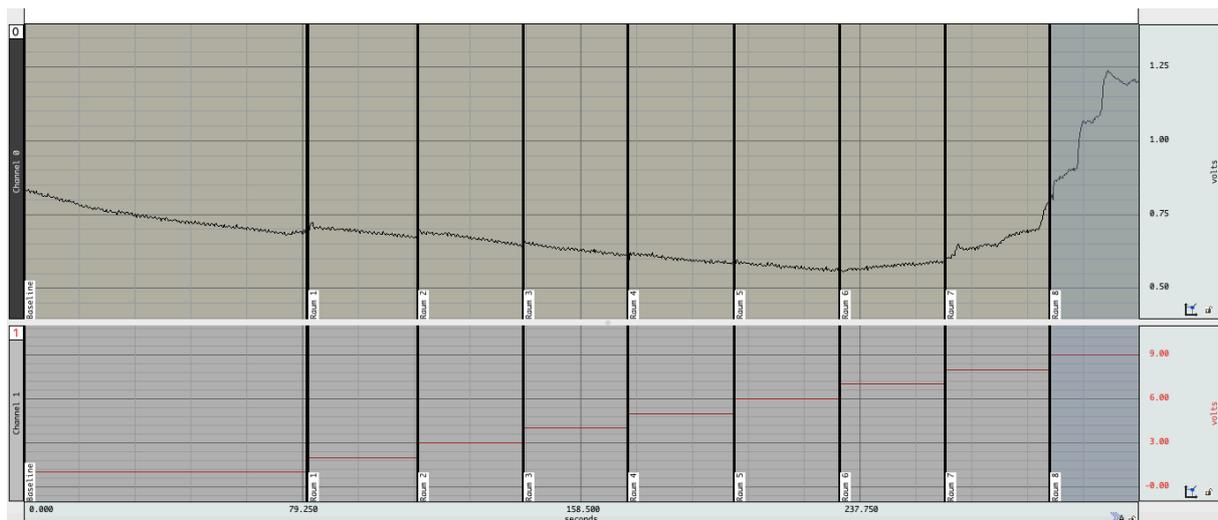
Die Darstellung in Abbildung 7 fasst den gesamten Ablauf des Experimentes zusammen. Die unterschiedlichen Farben signalisieren dabei die beiden Personengruppen unter verschiedenen Bedingungen durch die Manipulation der unabhängigen Variable.



**Abbildung 7** Ablauf des Experiments aufgeteilt in die zwei Gruppen

### 3.1.3 Pilotstudie

Um die Funktionalität des Experiments zu prüfen, wurde eine Pilotstudie durchgeführt (Martin 2008: 135). Anhand der Pilotstudie konnte festgelegt werden, wie vielen virtuellen, städtischen Räumen die Probandinnen und Probanden ausgesetzt sein sollen. Subjektive Einschätzungen und Gefühle wie Schwindel und die Resultate der Empatica Watch zeigten auf, dass die Wahl von ursprünglich zehn geplanten Stadträumen auf maximal fünf reduziert werden musste. Die Abbildung 8 zeigt eine stetige Zunahme der Hautleitfähigkeit anhand eines Versuches in der Pilotstudie. Diese Zunahme ist ein Indikator dafür, dass die Erregung mit der Länge des Experiments zunahm. Die Pilotstudie wurde nur anhand begrünter Räume durchgeführt. Die obere Darstellung visualisiert das tonische Signal der Hautleitfähigkeit, welches mit dem beschriebenen SCL (Hautleitfähigkeitsniveau) aus dem Kapitel 2.4.3 übereinstimmt. In der unteren Darstellung wird der Übergang in den nächsten Raum festgehalten. Somit symbolisieren die vertikalen Linien den Eintritt in die unterschiedlichen Stadträume.



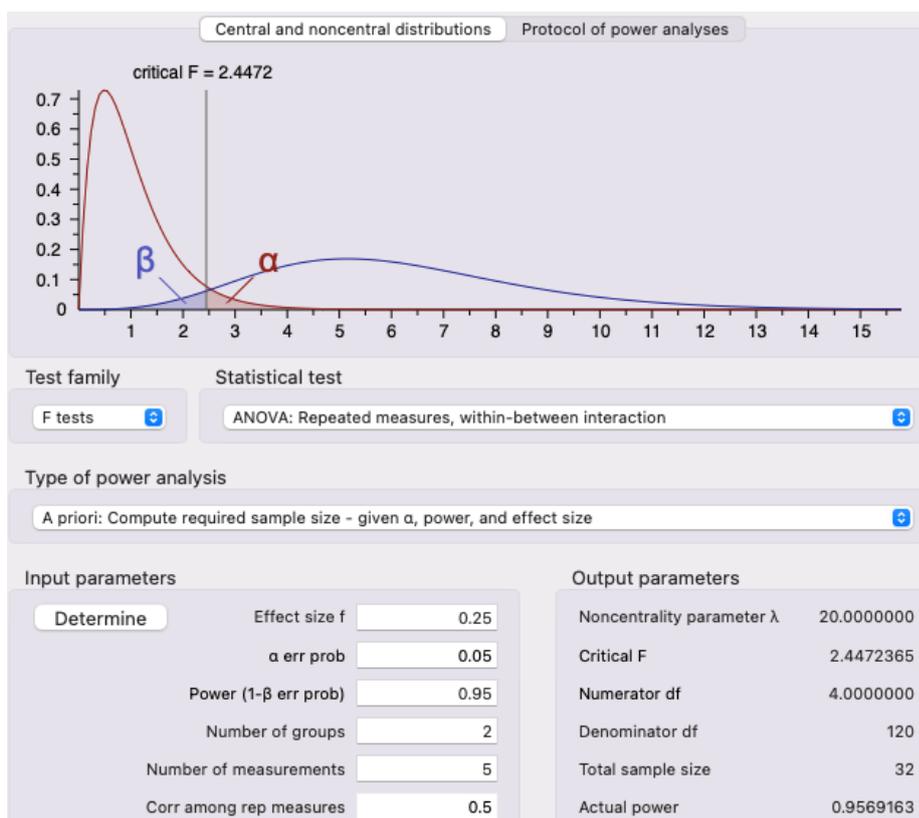
**Abbildung 8** Auszug des Hautleitfähigkeitssignals aus Acqknowledge während der Pilotstudie

Bis zum fünften Stadtraum verringert sich die Amplitude der Hautleitfähigkeit und ab dem sechsten Raum beginnt sie langsam wieder zu steigen. Der stärkste Anstieg des Signals ist im achten Raum zu beobachten. Anhand der Erkenntnisse der Pilotstudie und derer Daten wurde die Studie auf fünf Stadträume beschränkt. Kothencz et al. (2017) haben sich in ihrer Studie über die Wahrnehmung von Grünräumen in Städten ebenfalls auf fünf Stadträume gestützt und anhand dieser ein Experiment durchgeführt (Kothencz et al. 2017: 3).

### 3.1.4 Teilnehmende

Insgesamt haben 36 Probandinnen und Probanden am Experiment teilgenommen. Die genaue Altersverteilung sowie das Geschlecht der Teilnehmenden sind in den Resultaten in Kapitel 4.3 visualisiert.

Aufgrund technischer Probleme konnten die Daten zweier Personen nicht in die Analyse miteinbezogen werden. Somit wurde die Analyse mit 34 Personen durchgeführt. Mittels der Software G\*Power wurde ermittelt, wie viele Testpersonen benötigt werden, um ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 0.05$ , zwei Gruppen und einer Messwiederholung von fünf Stadträumen zu erhalten. In der Abbildung 9 ist ein Auszug aus der Software G\*Power ersichtlich. Die vorgeschlagene Stichprobengrösse durch G\*Power, welche bei der Durchführung eines F-Testes, zwei Gruppen und einer Messwiederholung vorgeschlagen wurde, beträgt 32, respektive 16 Probandinnen und Probanden pro Gruppe.



**Abbildung 9** Auszug aus G\*Power zur Berechnung der Stichprobengrösse

Für die Studie wurden Personen gesucht, die in der Stadt Zürich wohnen, arbeiten oder studieren. Anhand dieses Einschlusskriteriums wurden daher nur Personen für das Experiment zugelassen, welche in ihrem Alltag städtischen Situationen exponiert sind. Thematisch verwandte Studien haben sich ebenfalls auf Personen konzentriert, die in urbanen Regionen

leben (Elsadek et al. 2019: 2). Dabei wird im Experiment eine bessere Einschätzung zur Beurteilung verschiedener Stadtkörper erhofft. Die Auswahl fiel auf die Stadt Zürich, da sie mit 443'037 Einwohnerinnen und Einwohnern (Stadt Zürich 2022) die grösste Stadt der Schweiz ist. Gleichzeitig befindet sich die Universität in Zürich und demnach ist eine grössere Bereitschaft zur Teilnahme wahrscheinlicher.

Als Ausschlusskriterium wurde einerseits die Einnahme von Psychopharmaka definiert, da diese einen Einfluss auf psychophysikalische Messgrössen, wie beispielsweise den Puls oder den Blutdruck ausüben kann (Marano et al. 2011). Weiter können die Wahrnehmung sowie auch die Reaktionsgeschwindigkeit durch die Einnahme von Psychopharmaka verändert werden (Laux & Brunbauer 2014).

Andererseits wurden Personen ausgeschlossen, welche an einer Achromasie<sup>16</sup> leiden, da die Wahrnehmung von begrüntem Objekten zentral war. Letztendlich war auch eine schwerwiegende Panik vor Achterbahnfahrten ein Ausschlusskriterium der Studie aufgrund des Baseline-Videos. Die Einverständniserklärung für Probandinnen und Probanden inklusive der Kriterien zur Partizipation sind im Anhang B aufgeführt.

In der Studie wurde bewusst nicht zwischen Personen mit und ohne Fachwissen unterschieden, da die Begrünung von Städten die Gesamtbevölkerung betrifft und eine derartige Unterscheidung zwischen Personengruppen nicht Bestandteil der Forschungsfrage ist. Die Behandlung der Versuchsteilnehmenden richtete sich nach den ethischen Prinzipien der Universität Zürich. Zudem wurden auch Prinzipien, die in der *American Psychological Association (APA)* festgehalten sind, verfolgt, beispielsweise das gesundheitliche Risiko der Versuchsteilnehmenden gering zu halten oder die Personen nach dem Versuch aufzuklären (Martin 2008: 86-87).

### 3.2 Erstellung Stadtmodell

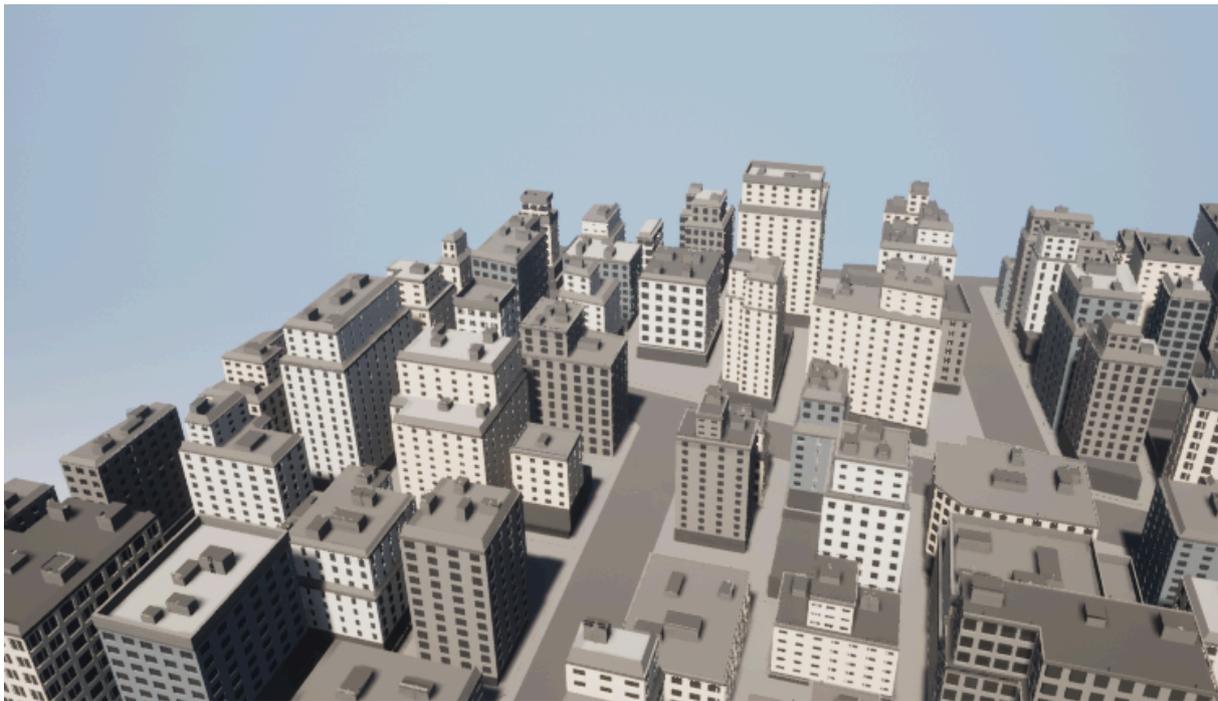
Die Basis für die Erforschung des Effektes begrünter Fassaden auf die Emotionen der Testpersonen stellte ein 3D-Stadtmodell dar, aus dem unterschiedliche Stadträume für das Experiment genutzt wurden. Die Erstellung eines komplett eigenen Stadtmodells war aus zeitlimitierenden Gründen nicht möglich und bereits fertig gestellte Stadtmodelle entsprachen häufig nicht den Bedürfnissen dieser vorliegenden Arbeit. Einerseits sollte das Modell möglichst einfach gehalten werden, um Nebeneffekte zu minimieren und andererseits sollte

---

<sup>16</sup> Eingeschränkte Farbwahrnehmung durch eine angeborene Pigmentlosigkeit (Farbenblindheit)

eine Begrünung der Fassaden möglich sein. Aus den genannten Gründen wurde die Studie anhand eines Modells ausgeführt, deren primitives Klötzchenmodell bereits bestand und die detailliertere Gestaltung nach den Vorgaben dieser Studie selbst vorgenommen wurde.

Die Geometrien des verwendeten Basismodells wurden als 3D-Modell über die Plattform *Turbosquid* im Format FBX heruntergeladen, das sich sowohl für die Integration in Unity wie auch in Twinmotion (Unreal Engine) eignet. Das Modell beinhaltet hohe Gebäude, welche nahe beieinanderstehen und städtische Räume erzeugen.



**Abbildung 10** Importiertes Klötzchenmodell als Basis für die Visualisierung der Stadträume (Twinmotion)

Die Abbildung 10 zeigt das in Twinmotion importierte Klötzchenmodell mit einem sehr geringen Detaillierungsgrad.

Als Modell wurde bewusst eine fiktive Stadt gewählt, da Ästhetik und Vorlieben sehr stark von Kontext und Wissen beeinflusst werden (Weinberger et al. 2022: 2) und zu einer bestehenden Stadt bereits Gefühle existieren können, die das Experiment beeinflussen.

Für die Studie wurden mehrere virtuelle Stadtsituationen erzeugt, da sich Präferenzen architektonischer Stile zwischen Individuen häufig unterscheiden. Dementsprechend kann ein architektonisches Objekt, beispielsweise eine spezifische Fassade, in einem anderen Kontext zu einer unterschiedlichen psychologischen Reaktion führen (Weinberger et al. 2021: 2).

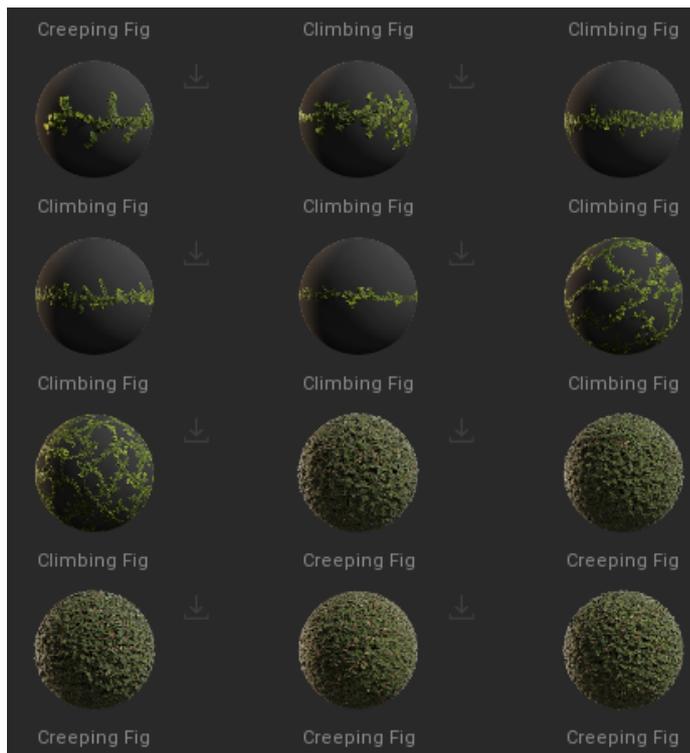
### 3.2.1 Unity

In der Literatur wurde für die Planung von Städten und deren Visualisierungen häufig die Softwares *Unity* und *ESRI City Engine* verwendet (Ernst et al. 2021: 153). Die ersten Versuche für die Umsetzung des Stadtmodelles in dieser Studie wurden in Unity durchgeführt. Aufgrund der fehlenden Funktionalität für begrünte Fassaden wurde auf die Software Twinmotion ausgewichen. Auf die Anwendung der City Engine von ESRI wurde in dieser Arbeit ebenfalls verzichtet, da bestimmte Dächer- und Fassadenstrukturen sowie verschiedene Pflanzentypen nicht ausreichend gezeigt werden (Ernst et al. 2021: 155). Da der Hauptaspekt der vorliegenden Arbeit die Begrünung von Fassaden ist, waren Resultate der City Engine für diesen Zweck nicht zufriedenstellend.

### 3.2.2 Twinmotion

Das Stadtmodell, welches in der Abbildung 10 dargestellt wird, wurde in die Software Twinmotion von Unreal Engine importiert, um die Stadträume so zu gestalten, sodass die Forschungsfrage beantwortet werden kann.

In einem ersten Schritt wurden anhand des importierten Modells fünf Situationen selektiert und innerhalb dieser Situationen die Details erarbeitet. Generell sind die Stadtteile primitiv gehalten mit einem geringen Detaillierungsgrad. Einerseits spielte der Zeitfaktor bei dieser Entscheidung eine Rolle und andererseits können bei einer weniger detaillierten Umgebung die Variablen besser kontrolliert werden. Die Gestaltung der Fassaden kann in Twinmotion über das Material bestimmt werden. In Stadträumen ohne begrünte Fassaden wurde eine Diversität an Betonfassaden, Backsteinfassaden in verschiedenen Farben oder einfache Putzfassaden angebracht (Deplazes 2005, Hausinfo 2022). Für die Gestaltung der begrünten Fassaden wurden mehrheitlich Kletterpflanzen gewählt, da sich diese unter realen Umständen an Wänden befinden und deshalb auch in Experimenten verwendet werden (Elsadek et al. 2019: 2). Am häufigsten wurde dabei die Pflanzenart *Ficus* verwendet, welche in der Theorie in Kapitel 2.2.1 erwähnt wurde. In der Abbildung 11 ist eine Auswahl an möglichen Wandbegrünungen, welche für das Modell verwendet wurden, ersichtlich. Somit gibt es für jeden Stadtraum die zwei Ausprägungen *begrünt* und *nicht begrünt*.



**Abbildung 11** Auswahl an möglichen Fassadenbegrünungen in Twinmotion

Die Abbildung 12 zeigt ein Ergebnis eines Stadtraumes, welcher in Twinmotion überarbeitet wurde. In der Abbildung 13 ist der gleiche Stadtausschnitt mit begrünten Fassaden dargestellt. Für beide Ausprägungen der Stadträume waren alle Merkmale, bis auf die Gestaltung der Fassaden, dieselben. Dabei enthalten sowohl die begrünten als auch die nicht begrünten Stadträume Vegetation in Form von Bäumen und Büschen, um der Stadtrealität näherzukommen. Weitere Beispiele der gestalteten Stadträume befinden sich im Anhang.



**Abbildung 12** In Twinmotion gestalteter Stadtraum ohne Fassadenbegrünung



**Abbildung 13** In Twinmotion gestalteter Stadtraum mit Fassadenbegrünung

### 3.2.3 Anwendung von VR

Ein zentraler Aspekt dieser Arbeit ist die Wahrnehmung von unterschiedlichen Räumen und Situationen. Hierzu spielt ein vermitteltes Raumgefühl für die Erforschung von Emotionen eine wichtige Rolle, wie bereits in Kapitel 2.3.1 beschrieben wurde. Die Software Twinmotion, in welcher die Stadträume erstellt wurden, beinhaltet eine Schnittstelle zu VR. Somit besteht die Möglichkeit, mittels Twinmotion gestaltete Stadträume in VR zu betrachten. Dabei werden innerhalb der Software die einzelnen Stadträume als Bilder abgespeichert, danach in eine Bildersequenz umgewandelt und anhand einer Präsentation bereitgestellt. In der fertigen

Präsentation werden die gewünschten Stadtbilder hintereinander abgespielt. Die Bilder, beziehungsweise die Präsentation kann mittels eines VR-Headsets betrachtet werden.

Um den Positionseffekt zu verringern wurden die fünf generierten Stadträume für jede Probandin und jeden Probanden in einer randomisierten Reihenfolge präsentiert. Mehrere Studien, wie beispielsweise jene von Tyrväinen et al (2014), verwendeten aufgrund des Positionseffektes eine randomisierte Reihenfolge der Stimuli (Tyrväinen et al. 2014: 4). Die Studie von Weinberger et al. (2021), welche die visuelle Wahrnehmung von urbanen sowie ländlichen Strukturen erforschte, stützte sich ebenfalls auf eine zufällige Reihenfolge der Bilder (Weinberger et al. 2021: 3). Die Wichtigkeit einer Randomisierung der gezeigten Bilder oder Stimuli betonten auch Elsadek et al. (2019), um einen Effekt durch die vorgegebene Reihenfolge des gezeigten Materials zu verhindern (Elsadek et al. 2019: 3). Generell führt die Anwendung einer Randomisierung dazu, dass die Ergebnisse in einem grösseren Mass generalisiert werden können (Martin 2008: 30).

Die von der Universität Zürich bereitgestellten Materialien zur Umsetzung von Stadträumen in VR beinhalten eine VR-Brille HTC-VIVE sowie die Software SteamVR. Die HTC-VIVE Brille ist komplett immersiv<sup>17</sup> und ermöglicht eine präzise 360-Grad-Steuerung. Die Auflösung der Brille beträgt 1440 x 1600 Pixel pro Auge und bietet ein Gesichtsfeld von 110 Grad (HTC 2023). Auf die Audio-Möglichkeit des Headsets wurde verzichtet, da die Forschungsfrage nur die Wahrnehmung visueller Stimuli beinhaltet. Somit kann sichergestellt werden, dass ein Effekt nur über das visuelle System ausgelöst und nicht durch das Audio beeinflusst wurde. Durch das verstellbare Kopfband lässt sich das Headset auf jede Versuchsperson individuell anpassen. In der Abbildung 6 ist das Headset an einer Probandin erkennbar. Das Produkt von HTC-VIVE erfordert einen Computer mit einem schnellen Prozessor somit einer starken Rechenleistung (HTC 2023). Diese Anforderung wurde durch die Nutzung des Gerätes in der CAVE an der Universität Zürich ermöglicht.

---

<sup>17</sup> Bedeutung: Komplettes Eintauchen in eine virtuelle Welt (World of VR: 2022).

### 3.3 Emotionsmessung

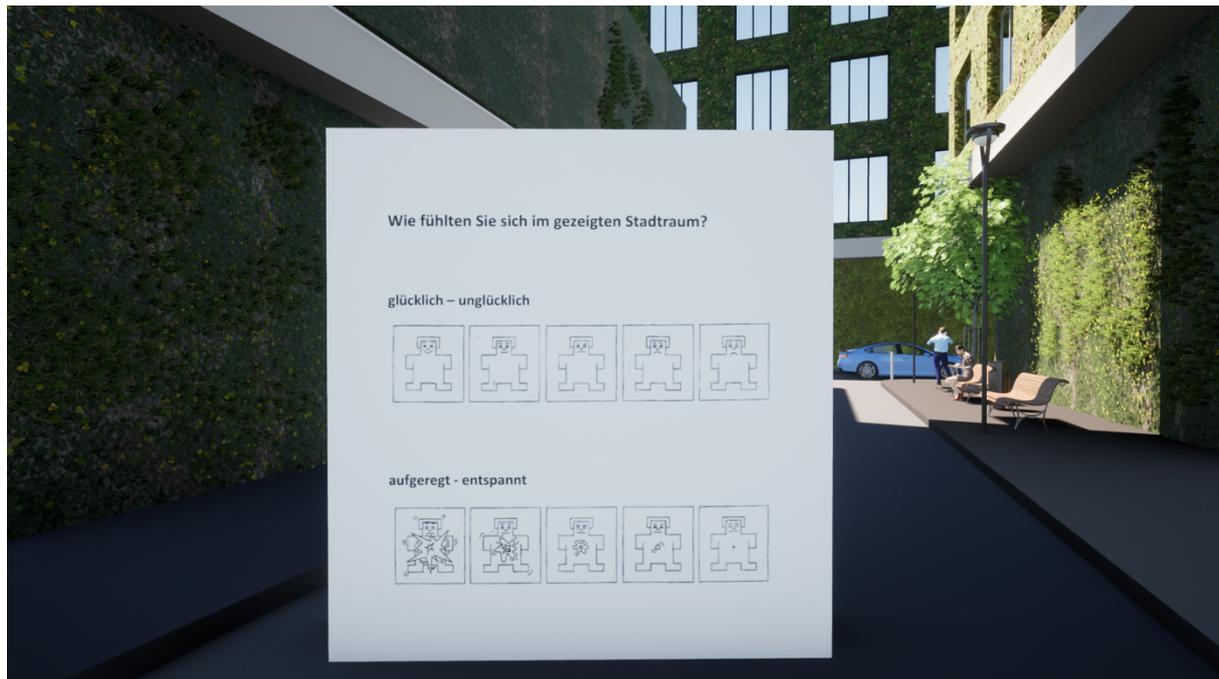
Studien wie jene von Tyrväinen et al. (2014) haben belegt, dass eine Stressreaktion eine komplexe, zeitliche Abfolge psychophysiologischer und emotionaler Reaktionen ist und deshalb für präzisere Resultate häufig sowohl physiologische wie auch psychologische Messungen angewendet werden (Tyrväinen et al. 2014: 2). Obwohl die Messung von Emotionen anhand von Umfragen ein beliebtes Verfahren darstellt, würde deren alleinige Verwendung affektive Prozesse vernachlässigen, welche bei der Wahrnehmung von Landschaften eine wichtige Rolle spielen (Spielhofer et al. 2021). Mehrere Studien über die Wahrnehmung von Landschaften, wie jene von Chang et al. (2008) oder Maehr et al. (2015) haben sich auf eine Kombination von subjektiven und objektiven Messungen konzentriert, um ein präziseres Ergebnis zu erhalten. Die vorliegende Arbeit baut auf dieser Annahme, dass eine Kombination aus subjektiven und objektiven Messungen sinnvoll ist, auf und geht in den folgenden Kapiteln separat auf die angewandten Messmethoden ein.

#### 3.3.1 Subjektive Messung: SAM und Fragebogen

Als subjektives Beurteilungsverfahren von Stadträumen nutzt die vorliegende Arbeit anhand der präsentierten Literatur den SAM sowie einen Fragebogen nach dem Hauptexperiment.

Nach jedem Stadtraum in VR wurde der SAM eingeblendet, um die Erregung und die Valenz der Probandinnen und Probanden zu ermitteln. Die Valenz wurde anhand von Bewertungen über Städte mit der Freude gleichgesetzt und demnach haben Probandinnen und Probanden ihre Emotionen in einem Stadtraum zwischen *glücklich* und *unglücklich* eingestuft. Die Erregung als zweite Darstellung des SAM wurde von *aufgeregt* bis *entspannt* bewertet. Auf die Dominanz als dritter Bestandteil des SAM wurde in dieser Arbeit verzichtet, da sie für die Beantwortung der Forschungsfragen nicht relevant ist. Die Abbildung 14 zeigt ein Beispiel, wie der SAM in einem Stadtraum eingeblendet wurde. Um den SAM als Objekt in einen Stadtraum zu importieren, war eine Visualisierung und Bereitstellung in der Applikation Paint3D notwendig.

Wie bereits im Ablauf des Experiments beschrieben wurde, haben Versuchsteilnehmende ihre Bewertungen anhand des SAM mündlich mitgeteilt.



**Abbildung 14** Integration des SAM als Objekt in einen Stadtraum (Twinmotion)

Die Vorteile des SAM liegen darin, dass er auch für Studien, die nicht in englisch verfasst wurden, einsetzbar ist. Da das vorliegende Experiment in der Sprache Deutsch durchgeführt wurde, wurde folglich gegen die Anwendung des semantischen Differenzials entschieden. Der SAM gilt als effektives Messwerkzeug, sobald es beispielsweise um die Messung emotionaler Reaktionen anhand von Bildern geht (Bradley & Lang 1994: 51). Dies war ein weiteres Argument, die für die Anwendung des SAM sprach, da sich die vorliegende Studie mit der Wahrnehmung von Bildern in der Umfrage und VR beschäftigt.

Um mögliche Effekte der Messmethoden zu bestärken oder unerwünschte Nebeneffekte zu minimieren (Martin 2008: 95), füllte jede Versuchsperson nach dem Experiment eine Umfrage aus. Für die Erstellung einer digitalen Umfrage nach dem Experiment wurde auf die Anwendung *LimeSurvey* zurückgegriffen. Die Umfrage war in drei Themen gegliedert. Im ersten Teil wurden die Probandinnen und Probanden gebeten, anhand von Freitext ihre Wahrnehmung in der VR zu beschreiben. Im zweiten Teil wurden Screenshots aus den Räumen der VR in Form von Bildern präsentiert. Damit beinhaltet die Umfrage die fünf unterschiedlichen städtischen Situationen in Form von Bildern für die beiden Konditionen *begrünt* und *nicht begrünt*. Die insgesamt zehn Stadtbilder wurden für jede Teilnehmerin und jeden Teilnehmer in einer zufälligen Reihenfolge innerhalb des Fragebogens präsentiert. Die Kriterien, anhand welcher die Bilder bewertet wurden, sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Der dritte Teil beinhaltet allgemeine Angaben zur Person, wie etwa das Alter, das Geschlecht oder Erfahrungen mit VR. Nicht repetitive Teile der Umfrage befinden sich im Anhang.

**Tabelle 2** Bewertungskriterien der verschiedenen Stadträume für die Umfrage

<b>Kriterium</b>	<b>5-Punkte Likert-Skala</b>
Wie ansprechend ist der Stadtraum?	Nicht ansprechend – sehr ansprechend
Wie entspannt fühlen Sie sich beim Anblick des Stadtraumes?	Nicht entspannt – sehr entspannt
Wie glücklich wären Sie, da zu leben?	Unglücklich – sehr glücklich
Wie ästhetisch sind die Fassaden?	Nicht ästhetisch – sehr ästhetisch

Die Bewertung wurde anhand einer 5-Punkte Likert-Skala gemessen (Weinberger et al. 2021: 3). Weitere Studien über die Wahrnehmung von Grünräumen in Städten haben sich in Fragebogen ebenfalls auf Auswahlmöglichkeiten von Antworten anhand einer Likert-Skala entschieden (Kothencz et al. 2017:4).

### 3.3.2 Objektive Messung: Hautleitfähigkeit

Die Erregung als psychophysiologische Reaktion auf die verschiedenen Stadträume wurde in dieser Arbeit anhand der Hautleitfähigkeit gemessen. In Kapitel 2.4.4 sind häufig verwendete Messmethoden aufgeführt und theoretisch beschrieben.

Die Hautleitfähigkeitsreaktion eines Affektes verhält sich identisch zu der Dimension *Erregung* und deren Intensität (Figner & Murphy 2011: 10). Die Messmethode der Hautleitfähigkeit ist ein Verfahren, das in der Literatur am häufigsten zur Anwendung kommt. Es existieren einige Studien, die auf diesem Verfahren beruhen und damit gute Ergebnisse erzielt haben (Chritchley 2002). Die Vorteile der Methode liegen darin, dass die Anwendung im Vergleich zu weiteren Messgeräten günstig ist und das Messgerät in Form einer Uhr von Probandinnen und Probanden als nicht störend empfunden wird oder gar von der Studie ablenkt (Figner & Murphy 2011: 2). Zusätzlich gilt das Verfahren als eine vergleichbar robuste Messung für physiologische Messungen (Figner & Murphy 2011: 29).

In der Literatur wird die Messung der Hautleitfähigkeit häufig über die Finger oder die Palme<sup>18</sup> der Hand vorgenommen (Figner & Murphy 2011: 9, Liu & Du 2018: 51). Bei dem von der

<sup>18</sup> Handinnenseite

Universität Zürich bereitgestellten Messgerät *Empatica Watch*, welches in Abbildung 15 dargestellt ist, handelt es sich um eine Uhr, welche am Handgelenk befestigt wird und so die Leitfähigkeit am unteren Handgelenk misst.



**Abbildung 15** Empatica Watch zur Messung der Hautleitfähigkeit (Empatica 2023)

Die beiden runden Sensoren am Armband messen die Hautleitfähigkeit. Bei Betätigung der Taste neben dem grünen Punkt kann die Uhr einerseits aktiviert werden. Andererseits dient der Button aber auch der Setzung von Zeitstempeln, um den Eintritt eines Stimulus zu markieren. Bei der Platzierung der Uhr ist es eine Voraussetzung, dass diese für jede oder jeden Teilnehmenden identisch und korrekt angebracht wird (Liu & Du 2018: 51).

Während der Durchführung des Versuches wurde darauf geachtet, dass die oder der Teilnehmende ruhig auf einem Stuhl sitzt und dass sie oder er den Arm mit dem Messgerät bequem auf der Armlehne ablegen kann, um Störungen des Signals vorzubeugen (Figner & Murphy 2011: 17). In der EEG-Studie von Elsadek et al. (2019) wird auf die Wichtigkeit der Ruhe bei der Durchführung hingewiesen, um den Effekt der Erholung möglichst präzise zu messen. Für eine korrekte Anwendung sollte die Uhr früh genug angebracht werden, um eine stabile elektrische Verbindung zu gewährleisten (Figner & Murphy 18).

Bei der vorliegenden Arbeit wurde die Vorgehensweise der objektiven Messung der Literatur entnommen. Hierfür wurde bereits vor dem Versuch die Empatica Watch aktiviert und am Handgelenk der Testperson befestigt. Dabei ist es wichtig, dass die Uhr das Handgelenk möglichst eng umschliesst, um präzise Resultate zu erhalten (Lanini-Maggi 2023).

Für die Aktivierung der Uhr wird lange (> 1 Sekunde) auf die Taste an der Uhr gedrückt. Das Signal der Uhr wird kontinuierlich aufgezeichnet.

Sobald die Probandin oder der Proband in der VR einen neuen Stadtraum betrat, wurde mittels eines kurzen (< 1 Sekunde) Klicks ein Zeitstempel gesetzt. Dies dient der späteren Auswertung,

damit die Aufzeichnungen des Signals den unterschiedlichen Stadträumen zugeordnet werden können. Nach Beendigung des Hauptexperiments wurde die Uhr erneut mittels eines länger andauernden Tastendrucks über dieselbe Taste wieder deaktiviert. Die aufgezeichneten Signale wurden zusammen mit den Zeitstempeln der Signale als CSV-Datei ausgegeben. Innerhalb der CSV-Datei wurde nun ein manuelles Hinzufügen der Stadträume vorgenommen. Hierfür diente eine neue Spalte in der CSV-Datei und anhand der erzeugten Zeitstempel konnte nun eine Zuordnung der Räume zu den Messdaten der Hautleitfähigkeit erfolgen. Für jede Probandin und jeden Probanden wurden die Daten in einer separaten Datei gespeichert. Diese Aufbereitung der Rohdaten diente als Input für die Software *Acqknowledge*, welche zur Datenprozessierung genutzt wird und im nächsten Kapitel beschrieben wird.

Das Signal der Hautleitfähigkeit wird in zwei Phasen unterteilt, das tonische und das phasische Signal. Das tonische Signal wird als *Skin conductance level* (SCL) bezeichnet und beschreibt die allgemeine Hautleitfähigkeit über längere Zeitperioden. Innerhalb des tonischen Signals können Peaks auftreten, welche als phasisches Signal bezeichnet werden. Diese Peaks zeigen individuelle Hautleitfähigkeitsreaktionen und weisen eine höhere Frequenz auf im Vergleich zum trägeren, tonischen Signal (Figner & Murphy 2011: 4-6).

Für die vorliegende Studie wurde nicht das tonische Signal, sondern die phasische Hautleitfähigkeitsreaktion verwendet. Letztere kommt in der aktuellen Literatur häufiger zur Anwendung und ist sensitiver auf kurzzeitige Stimuli. Die Zeit, in der sich Probandinnen und Probanden in einem virtuellen Stadtraum aufhielten, beträgt in dieser Studie 30 Sekunden. Richtwerte hierzu befinden sich in der präsentierten Literatur. Da es sich um ein VR-Experiment handelt, wurden Probandinnen und Probanden eine längere Zeit dem Stimulus ausgesetzt im Vergleich zu den Werten in der Literatur. Das Zeitfenster, in welchem ein Stimulus präsentiert wird, sollte für alle Probandinnen und Probanden identisch sein. Aufgrund der manuellen Durchführung des Experiments und einer anspruchsvollen Koordinierung wurden die Räume 30 Sekunden mit einer Abweichung von maximal 3 Sekunden gezeigt. Um die Räume dennoch miteinander vergleichen zu können, wurde der Mittelwert der Erregung einer Versuchsperson durch die Zeit des präsentierten Stimulus dividiert.

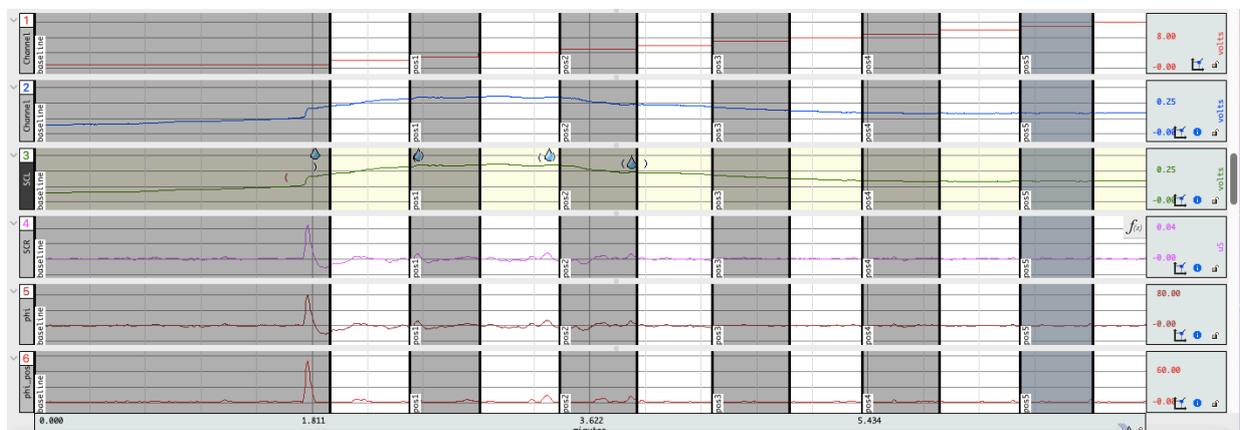
Die Valenz als weiterer qualitativer Aspekt eines Affektes wird in dieser Arbeit nicht mittels physiologischer Messungen erfasst. Einerseits kann die Valenz nicht aus der elektrodermalen Aktivität abgeleitet werden (Figner & Murphy 2011: 10) und andererseits wäre die Anwendung

einer weiteren Messmethode über den Rahmen der Arbeit hinausgegangen. Aus diesem Grund wurde die Valenz nur als subjektive Messgrösse innerhalb des SAM eingesetzt.

### 3.3.3 Prozessierung der Rohdaten in Acqknowledge

Für die Analyse der physiologischen Körperdaten wurde mit der Software Acqknowledge von Biopac gearbeitet. Die phasische Hautleitfähigkeit wurde anhand von zwei Werten ermittelt. Einerseits wurde die Anzahl der Hautleitfähigkeitsreaktionen ( $nSCR$ ) berechnet und andererseits wurde der Durchschnitt des phasischen Hautleitfähigkeitssignal pro Stadtraum betrachtet. Die Anzahl an Hautleitfähigkeitsreaktionen dient in der Literatur als zuverlässigen Indikator für die Messung von Erregung (Critchley 2002). Um den Effekt dieses Signales zu bestätigen, wurde daher zusätzlich das durchschnittliche Hautleitfähigkeitssignal pro Stadtraum ermittelt. Die Prozessierung der Daten wird im folgenden Kapitel beschrieben.

In einem ersten Schritt wurden die rohen Messdaten, welche unter Kapitel 3.3.2 beschrieben wurden, in die Software eingelesen und anschliessend das Signal zwei Mal mit einer fünffachen Glättung prozessiert (Lanini-Maggi 2023). Diese fünffache Glättung wurde mittels visueller Prüfung der Daten kontrolliert und gleichermassen auf alle individuellen Signale der Teilnehmenden angewendet. Die Abbildung 16 zeigt einen Auszug der Daten einer Testperson. Der *Kanal 1* in der ersten Zeile repräsentiert treppenartig den Wechsel in die fünf unterschiedlichen Stadträume. Die Zeit, in der sich eine Testperson in den Räumen aufhielt, sowie die Baseline zu Beginn des Experiments sind als graue Flächen dargestellt. In den weissen Flächen dazwischen wurden die Stadträume mithilfe des SAM durch die Testperson bewertet und demnach nicht in die Analyse miteinbezogen. Der *Kanal 2* in der zweiten Zeile stellt das Rohdatensignal der Hautleitfähigkeit dar, sowie es in die Software eingelesen wurde.



**Abbildung 16** Rohdatensignal sowie prozessierte Signale der Hautleitfähigkeit einer Versuchsperson

Das nach der Glättung entstandene Signal wurde als tonisches Signal (SCL) verwendet, um daraus die Hautleitfähigkeitsreaktion (SCR) zu berechnen. In der Abbildung 16 ist das tonische Signal als *Kanal 3* in der dritten Zeile dargestellt und der vierte Kanal zeigt das phasische Signal (SCR), welches aus dem SCL berechnet wurde. Die Einheit des phasischen Hautleitfähigkeitssignals wird in Mikro-Siemens ( $\mu\text{S}$ ) pro Zeiteinheit festgehalten. In den Einstellungen wurde ein Tiefpass-Filter von 1 Hz definiert und die Verstärkung des Signals auf 5  $\mu\text{S}$  gesetzt. Der Filter entfernt die tonische Komponente des Signals und betont nur die phasischen Hautleitfähigkeitsreaktionen. Die genauen Werte dazu wurden aus Anwendungen entsprechender Literatur entnommen (Figner & Murphy 2011: 13-14, Lanini-Maggi 2023). Die Studie von Liu & Du (2018) zur Analyse von Stress hat ebenfalls ein Tiefpassfilter eingesetzt, um Rauschen zu eliminieren. Nach der Berechnung des phasischen Signals in *Kanal 4* wurden die Daten anhand der Bedingung

$$COND(SCR*100/(MAX-MIN))^{19}$$

normalisiert, welches dem *Kanal 5* entspricht. Die Normalisierung dient dazu, die individuellen Unterschiede zwischen Personen in einem *between-subject-design* zu minimieren. Für den berechneten *Kanal 5* wurden anhand einer neuen Bedingung

$$COND(PHI, 0, 0, PHI))^{19}$$

nur die positiven Werte extrahiert, da diese stellvertretend für eine Erregung stehen. Aus dem berechneten Signal in *Kanal 6* wurde für die Ergebnisse die durchschnittliche Erregung pro Stadtraum sowie die Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen ermittelt.

Da die Reaktion der Hautleitfähigkeit auf einen Stimulus leicht zeitverschoben stattfindet (Figner & Murphy 2011: 19), wurde eine genaue visuelle Prüfung in Acqknowledge vorgenommen. Aus dem Grund der Latenz<sup>20</sup> wurde für jeden Stadtraum genügend Zeit einberechnet. Falls eine starke Hautleitfähigkeitsreaktion in den kritischen Bereich der Latenzphase zwischen 0.5 und 3 Sekunden nach dem Stimuluswechsel, bzw. dem Eintreten in einen neuen Stadtraum (Figner & Murphy 2011: 19) fiel, wurde die Reaktion in den vorherigen Stimulus eingerechnet. Nach Benedeck et al. (2010) beträgt die Latenzzeit meistens ungefähr

<sup>19</sup> Verwendung aus GIVA-Docs (S. Lanini-Maggi 2023)

<sup>20</sup> Unter der Latenz ist die Zeit zu verstehen, die zwischen der Präsentation eines Reizes und der darauffolgenden Reaktion liegt (Spektrum 2000b).

zwei Sekunden (Benedek et al. 2010: 88). Die Zeit des präsentierten Stimulus wurde demnach fallspezifisch etwas ausgedehnt. Diese Modifikation hatte jedoch keinen Einfluss auf den nachfolgenden Stimulus, da zwischen den Stadträumen jeweils die Beantwortung des SAM eingebaut wurde.

Um die Daten für die Teilnehmenden vergleichbar zu machen (Figer & Murphy 2011: 28), wurden sie standardisiert. Die Standardisierung geschah mittels der Baseline-Korrektur, indem das Signal der Baseline für jede und jeden Teilnehmenden jeweils von den Signalen der jeweiligen Stadträume subtrahiert wurde (Spielhofer et al. 2021: 80). Die Standardisierung diente der Berechnung des durchschnittlichen phasischen Signals pro Raum sowie der Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen. Die Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen pro Stadtraum sind im Kanal 3 der Abbildung 16 als Symbol eines Schweisstropfens dargestellt. Für die Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen pro Stadtraum wurde die Anzahl Schweisstropfen während der Baseline von jenen in den Stadträumen subtrahiert (Spielhofer et al. 2021: 80)

## 4 Resultate

Die präsentierten Ergebnisse der Studie werden unterteilt in die physiologischen Messdaten der Hautleitfähigkeit und die subjektive Einschätzung mittels SAM sowie der Umfrage nach dem Experiment.

Da die fünf virtuellen Stadtsituationen für jede Testperson randomisiert wurden, wird in den Ergebnissen zwischen den *Stadträumen* und ihren *Positionen* unterschieden. Unter der Position ist die Reihenfolge der gezeigten Stadtsituationen einer Testperson zu verstehen, wobei beispielsweise die erste Position für jede Testperson die gezeigte Situation direkt nach der Baseline darstellt. Die Positionen wurden dabei von 1 bis 5 nummeriert und beziehen sich lediglich auf die zeitliche Abfolge des Experiments.

Unter *Stadträumen* sind die fünf virtuell erstellten Stadtsituationen zu verstehen, welche für jede Probandin und jeden Probanden randomisiert an einer unterschiedlichen *Position* gezeigt werden. Bei der Analyse wird auf die beiden Parameter Position und Raum getrennt voneinander eingegangen, um eine starke Variabilität der fünf erstellten Stadträume auszuschliessen.

Für alle durchgeführten statistischen Tests wird ein Signifikanz-Level von 0.05 verwendet (Martin 2008: 260). Die Effektgrößen werden jeweils anhand des  $\eta^2$  von Cohen (1988) bestimmt und interpretiert. Die Werte zur Interpretation der Effektgrösse, die in dieser Arbeit verwendet werden, sind in der Tabelle 3 zusammengefasst (Cohen 1988).

**Tabelle 3** Effektgrösse und Interpretation nach Cohen (Cohen 1988)

Effektgrösse nach Cohen (1988)	$\eta^2$
schwach	0.01 – 0.059
mittel	0.06 – 0.139
stark	0.14 und grösser

Die statistischen Ergebnisse sowie die Ergebnisse der Prüfung auf Normalverteilung sind im Anhang E aufgelistet.

#### 4.1 Subjektive Messung: SAM

Die subjektive Beurteilung der fünf unterschiedlichen Stadträume wurde anhand des *Self-Assessment Manikin (SAM)* evaluiert. Das nachfolgende Kapitel wird in die beiden untersuchten Dimensionen des SAM, *Erregung* und *Valenz*, unterteilt. Für die Valenz bedeutet ein Wert von 1 eine positive und ein Wert von 5 eine negative Bewertung, vgl. dazu die erste Reihe der Abbildung 5. Bei der Erregung hingegen wird ein Wert von 1 mit einer starken Anspannung und ein Wert von 5 mit Entspannung gleichgesetzt. Der SAM für die Erregung befindet sich in der zweiten Reihe der Abbildung 5.

Die Werte der beiden Dimensionen für die Stadträume, welche beim SAM von 1 bis 5 reichen, wurden unter Einbezug der SAM-Werte der Baseline (Achterbahnfahrt) für jede Testperson korrigiert. Somit können die Werte des SAM unter den Teilnehmenden miteinander verglichen werden. Die Werte des SAM nach dieser Baseline-Korrektur stellen somit die Veränderung der Erregung und der Valenz nach der Achterbahnfahrt dar. Das genaue Verfahren dazu ist in den Methoden beschrieben.

Mittels Shapiro-Wilk Test wurde anschliessend geprüft, ob die Daten einer Normalverteilung unterliegen. Da für die einzelnen Positionen und Stadträume keine Normalverteilung vorliegt.

wurde für den Messwiederholungseffekt der nicht-parametrische Friedman Test durchgeführt, welcher stellvertretend für die ANOVA mit Messwiederholungen eingesetzt wird. Um einen möglichen Unterschied zwischen den beiden Gruppen *begrünt* und *nicht begrünt* zu erforschen, wurde der Mann-Whitney Test angewendet.

In den folgenden Teilkapiteln werden nun die Ergebnisse der subjektiven Bewertungen anhand des SAM für die Erregung sowie die Valenz aufgezeigt. Die nachfolgenden Grafiken präsentieren jeweils auf der x-Achse die Position des Stadtraumes oder den Stadtraum selbst und auf der y-Achse die Differenz zwischen Erregungs- bzw. Valenz-Werten der individuellen Stadträume und der Baseline. Für diese Differenz wird in den nachfolgenden Achsenbeschriftungen der Begriff *Baseline-Korrektur* verwendet. Somit bedeutet ein niedriger Wert auf der y-Achse eine kleine Veränderung zwischen der Baseline und dem Stadtraum, wobei ein höherer Wert demnach eine grössere Veränderung der Erregung zwischen den beiden Zeitpunkten widerspiegelt.

#### 4.1.1 Messung der Erregung

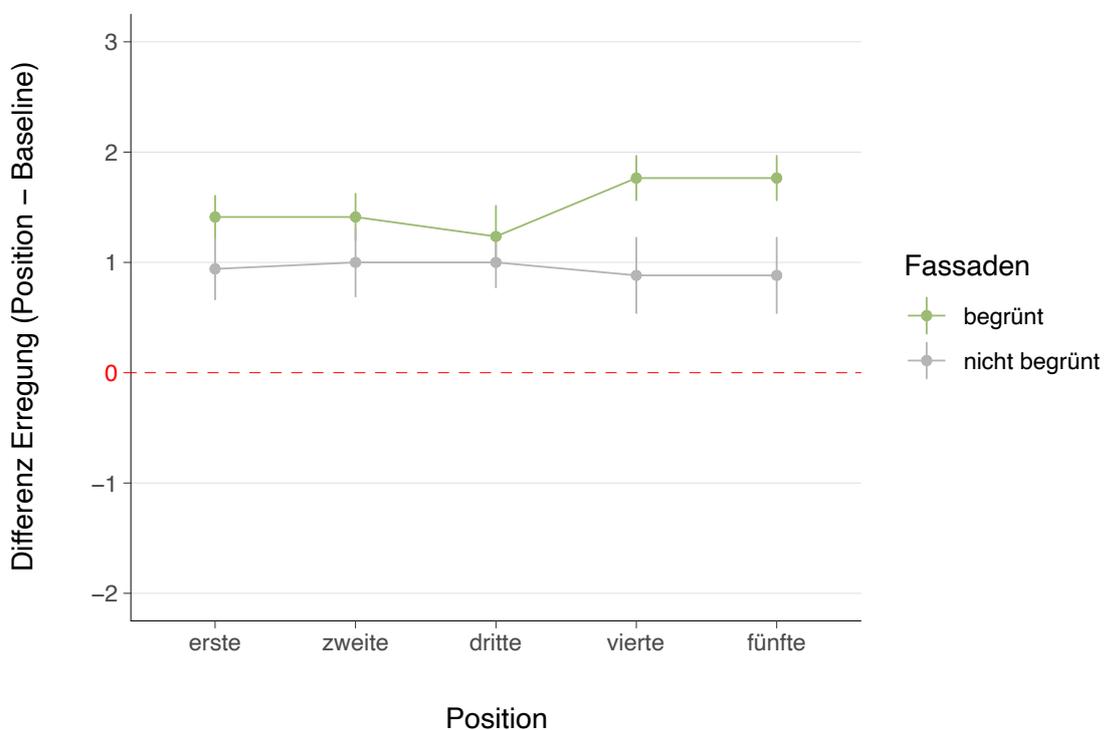
##### *Position*

In diesem Teilkapitel werden die Ergebnisse der subjektiv eingestuften Erregung anhand des SAM präsentiert. In einem ersten Schritt werden die Werte über die Position, an welcher ein Stadtraum gezeigt wurde, aufgelistet. Die ausführliche Erklärung der Begriffe Position und Stadtraum wurde in Kapitel 4.1 aufgeführt.

Innerhalb der unterschiedlichen Positionen, von der ersten bis zur fünften, gibt es keinen signifikanten Unterschied der Erregung nach der Baseline-Korrektur ( $\chi^2(4) = 3.516, p > .4$ ). Dies bedeutet, dass beispielsweise die bei jeder Person zuletzt gezeigte Stadtsituation keinen Unterschied an Erregung aufweist im Vergleich zu einer anderen Position.

Zwischen den beiden Gruppen *begrünt* und *nicht begrünt* ist jedoch, unabhängig von der Position des gezeigten Stadtraumes, ein starker Unterschied ( $W = 4666, p < .0006$ ) ersichtlich. Personen, welche sich in der begrünter Umgebung aufhielten ( $M = 1.518, SD = 0.907$ ), haben die Stadträume im Vergleich zur Baseline wesentlich entspannter eingestuft als Personen in den nicht begrünter Räumen ( $M = 0.941, SD = 1.218$ ). Dieser Unterschied zwischen den Gruppen wird in der Abbildung 17 dargestellt. Auf der x-Achse befinden sich die fünf unterschiedlichen Positionen und auf der y-Achse sind die Werte des SAM nach der Baseline-Korrektur dargestellt. Ein hoher Wert auf der y-Achse ist demnach mit einer starken Entspannung

gleichzusetzen, da die Werte der Stadträume höher sind als jene der Baseline und die Testperson somit entspannter ist. Bei niedrigeren Werten auf der y-Achse liegt ein geringerer Unterschied zwischen den Stadträumen und der Baseline vor. Dies bedeutet, dass bei der Testperson keiner oder nur ein schwacher Effekt der Entspannung nach der Achterbahnfahrt eingetreten ist. Die Gruppe in den begrünten Räumen, welche als grüne Linie dargestellt wird, weist höhere Werte und dementsprechend mehr Entspannung in den Räumen auf. Dabei fällt auf, dass sich die Gruppen ab der dritten Position stärker unterscheiden. Der Unterschied zwischen den Gruppen weist einen starken Effekt auf ( $\eta^2 = .59$ ).

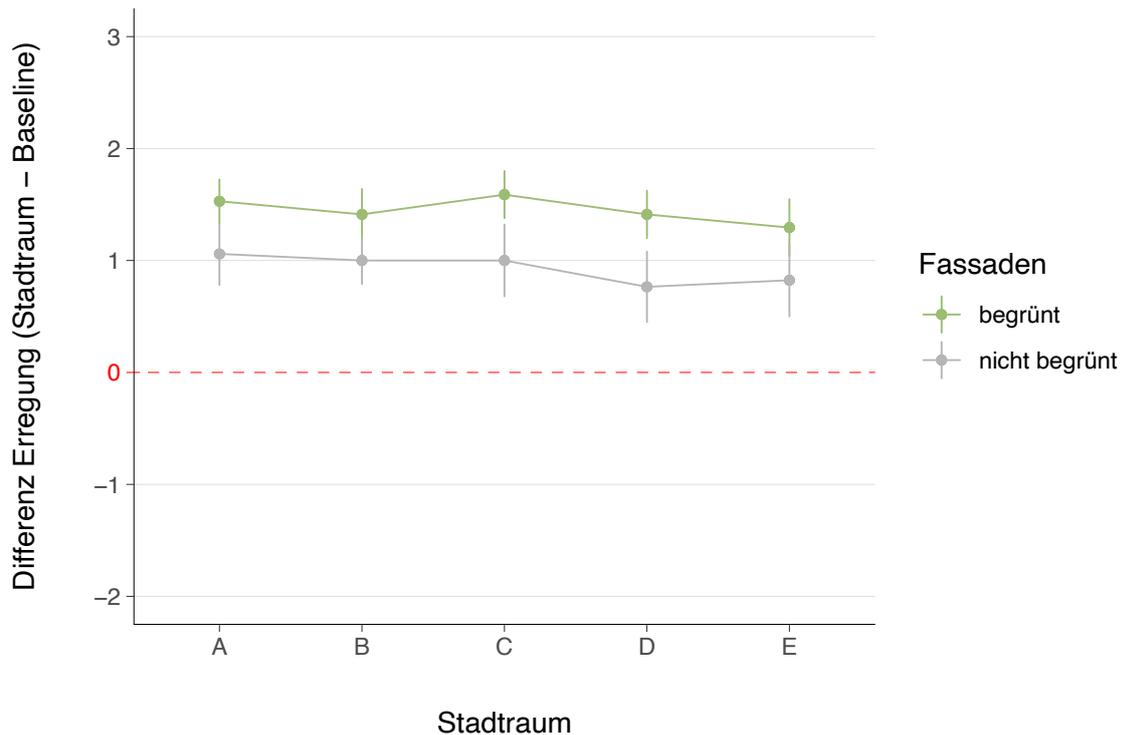


**Abbildung 17** Differenz der Erregung zwischen den Positionen und der Baseline

### Stadtraum

Analog zu den Werten der Erregung anhand der Position sind die Werte der Stadträume in der Abbildung 18 aufgezeigt. Für die erstellten Stadträume wurde die Bezeichnung A bis E verwendet, um eine mögliche Verwirrung zu den Positionen zu vermeiden. Die subjektiv eingeschätzte Erregung innerhalb der Stadträume A bis E unterscheidet sich ebenfalls nicht signifikant ( $\chi^2(4) = 4.906, p > .2$ ). Demnach gibt es keinen Unterschied der Mittelwerte zwischen den virtuell erstellten Stadträumen. Ähnlich wie bei der Position besteht auch hier ein Unterschied zwischen den Gruppen ( $W = 4666, p < .001$ ). Testpersonen der Gruppe mit

Fassadenbegrünung ( $M = 1.447$ ,  $SD = 0.893$ ) haben ihre Erregung signifikant kleiner eingestuft als Teilnehmende der Kontrollgruppe ( $M = 0.929$ ,  $SD = 1.183$ ). Somit ist die Differenz zwischen den Stadträumen und der Baseline bei der begrünten Gruppe kleiner, wie der Abbildung 18 zu entnehmen ist. Zwischen den beiden Gruppen ist ein starker Effekt nachweisbar ( $\eta^2 = .55$ ).



**Abbildung 18** Differenz der Erregung zwischen den Stadträumen und der Baseline

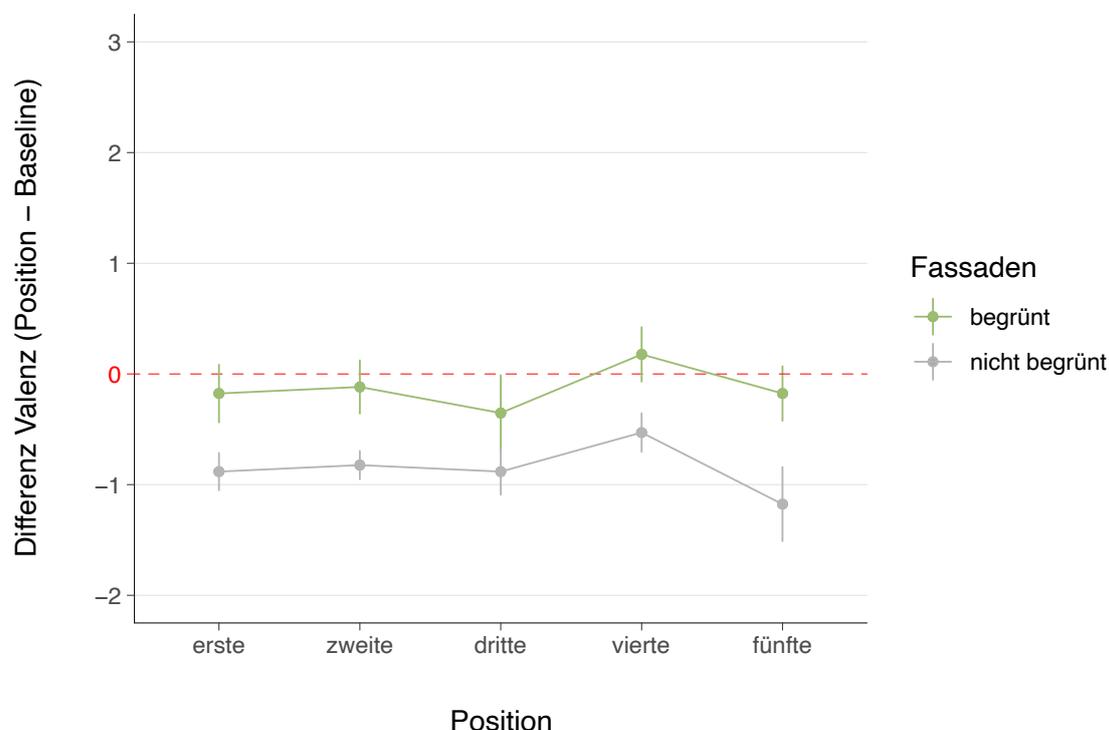
#### 4.1.2 Messung der Valenz

##### *Position*

Dieses Teilkapitel beschäftigt sich mit der subjektiv eingeschätzten Valenz anhand der Positionen und der Stadträume. Die Differenz der Valenz einer Person wurde analog zu der Erregung in Teilkapitel 4.1.1 berechnet. Demensprechend bedeuten hohe positive Werte, dass die Differenz zwischen der Baseline und den Stadträumen gross ist und sich Personen in den Stadträumen glücklicher fühlen im Vergleich zur Baseline. Tiefe und negative Werte zeigen das Gegenteil, indem sich Personen in den städtischen Umgebungen gleich oder unglücklicher fühlen als auf der Achterbahnfahrt.

Die statistischen Ergebnisse weisen keinen Effekt betreffend Unterschiede der subjektiven Einschätzungen zwischen den unterschiedlichen Positionen nach ( $\chi^2(4) = 8.9195$ ,  $p > .06$ ).

Unabhängig von der Position des gezeigten Stadtraumes waren Personen in der begrünten Umgebung ( $M = -0.130$ ,  $SD = 1.099$ ) im Vergleich zur Kontrollgruppe ( $M = -0.859$ ) signifikant glücklicher ( $W = 4997.5$ ,  $p > 5.7e-06$ ). Bei beiden Gruppen liegt jedoch die durchschnittliche Differenz der Positionen und der Stadträume im negativen Bereich. Demnach schätzten Personen ihr Befinden während der Achterbahnfahrt unabhängig von der Begrünung in den Stadträumen positiver ein als in den städtischen Umgebungen. Der signifikante Unterschied zwischen den Gruppen weist einen sehr starken Effekt auf ( $\eta^2 = .77$ ). Die Abbildung 19 zeigt den Unterschied der beiden Gruppen auf. Die Werte auf der y-Achse wurden analog zu jenen der Erregung aus der Differenz der Valenz zwischen den Stadträumen, bzw. Positionen und jenen der Baseline ermittelt.

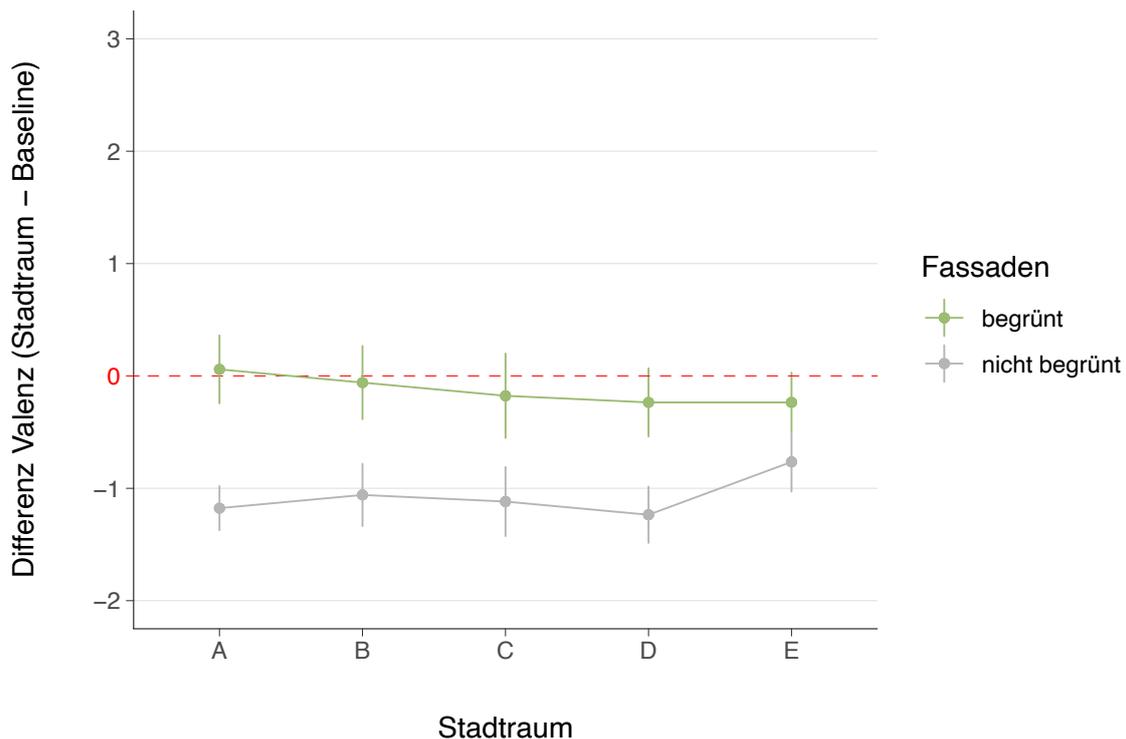


**Abbildung 19** Differenz der Valenz zwischen den Positionen und der Baseline

### Stadtraum

Die subjektiv eingeschätzte Valenz unterscheidet sich ebenfalls nicht zwischen den unterschiedlichen Stadträumen A bis E ( $\chi^2(4) = 3.6638$ ,  $p > .453$ ). Teilnehmende haben folglich unabhängig von der Gruppe, der sie zugeteilt wurden, im Mittel alle fünf Stadträume ähnlich wahrgenommen. Über alle Stadträume hinweg fühlten sich Personen in den begrünten Stadtsituationen ( $M = -0.129$ ,  $SD = 1.280$ ) jedoch glücklicher als Teilnehmende, welche sich

in nicht begrünten Stadträumen befanden ( $M = -1.071$ ,  $SD = 1.067$ ). Demnach gibt es einen signifikanten Unterschied in der selbst eingeschätzten Valenz zwischen den Gruppen ( $W = 5177.5$ ,  $p < 4.14e-07$ ). Die Effektstärke zwischen den beiden Gruppen anhand des Stadtraums ist wie auch bei den Positionen sehr hoch ( $\eta^2 = .87$ ). Die Visualisierung der Resultate der beiden Gruppen ist in der Abbildung 20 festgehalten.



**Abbildung 20** Differenz der Valenz zwischen den Stadträumen und der Baseline

#### 4.2 Objektive Messung: Hautleitfähigkeit

Die Ergebnisse der Hautleitfähigkeit werden in zwei unterschiedlichen Teilen behandelt. Im ersten Teil werden die Resultate der durchschnittlichen Erregung über die Zeit pro Position und Stadtraum präsentiert. Im zweiten Teil erfolgt die Analyse der Anzahl Peaks an Hautleitfähigkeitsreaktionen. Innerhalb der beiden Teile wird analog zu den Resultaten des SAM zwischen den Stadtsituationen als Position und als Raum unterschieden.

In den nachfolgenden Grafiken sind die Erregungswerte für jeden Stadtraum oder jede Position dargestellt. Analog zu der subjektiven Methode anhand des SAM wurden die Erregungswerte anhand der Baseline-Messung korrigiert, sodass der Wert auf der y-Achse die Differenz in der Erregung zwischen den Stadträumen und der Baseline darstellt. Somit wird für jede

Versuchsperson der Erregungswert der Baseline von jenem der Stadträume subtrahiert. Werte  $< 0$  bedeuten demnach eine tiefere Erregung in den Stadträumen im Vergleich zur Baseline. Eine höhere Erregung in den Stadträumen wird anhand von Werten  $> 0$  ersichtlich.

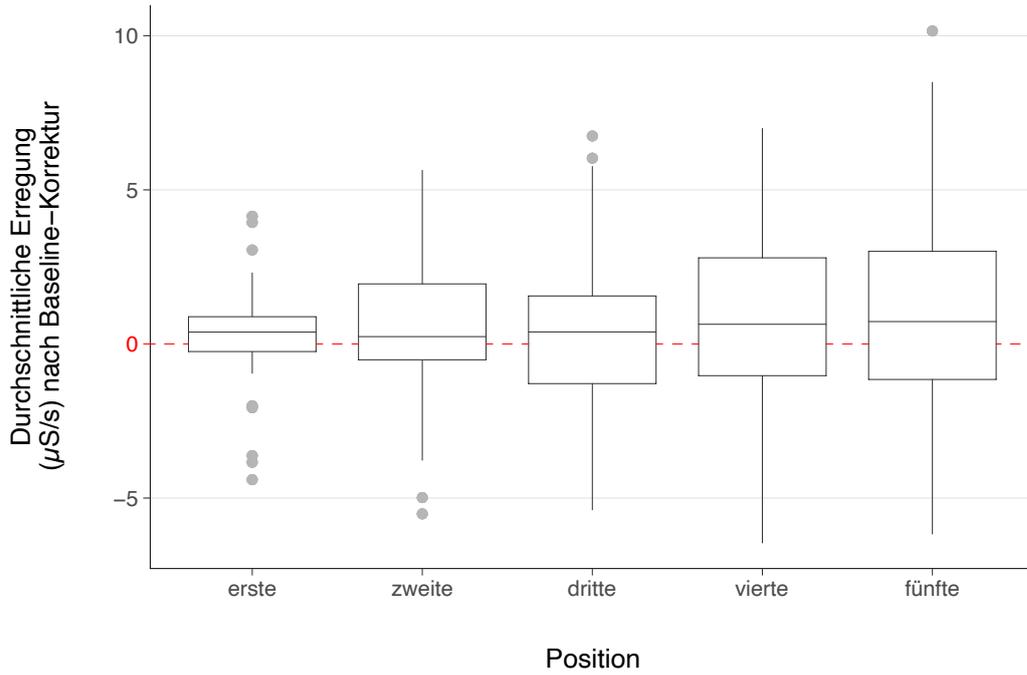
Die Messwerte der Hautleitfähigkeit wurden mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft. Da bei allen Räumen, ausser beim Stadtraum C eine Normalverteilung vorliegt, kann eine ANOVA mit Messwiederholungen angewendet werden (Lumley et al. 2002).

#### 4.2.1 Durchschnittliche Erregung über die Zeit

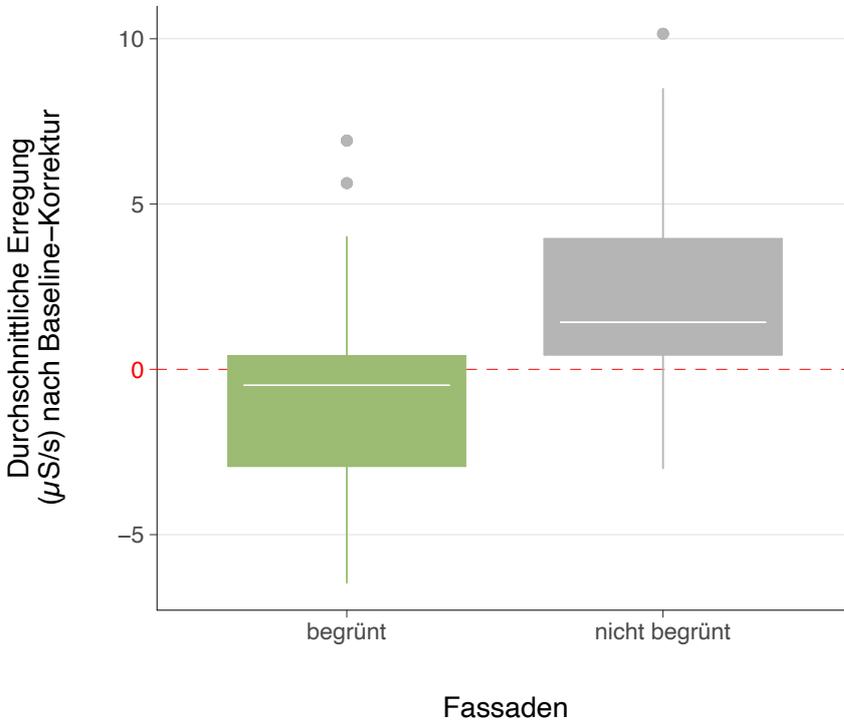
##### *Position*

In diesem Kapitel sind die Resultate der Erregungswerte über die Zeit zusammengefasst. Die Resultate anhand der unterschiedlichen Positionen zeigen auf, dass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Positionen nachweisbar ist ( $F(4,132) = 1.45$ ,  $p > .2$ ,  $\eta^2 = .25$ ), vgl. Abbildung 21.

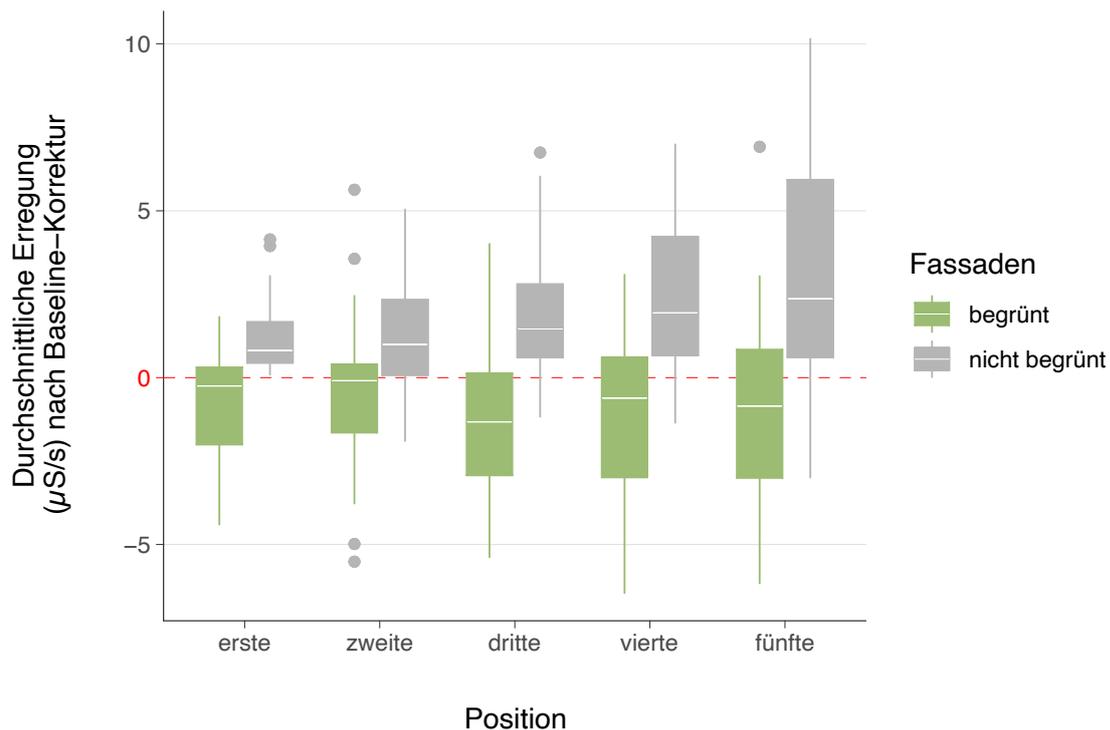
Zwischen den beiden Gruppen *begrünt* und *nicht begrünt* gibt es jedoch stark signifikante Unterschiede betreffend der durchschnittlichen Erregung nach der Baseline-Korrektur ( $F(1,32) = 17.92$ ,  $p < .0001$ ,  $\eta^2 = .25$ ), welcher in Abbildung 22 dargestellt ist. Der Test weist eine hohe Effektstärke nach. Die durchschnittliche Erregung der Experimentalgruppe ( $M = -0.88$ ,  $SD = 2.61$ ), welche sich nur in Räumen mit begrünten Fassaden aufhielt, unterschied sich signifikant von jener der Kontrollgruppe ( $M = 2.08$ ,  $SD = 2.50$ ). Das gesamthafte Ergebnis über die Gruppenunterschiede mit Messwiederholung kann der Abbildung 23 entnommen werden.



**Abbildung 21** Durchschnittliche Erregung nach der Baseline-Korrektur anhand der Position für die Messwiederholung



**Abbildung 22** Durchschnittliche Erregung nach der Baseline-Korrektur anhand der Position für die Gruppenunterschiede

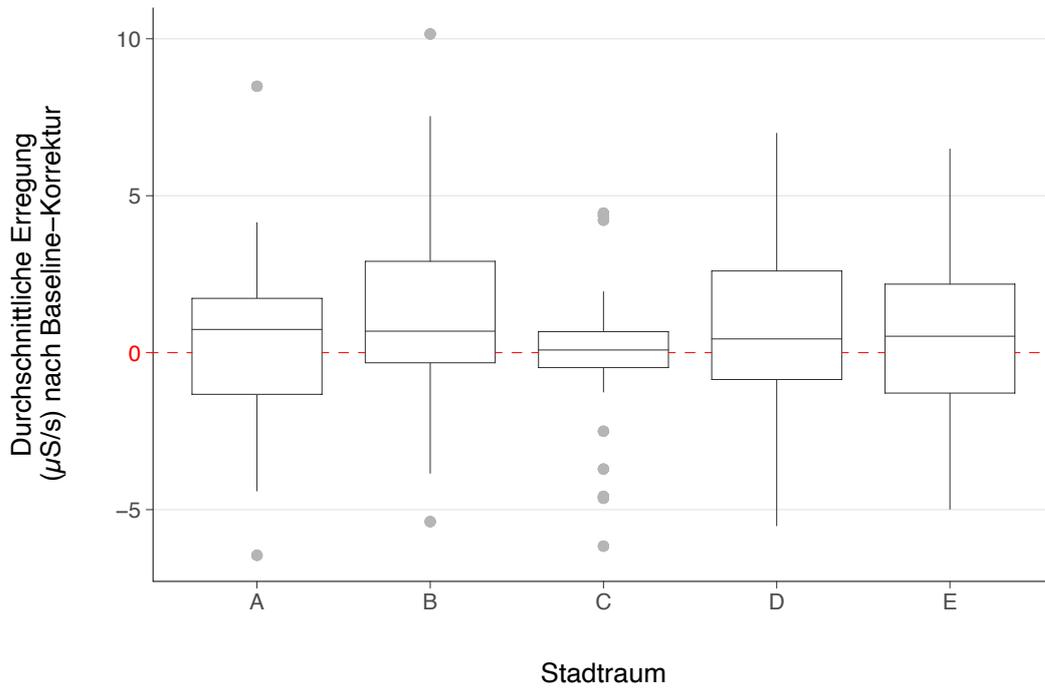


**Abbildung 23** Durchschnittliche Erregung nach der Baseline-Korrektur anhand der Position

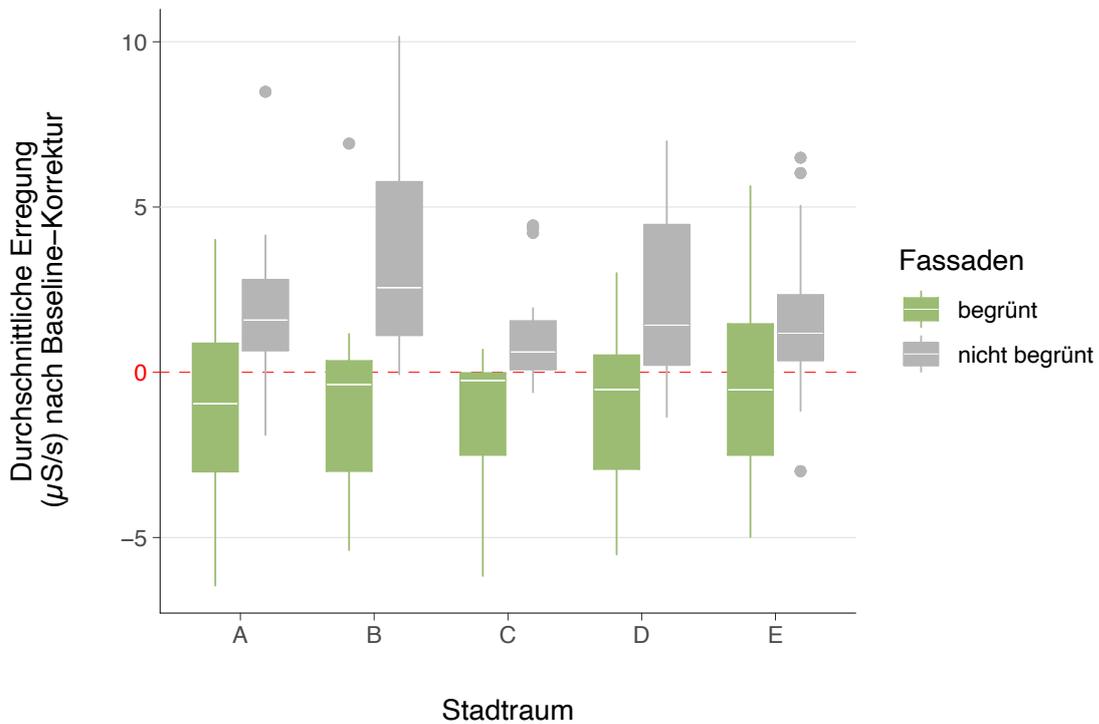
### Stadtraum

Die Messwerte der fünf unterschiedlichen Stadträume zeigen mit Ausnahme des Raumes C ( $p < .002$ ) eine Normalverteilung. Mittels der ANOVA mit Messwiederholungen wird in der Abbildung 24 ersichtlich, dass der Unterschied zwischen den einzelnen fünf Stadträumen leicht signifikant, beziehungsweise dass sich der Stadtraum C stärker von den übrigen Stadträumen unterscheidet. Die Effektstärke ist dabei hoch ( $F(4,132) = 2.936$ ,  $p < .02$ ,  $\eta^2 = .25$ ). Demnach liegt unabhängig von der Zuteilung zu einer Gruppe ein Unterschied zwischen den einzelnen Stadträumen mit einer starken Effektgrösse vor. Zwischen den beiden Gruppen, die entweder nur begrünten oder nicht begrünten Fassaden ausgesetzt waren, ist der gleiche Effekt wie in Kapitel 4.2.1 ersichtlich mit einer starken Signifikanz und hohen Effektstärke ( $F(1,32) = 17.92$ ,  $p < 0.0001$ ,  $\eta^2 = .25$ ). Versuchspersonen aus der Experimentalgruppe ( $M = -0.88$ ,  $SD = 2.61$ ), die nur in begrünte Räume eintauchten, waren somit unter Einbezug der Baseline durchschnittlich viel weniger stark erregt als die Kontrollgruppe ( $M = 2.08$ ,  $SD = 2.50$ ). Die Werte zwischen den Gruppen sind deckungsgleich mit jenen aus der Abbildung 22. Somit wird die Grafik, um den Unterschied zwischen den Gruppen aufzuzeigen, nicht erneut aufgeführt.

Der Effekt der Gruppenunterschiede mit den Messwiederholungen ist kombiniert in der Abbildung 25 dargestellt.



**Abbildung 24** Durchschnittliche Erregung nach der Baseline-Korrektur anhand des Stadtraums für die Messwiederholung



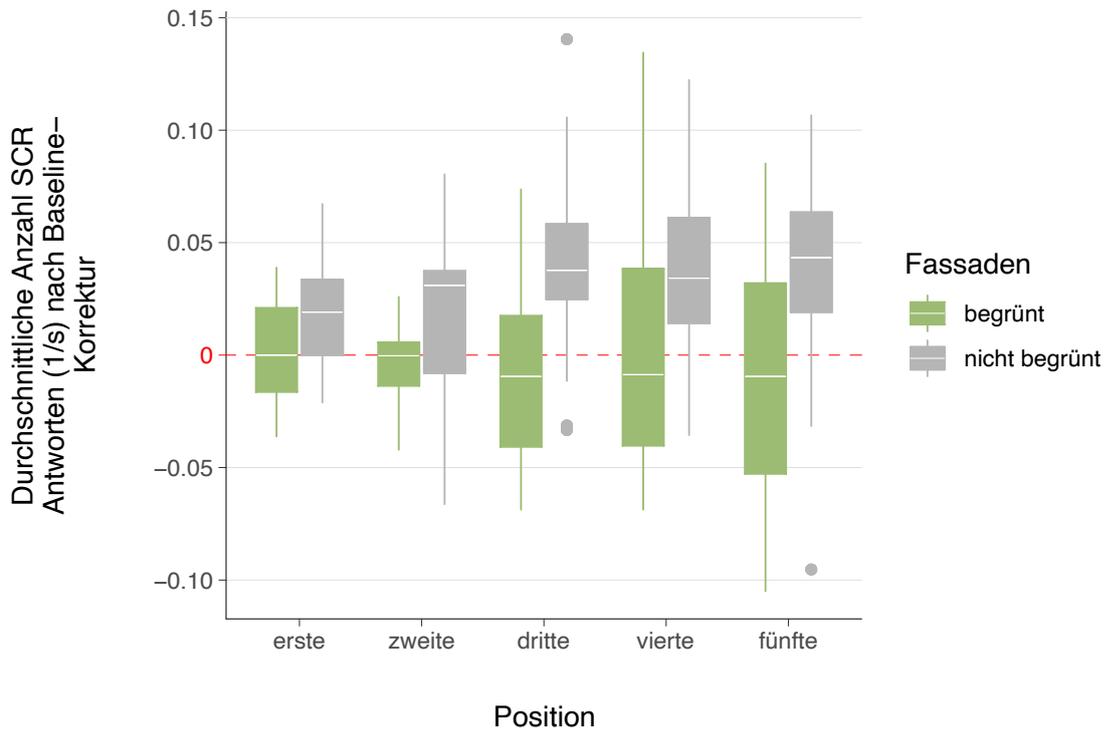
**Abbildung 25** Durchschnittliche Erregung nach der Baseline-Korrektur anhand des Stadtraums

#### 4.2.2 Anzahl Peaks Hautleitfähigkeitsreaktionen

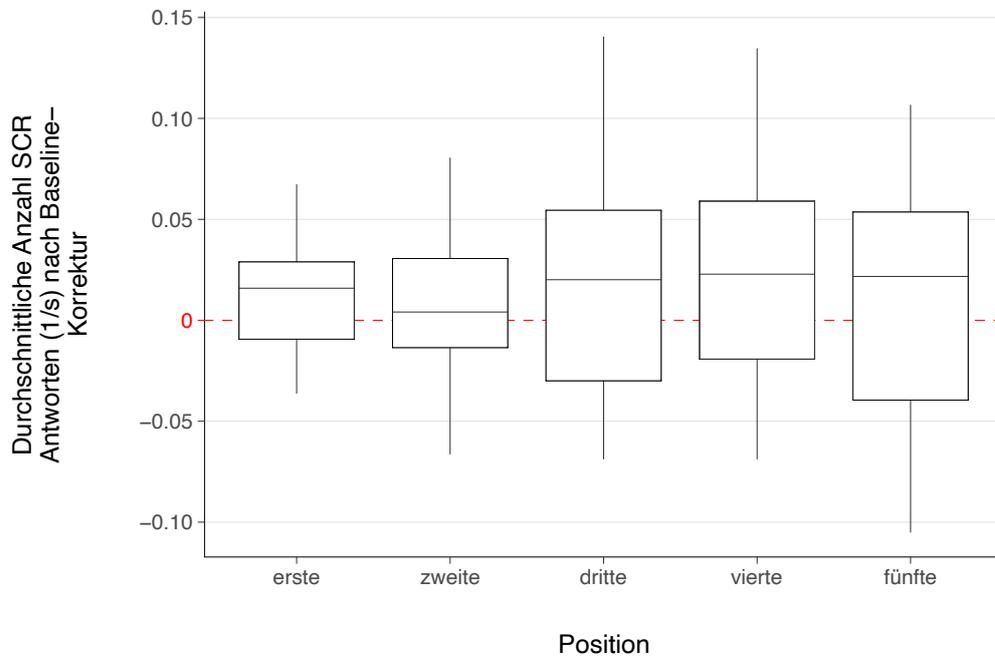
In diesem Teilkapitel werden die Resultate der Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen pro Stadtraum unter der Korrektur der Baseline präsentiert. In der Methodik ist beschrieben, wann ein Signal als Hautleitfähigkeitsreaktion gilt und was unter einer Hautleitfähigkeitsreaktion zu verstehen ist. Hautleitfähigkeitsreaktionen können in der Visualisierung der Daten als Peaks erkannt werden. Die Ergebnisse der Anzahl Peaks an Hautleitfähigkeitsreaktionen während des Experiments werden analog zur durchschnittlichen Erregung in Kapitel 4.2.1 separat pro Position und pro Raum betrachtet.

##### *Position*

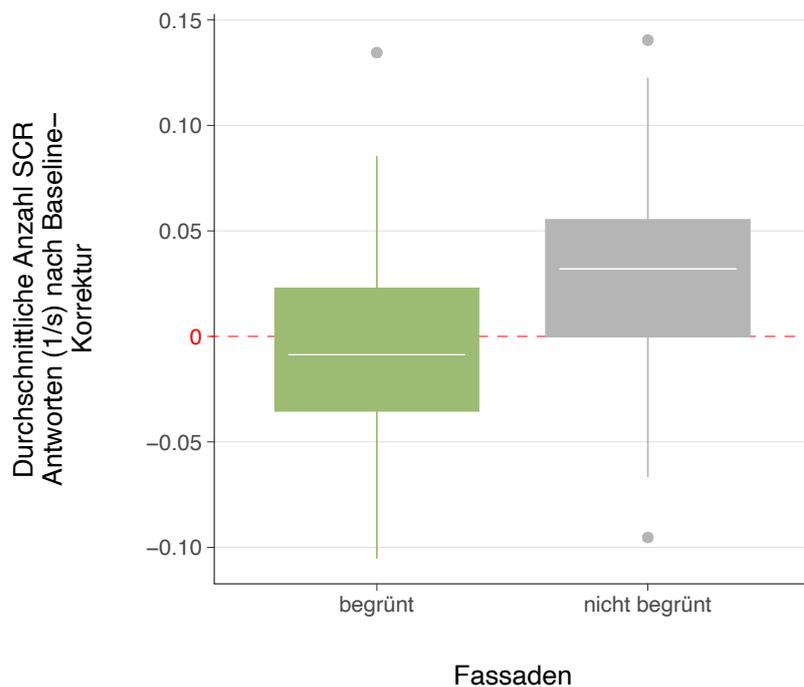
Für die unterschiedlichen Positionen verhalten sich die Resultate der Hautleitfähigkeitsreaktionen ähnlich zu jenen der durchschnittlichen Erregung pro Zeit im vorhergehenden Teilkapitel. Es gibt keinen signifikanten Unterschied in der Anzahl an Peaks pro Zeit zwischen den einzelnen Positionen ( $F(4,132) = 0.94, p > .4, \eta^2 = .15$ ). Innerhalb der verschiedenen städtischen Situationen ist jedoch wiederum ein klarer Unterschied ( $F(1,13) = 11.05, p < .002, \eta^2 = .15$ ) zwischen den beiden Gruppen ersichtlich. Personen, denen nur begrünte Fassaden gezeigt wurden, waren nach dem Baseline-Video deutlich weniger gestresst ( $M = -0.004, SD = 0.04$ ) im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne begrünte Fassaden ( $M = 0.03, SD = 0.04$ ). Die Effekte sind in der Abbildung 26 dargestellt, wobei die Messwiederholungen separat in der Abbildung 27 und die Unterschiede zwischen den Gruppen in der Abbildung 28 ersichtlich sind.



**Abbildung 26** Durchschnittliche Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen nach der Baseline-Korrektur anhand der Position



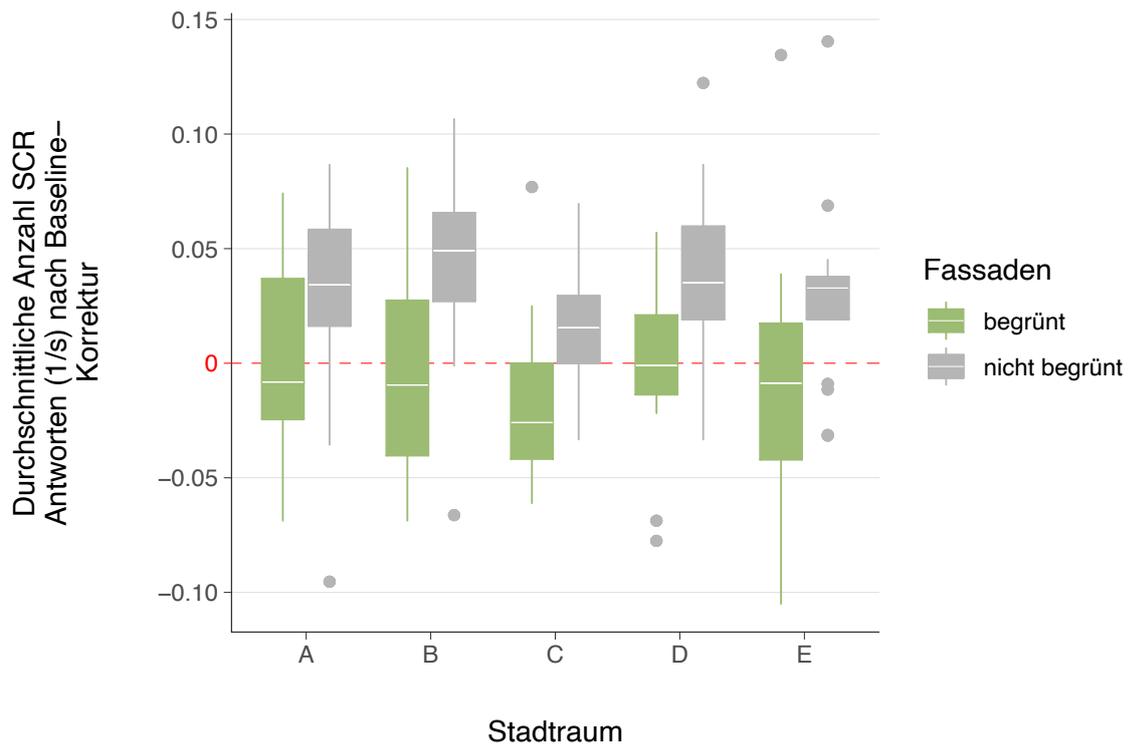
**Abbildung 27** Durchschnittliche Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen nach der Baseline-Korrektur anhand der Position für die Messwiederholung



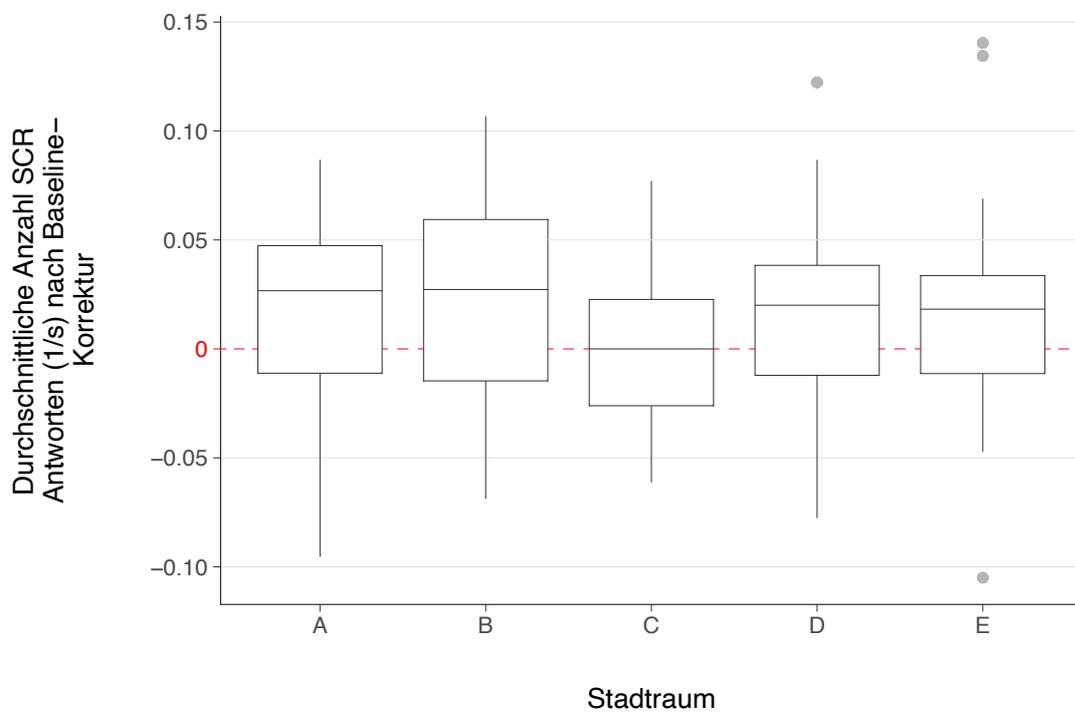
**Abbildung 28** Durchschnittliche Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen nach der Baseline-Korrektur anhand der Position für die Gruppenunterschiede

#### Stadtraum

Analog zum Kapitel 4.2.1 werden auch hier die generierten, virtuellen Stadtsituationen miteinander verglichen. In der Abbildung 29 ist das kombinierte Ergebnis der Gruppenunterschiede mit Messwiederholungen aufgeführt. Zwischen den unterschiedlichen Stadträumen von A bis E gibt es keinen signifikanten Unterschied in den Daten der gemessenen Erregung ( $F(4,132) = 1.84, p > .1, \eta^2 = .15$ ). Anhand der Grafik 30 lässt sich erkennen, dass unabhängig von der Begrünung zwischen den unterschiedlichen Stadträumen kein signifikanter Unterschied besteht. Die beiden Gruppen unterscheiden sich jedoch signifikant ( $F(1,32) = 11.05, p < .002$ ). Personen in der nicht begrünnten virtuellen Stadtumgebung ( $M = 0.03, SD = 0.04$ ) wiesen markant mehr Hautleitfähigkeitsreaktionen auf als Personen in der begrünnten Umgebung ( $M = -0.03, SD = 0.04$ ). Da die Werte der Hautleitfähigkeitsreaktionen pro Stadtraum deckungsgleich mit jenen der durchschnittlichen Erregung in der Abbildung 28 sind, wird die Grafik hier nicht nochmals aufgeführt.



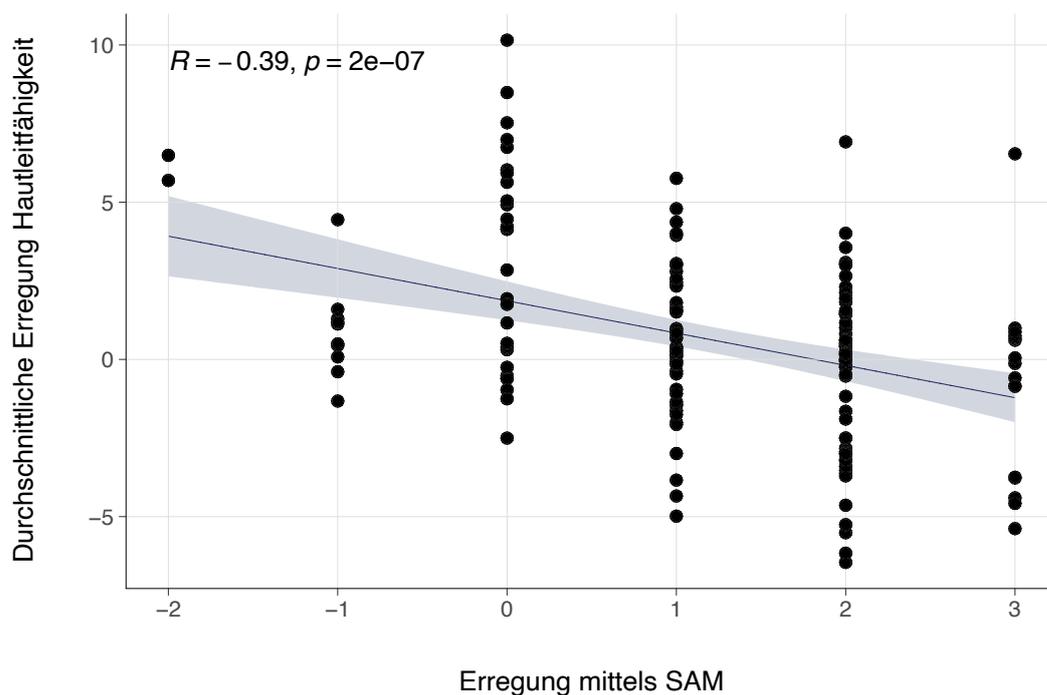
**Abbildung 29** Durchschnittliche Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen nach der Baseline-Korrektur anhand des Stadtraums



**Abbildung 30** Durchschnittliche Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen nach der Baseline-Korrektur anhand des Stadtraums für die Messwiederholung

#### 4.2.3 Beziehung zwischen subjektiver und objektiver Messmethode

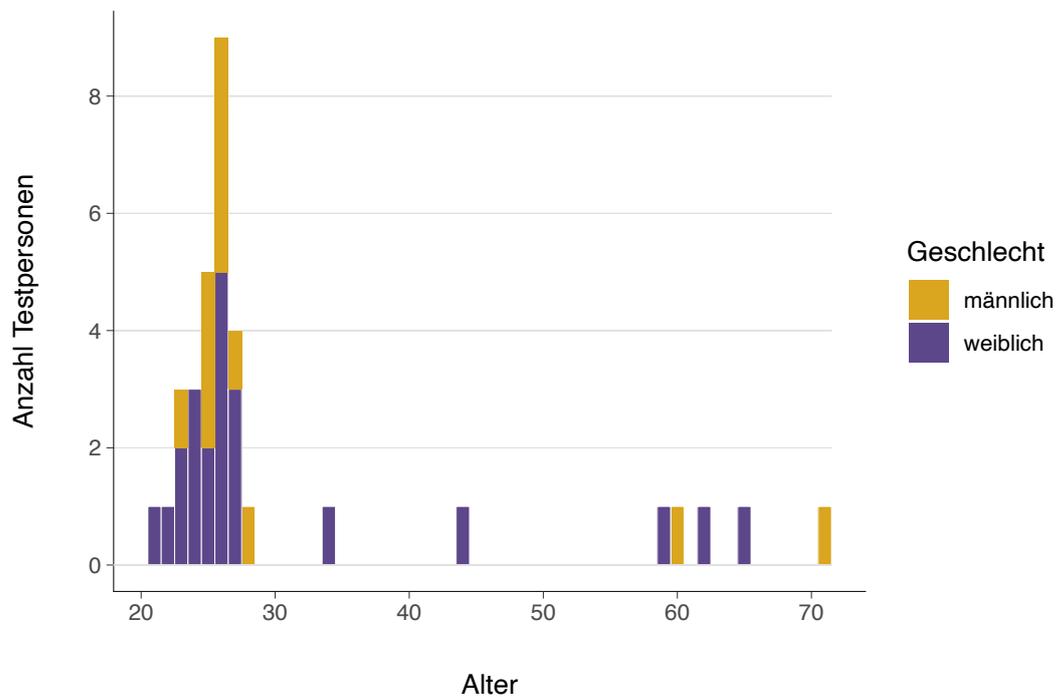
In diesem Teilkapitel werden die Ergebnisse zu der Forschungsfrage, inwiefern sich die subjektive und objektive Methode ergänzen, präsentiert. Bei der subjektiven Beurteilung der Stadträume anhand des SAM bedeuten tiefe Werte in Bezug auf die Erregung eine starke Anspannung. Bei der Messung der durchschnittlichen Erregung pro Stadtraum über die Hautleitfähigkeit sind hohe Werte mit einer starken Anspannung gleichzusetzen. In der Abbildung 31 wurde für diese beiden Messmethoden die Korrelation nach Pearson deren Erregungswerte ermittelt. Dabei lässt sich ein Zusammenhang zwischen der objektiven und der subjektiven Messmethode erkennen ( $R = -0.39$ ). Der Zusammenhang ist dabei negativ, da hohe Werte der objektiv gemessenen Erregung mit tiefen Werten der Selbsteinschätzung, also einer hohen Anspannung, korrelieren. Bei diesem Zusammenhang handelt es sich um eine signifikante Korrelation ( $p = 2e-07$ ). Die Datenpunkte liegen immer auf einer Linie von der x-Achse aus betrachtet, da es sich bei den Werten des SAM um kategorische Zahlen handelt und keine Zwischenstufen möglich sind.



**Abbildung 31** Korrelation der subjektiven (SAM) und objektiven (Hautleitfähigkeit) Messmethode

### 4.3 Umfrage nach dem Experiment

Die Ergebnisse der Umfrage nach dem Experiment haben ergeben, dass an der Studie 24 Frauen und 12 Männer im Alter zwischen 21 und 71 Jahren teilgenommen haben. Eine genaue Darstellung des Alters und des Geschlechts der Testpersonen ist in der Abbildung 32 festgehalten.



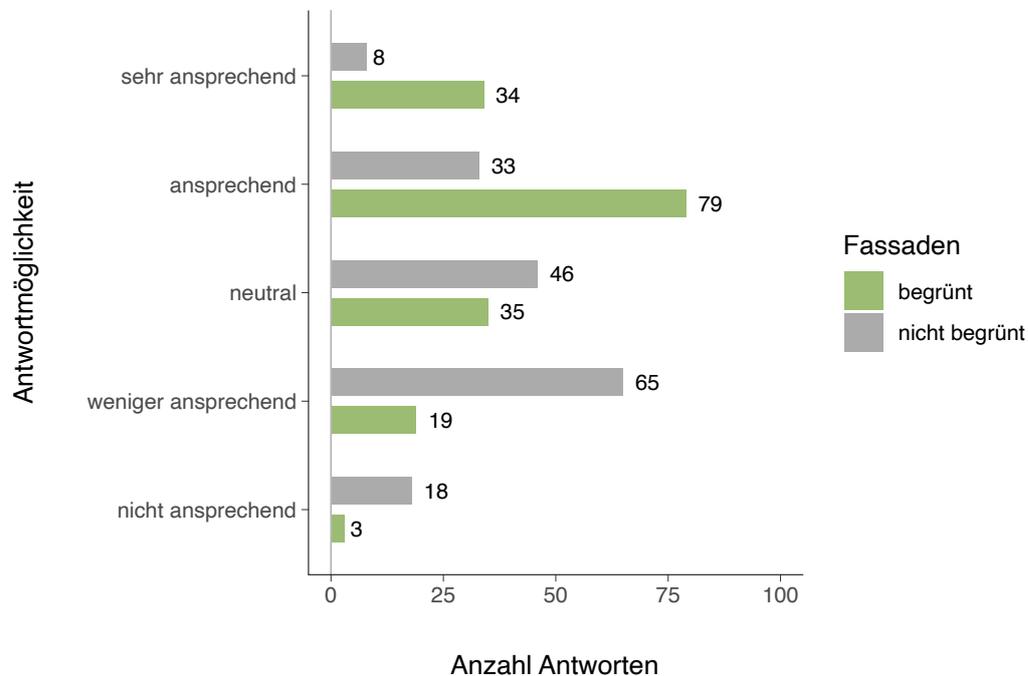
**Abbildung 32** Geschlechter- und Altersverteilung der Probandinnen und Probanden

Von den insgesamt 34 Probandinnen und Probanden hatten 18 Personen bereits Erfahrungen mit VR. Keine der Testpersonen war von Achromasie betroffen.

In den nachfolgenden Grafiken sind die Resultate der beschriebenen vier Kriterien aus der Methodik (Kapitel 3.3.1) dargestellt. Dabei wurden fünf Bilder in jeweils einer begrüntem und einer nicht begrüntem Ausführung anhand dieser Kriterien beurteilt. Die Beurteilungen fassen die insgesamt 10 Bilder der 34 bewertenden Personen zusammen.

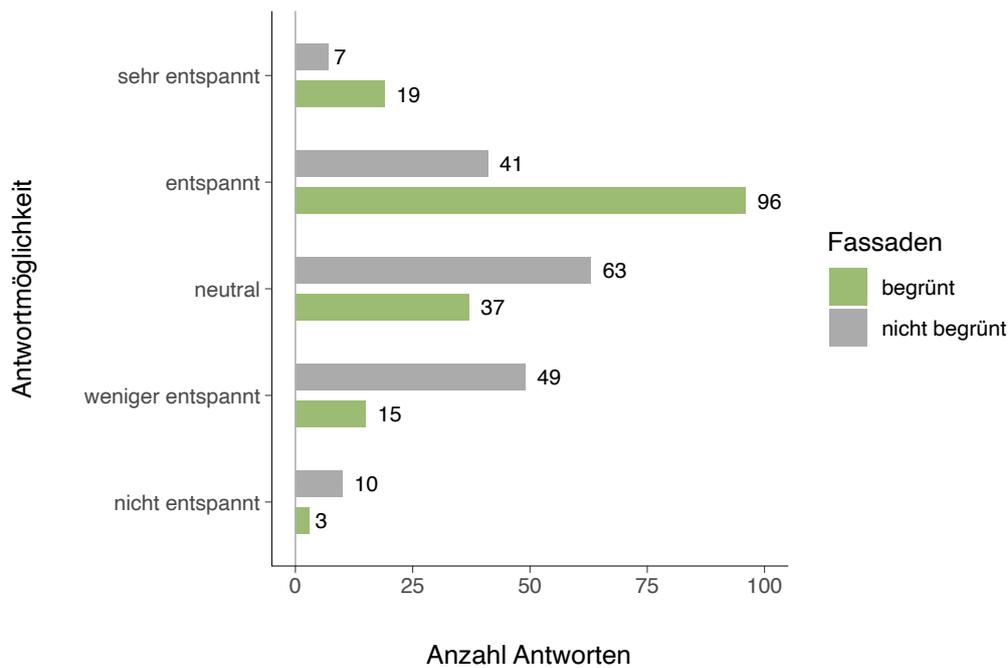
In der Abbildung 33 ist der Gesamteindruck des Stadtraumes dargestellt, unterschieden zwischen begrüntem und nicht begrüntem Bildern. Aufgrund der stark nicht normalverteilten Daten des Fragebogens wurde für die Auswertung ein Mann-Whitney Test angewandt, um den Unterschied in der Bewertung zwischen den begrüntem und nicht begrüntem Bildern zu prüfen. Die Probandinnen und Probanden haben den Gesamteindruck der begrüntem Bilder viel

ansprechender bewertet im Vergleich zu den nicht begrünt Bildern ( $W = 0.90487$ ,  $p < 8e14$ ). Der Effekt dieses Unterschiedes ist stark ( $\eta^2 = .46$ ).



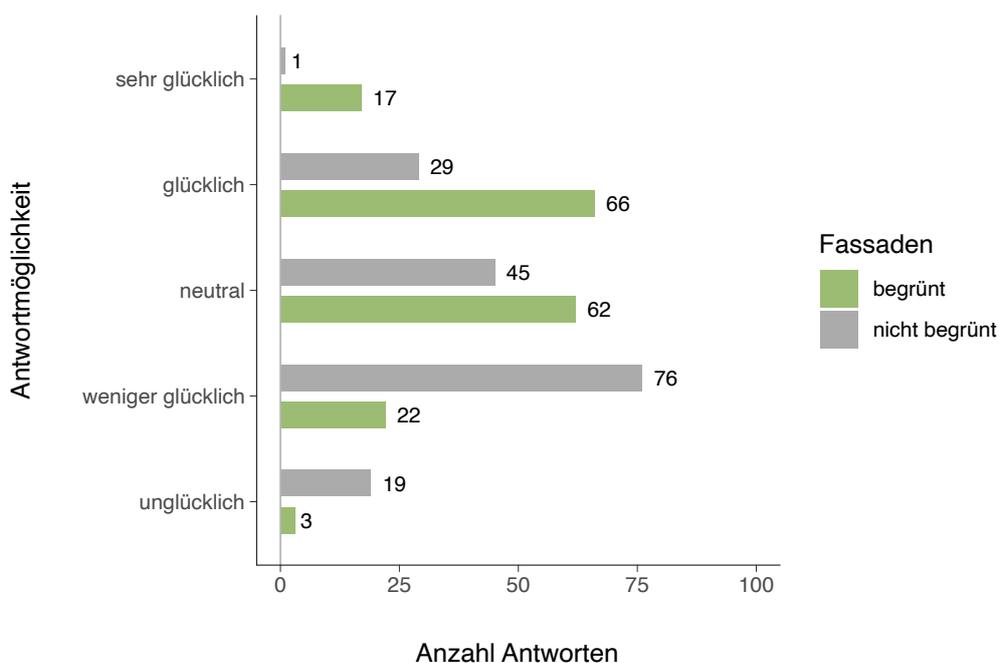
**Abbildung 33** Anzahl Antworten pro Kategorie für die Bewertung des Gesamteindrucks der Stadtbilder

Einen ähnlichen Effekt zeigt sich auch bei der Frage, wie entspannt sich die Versuchspersonen gefühlt haben beim Anblick der gezeigten Bilder. In den begrünt Stadträumen haben die Personen ihr Befinden signifikant entspannter eingestuft ( $W = 0.888$ ,  $p < 4e15$ ). Die Stärke des Effekts ist ebenfalls hoch ( $\eta^2 = .39$ ). Die Auswertung des Kriteriums, wie entspannt sich Testpersonen wahrgenommen haben, zeigt die Abbildung 34.



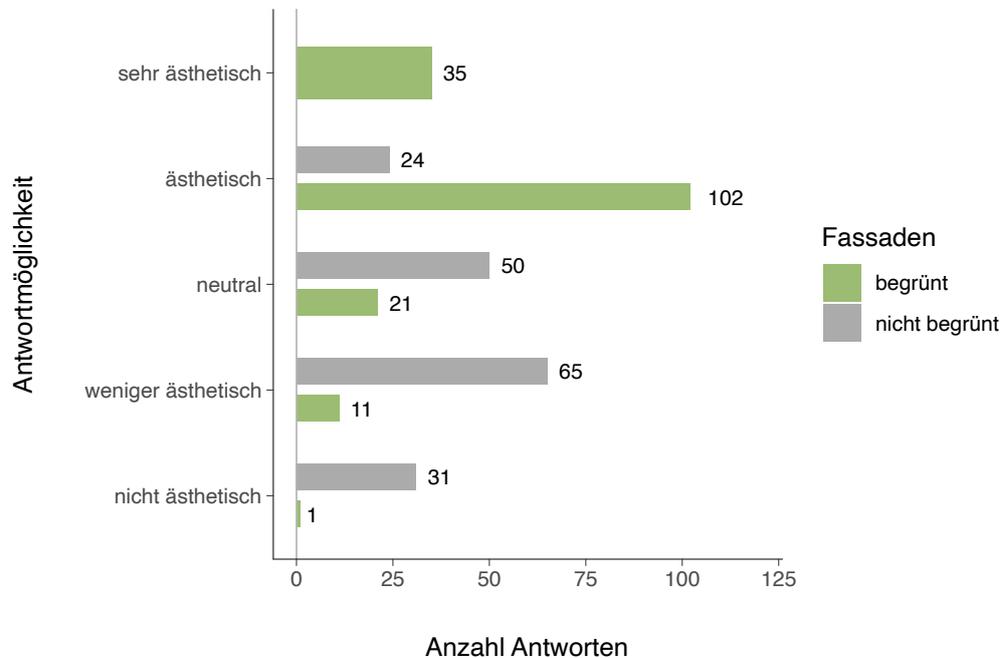
**Abbildung 34** Anzahl Antworten pro Kategorie für die Bewertung der Entspannung anhand der Stadtbilder

Zudem können sich Probandinnen und Probanden eher vorstellen, in den begrünten Stadträumen zu leben als in den nicht begrünten ( $W = 0.895, p < 1.5e14$ ). Der Effekt dieses Unterschiedes ist ebenfalls stark ( $\eta^2 = .44$ ). In der Abbildung 35 erkennt man, dass sich Personen beim Betrachten der Bilder mit Begrünung viel glücklicher wahrgenommen haben.



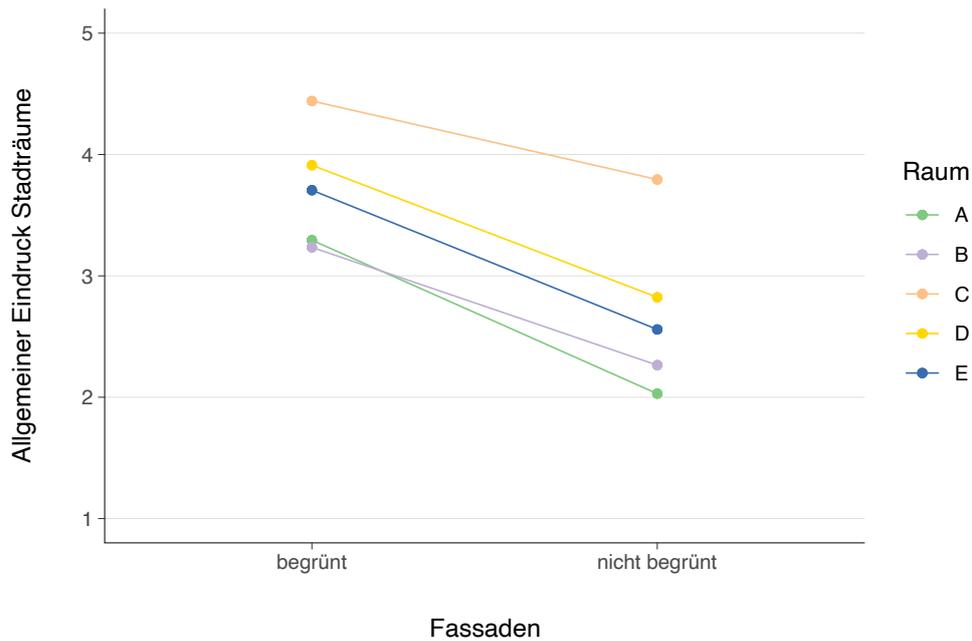
**Abbildung 35** Anzahl Antworten pro Kategorie für die Bewertung der Valenz anhand der Stadtbilder

Für das letzte Kriterium haben Teilnehmende die Fassaden in Stadtbildern mit Begrünung viel ästhetischer bewertet im Vergleich zu Stadtbildern ohne begrünte Fassaden ( $W = 0.849$ ,  $p < 2e16$ ). Der Effekt für die Unterschiede zwischen begrünt und nicht begrünt liegt bei der Fassadenbewertung am höchsten ( $\eta^2 = .68$ ) und ist in der Abbildung 36 dargestellt.



**Abbildung 36** Anzahl Antworten pro Kategorie für die Bewertung der Ästhetik der Fassaden

Um die Unterschiede zwischen den beiden Ausprägungen der Bilder *mit Begrünung* und *ohne Begrünung* deutlicher zu visualisieren, wurde ein paarweiser Vergleich für jeden Stadtraum durchgeführt. Das Ergebnis zeigt die Bewertung der Frage, wie ansprechend ein Stadtraum wahrgenommen wurde und ist in Abbildung 37 dargestellt. Dabei wird deutlich, dass jeder gezeigte Stadtraum in der begrünten Variante stark bevorzugt wird. Auf der y-Achse ist der allgemeine Eindruck der Bilder dargestellt.



**Abbildung 37** Zusammenfassung der Bewertung des Gesamteindruckes für alle begrünten und nicht begrünten Stadträume

Für die statistischen Tests der Abbildung 37 wurden die kategorischen Werte *nicht ansprechend* bis *sehr ansprechend* in numerische Werte von 1 bis 5 transformiert. Ein Wert von 1 bedeutet, dass der Stadtraum als nicht ansprechend empfunden wurde, wobei ein sehr ansprechender Stadtraum mit einem Wert von 5 gekennzeichnet ist. Die genauen Bedeutungen der Werte auf der y-Achse in der Abbildung 37 lassen sich der Tabelle 4 entnehmen.

**Tabelle 4** Transformation der Kategorien in numerische Werte

Wert	Bedeutung
1	<i>Nicht ansprechend</i>
2	<i>Weniger ansprechend</i>
3	<i>Neutral</i>
4	<i>Ansprechend</i>
5	<i>Sehr ansprechend</i>

Für jeden Stadtraum wurde ein Mann-Whitney Test angewendet, um den Unterschied zwischen begrünten und nicht begrünten Stadträumen zu ermitteln.

In der Tabelle 5 sind die p-Werte und die Effektstärken für die Bilder der Stadträume aufgelistet. Die Unterschiede in der Bewertung, wie ansprechend ein begrünter im Vergleich

zu einem nicht begrünten Stadtraum war, ist für alle Stadträume signifikant. Der grösste Unterschied in der Selbsteinschätzung zwischen begrünten und nicht begrünten Stadträumen sowie die höchste Effektstärke lassen sich für den Stadtraum E beobachten ( $W = 963.5$ ,  $p < 6.8e-07$ ,  $\eta^2 = 0.85$ )

**Tabelle 5** Statistische Werte des Unterschiedes der fünf Stadträume

Raum	p-Wert	Effektstärke	Wilcoxon W	Statistische Signifikanz
A	3.472e-06	0.79	944	signifikant
B	0.000217	0.63	868.5	signifikant
C	0.0004056	0.61	833.5	signifikant
D	1.073e-05	0.75	924	signifikant
E	6.817e-07	0.85	963.5	signifikant

Die Tabelle 6 enthält zusätzlich die Mittelwerte sowie die Standardabweichung der einzelnen begrünten sowie nicht begrünten Stadträume. Für eine Interpretation der Ergebnisse lassen sich die numerischen Mittelwerte anhand der Tabelle 4 in ihre Kategorien konvertieren. Dabei wird ersichtlich, dass für den Stadtraum E wiederum der grösste Unterschied besteht, indem Testpersonen die begrünte Version ( $M = 3.71$ ,  $SD = 0.72$ ) durchschnittlich als *ansprechend* bewertet haben im Vergleich zur nicht begrünten Version des Stadtraumes ( $M = 2.56$ ,  $SD = 0.82$ ), welche zwischen *weniger ansprechend* bis *neutral* eingestuft wurde.

**Tabelle 6** Mittelwerte und Standardabweichungen der Stadträume für die Ausprägungen begrünt und nicht begrünt

Raum	Mittelwert		Standardabweichung	
	<i>begrünt</i>	<i>nicht begrünt</i>	<i>begrünt</i>	<i>nicht begrünt</i>
A	3.29	2.03	0.97	1
B	3.24	2.26	1.13	0.79
C	4.44	3.79	0.5	0.81
D	3.91	2.82	0.9	0.87
E	3.71	2.56	0.72	0.82

Neben der quantitativen Analyse wurde den Testpersonen die Möglichkeit gegeben, sich selbst über Fassadenbegrünungen zu äussern. 31 von insgesamt 34 Teilnehmerinnen und Teilnehmern bevorzugten Städte mit begrünten Fassaden. Einige der Gründe dafür sind in der Tabelle 7 festgehalten.

**Tabelle 7** Qualitative Aussagen des Experiments über die Vorziehung von begrünten Fassaden

---

*«Natur beruhigt, so auch die begrünten Fassaden. Sieht freundlicher aus. Bringt Kontrast in städtische Umgebung»*

*«Begrünte Flächen wirken auf mich natürlicher und somit entspannender als kahle Wände.»*

*«Wirkt lebendiger, "naturnaher". Zudem gut für Insekten und o2 Produktion. Reduziert Hitze in Städte, da Oberflächen nicht so stark aufheizen können.»*

*«Ich finde es sieht schön aus und es wirkt beruhigend auf mich. Es wirkt auch lebendiger und weniger kahl, heiss und leer. Es lädt mehr zum Verweilen ein.»*

*«Die Vertikalbegrünung macht die Stadt attraktiver und sie wirkt weniger kalt. Ich finde, dass sie so natürlicher erscheint. Ausserdem wird durch die Vertikalbegrünung das Stadtklima verbessert.»*

*«Es gibt ein naturnahes Gefühl und mehr Farbe in den Stadtraum. Zudem 'lebt' die Stadt mehr und es fühlt sich nicht industriell oder karg an.»*

---

Die drei Testpersonen, welche Städte ohne Fassadenbegrünung bevorzugten, begründen ihre Auswahl damit, dass sie «Insekten nicht mögen», die Begrünung teilweise «schmuddelig wirkt» oder eher eine Stadt präferiert wird, bei der sowohl begrünte als auch nicht begrünte Fassaden vorzufinden sind.

## 5 Diskussion

Für eine nachhaltige Entwicklung der Städte und den Schutz von Naturräumen ist das Thema der Stadtverdichtung aktueller denn je. Ein dabei ernst zu nehmendes Problem bei Verdichtungen ist der Verlust von Grünflächen innerhalb von Städten. Ein möglicher Ansatz, um das Problem der begrenzten horizontalen Flächen in einer Stadt einzudämmen, stellt das Prinzip der Fassadenbegrünung dar. Durch die Nutzung von vertikalen Flächen können Städte dichter und ökologisch sinnvoll geplant werden. Eine zentrale Motivation hinter der Fassadenbegrünung liegt neben ökologischen Vorteilen vor allem auch in den positiven Auswirkungen auf den Menschen.

Die vorliegende Arbeit hat anhand von subjektiven und objektiven Messverfahren die Wahrnehmung und zugrunde liegenden Emotionen über begrünte Fassaden in Städten ermittelt. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Diskussion der Forschungsfragen und Hypothesen, welche in den Kapiteln 1.2 präsentiert wurden. Zuerst wird die Umsetzung des Experiments in VR diskutiert. Nachfolgend wird in den Teilkapiteln 5.2.1 und 5.2.2 die erste Forschungsfrage, inwiefern begrünte Fassaden die beiden abhängigen Variablen *Erregung* und *Valenz* beeinflussen, diskutiert. Dabei werden die unterschiedlichen Messverfahren individuell betrachtet. Die zweite Forschungsfrage, inwiefern die Erregungswerte der beiden Messmethoden miteinander zusammenhängen, wird in Teilkapitel 5.3 besprochen. Die Limitationen der Arbeit runden das Kapitel ab.

### 5.1 Umsetzung Experiment in VR

Das Experiment wurde bewusst in VR durchgeführt, da Experimente in der realen Welt Herausforderungen mit sich bringen, die in Betracht gezogen werden müssen. Die Vorteile von Virtual Reality im Vergleich zu einer Studie in der realen Welt liegen darin, dass die Variablen in der Realität schwierig kontrollierbar sind. Beispielsweise sollten die Lichtverhältnisse sowie der Blickwinkel zwischen den Versuchen der einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmern in etwa ähnlich sein. Zudem erweist es sich als schwierig, verschiedene Gebäude miteinander vergleichen zu können, da die Grösse der Fenster, Höhe des Gebäudes, der Standort, usw. eine entscheidende Rolle spielt. Wenn hingegen ausserhalb eines städtischen Kontextes nur eine detaillose, begrünte Wand mit einer Betonwand verglichen wird, ist eine Durchführung in der Realität weniger herausfordernd (Elsadek et al. 2019: 7). Für komplexere Gebäude innerhalb städtischer Situationen empfiehlt sich jedoch aufgrund der Kontrolle der Variablen eine Durchführung in VR. Die Anwendung von VR in der Städteplanung bringt aber auch viele Herausforderungen mit sich, wie beispielsweise das Zusammenspiel verschiedener GIS- und CAD-Programme (Ernst et al. 2021: 158).

Bezogen auf aktuelle Literatur bauen die vorliegenden Resultate der Studie von Elsadek et al. (2019) auf und bestätigen die Annahme innerhalb einer VR, dass begrünte Fassaden für moderne Gesellschaften einen Mehrwert bieten (Elsadek et al. 2019).

## 5.2 Effekt begrünter Fassaden auf Emotionen

Dieses Teilkapitel beschäftigt sich mit der Forschungsfrage, inwiefern begrünte Fassaden die menschlichen Emotionen der Valenz und Erregung beeinflussen. Dabei wurden die beiden Hypothesen aufgestellt, dass begrünte Fassaden einerseits zu einer erhöhten Valenz und andererseits zu einer tieferen Erregung führen. Nachfolgend werden die Hypothesen in den beiden unterschiedlichen Messverfahren diskutiert.

### 5.2.1 Subjektive Messmethoden

Die Ergebnisse der Erregungs- und Valenzwerte anhand des SAM bestätigen die Hypothese, dass begrünte Fassaden einerseits zu einem erholenden Effekt und andererseits zu einer höheren Valenz führen. Versuchsteilnehmende der Experimentalgruppe, welche nur begrünten Fassaden ausgesetzt war, fühlten sich insgesamt glücklicher und entspannter im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lassen sich somit in die Theorie der Stressreduktion von Ulrich et al. (1991) einbetten. Ihnen zufolge ist der Aufenthalt in einer begrünten Umgebung mit positiven Emotionen wie Freude und Interesse verbunden sowie einer Reduktion an negativen Emotionen wie Stress (Ulrich et al. 1991).

Werden die Resultate der subjektiv eingeschätzten Erregung und Valenz allerdings unabhängig von der Begrünung miteinander verglichen, so sind diese teilweise nicht deckungsgleich. Die Differenz der Valenzwerte zwischen den gezeigten Stadträumen und der Baseline war kleiner im Gegensatz zu den Erregungswerten. Personen haben sich sogar teilweise während der Achterbahnfahrt glücklicher gefühlt als in den unterschiedlichen Stadträumen, unabhängig davon, ob die Fassaden begrünt waren oder nicht. Eine mögliche Ursache dieses Effekts könnte darin liegen, dass ein Teil der Versuchspersonen begeisterte Achterbahnfahrer waren und gerne wieder einen Freizeitpark aufsuchen würden. Für andere Versuchspersonen war jedoch die Achterbahnfahrt kein angenehmes Gefühl und sie fühlten sich allgemein glücklicher in den Stadträumen. Somit wäre die Valenz womöglich aussagekräftiger, wenn die Baseline für alle Versuchsteilnehmer die gleiche Bedeutung hätte. Trotz dieses Effektes konnte allerdings eine starke Unterscheidung in der Valenz zwischen begrünten und nicht begrünten Stadträumen festgestellt werden und dieses Resultat widerspiegelt die Annahme, dass sich Personen in begrünten Stadträumen glücklicher fühlen, bzw. eine höhere Valenz aufweisen im Vergleich zu nicht begrünten Stadträumen. Bezogen auf die Literatur bauen die Resultate der Valenz auf den präsentierten Studien auf, dass Grünräume in Städten zu vermehrten Gefühlen wie Freude führen und begrünte Fassaden bevorzugt werden (Elsadek et al. 2019).

In Bezug auf die selbst eingeschätzte Erregung bestätigen die Resultate ebenfalls die erwartete Hypothese, dass Personen in begrünten Städten eine geringere Erregung aufweisen. Bereits in der Literatur wurden einige Studien präsentiert, die den entspannenden Effekt von Begrünung in Städten nachweisen konnten. Eine der wenigen Studien, die den Effekt anhand der Fassadenbegrünung überprüft hat (Elsadek et al. 2019) bestätigt, dass begrünte Fassaden zu einem erholenden Effekt führen. Anhand der präsentierten Resultate stimmt die vorliegende Arbeit mit diesem Effekt der Fassadenbegrünung in VR überein und baut somit auf bestehenden Studien, welche in der Realität durchgeführt wurden, auf.

Für die Valenz sowie die Erregung bestand kein Unterschied zwischen den einzelnen Stadträumen und den Positionen. Dieser Aspekt weist darauf hin, dass sich die Stadträume nicht signifikant unterscheiden und somit nicht weitere Stimuli in den individuellen Stadträumen die Versuchspersonen beeinflusst haben. Allerdings sind die Stadträume anhand des Designs auch eher ähnlich gehalten, was dieses Ergebnis begünstigen könnte.

In der ersten Hypothese H1.1 wurde festgelegt, dass begrünte Fassaden eine entspannende Wirkung nachweisen und zu einer Abnahme der Erregung führen. Die darauffolgende Hypothese H1.2 geht darauf ein, dass begrünte Fassaden einen positiven Einfluss auf die Valenz zeigen. Beide Hypothesen H1.1 und H1.2 wurden durch die Anwendung einer Umfrage nach dem Hauptexperiment untermauert. In den Resultaten ist dabei ein ähnlicher Effekt ersichtlich. Die Stadtbilder, welche eine Fassadenbegrünung aufwiesen, wurden als ansprechender und ästhetischer eingestuft. Zudem löst die Fassadenbegrünung ein verstärktes Gefühl der Entspannung aus und man könnte sich eher vorstellen, in dieser Stadt zu leben im Vergleich zu einer Stadt ohne begrünte Fassaden. Allerdings war die Umfrage abgesehen von der Randomisierung der Bilder für Teilnehmende identisch. Somit wurden alle Personen mit den begrünten und nicht begrünten Bildern konfrontiert. Dies erlaubte zwar einerseits einen direkten Vergleich, aber andererseits können Personen auch durch Vorhergehendes beeinflusst worden sein (Martin 2008). Um diesen Effekt zu minimieren, wurden äquivalenten Bilder, die sich nur durch die Begrünung unterschieden, nicht nebeneinander oder direkt nacheinander gezeigt.

Trotz der einfachen Handhabung und der Möglichkeit, Teilnehmende über ihre Gefühle berichten zu lassen, bringen subjektiven Messmethoden einige Schwierigkeiten mit sich. Bei der Verwendung subjektiver Tests muss beachtet werden, dass ästhetische Beurteilungen

zwischen einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmern einer Studie sehr unterschiedlich ausfallen können (Weinberger et al. 2021: 2). Das grösste Problem bei subjektiven Beurteilungen liegt darin, dass Versuchspersonen nur darüber berichten, wie sie etwas wahrnehmen oder sich verhalten, aber man nicht eindeutig weiss, wie sie sich tatsächlich fühlen (Martin 2008: 11). Aus den genannten Gründen wurde ein zusätzliches Messverfahren gewählt, welches durch eine objektive Komponente basierend auf Körperdaten ergänzt, was im nächsten Kapitel diskutiert wird. Somit können subjektive Beurteilungen aufgrund von Präferenzen durch Körperdaten überprüft und in Zusammenhang gebracht werden.

### 5.2.2 Objektive Messmethoden

Basierend auf der Forschungsfrage 1.1 betrachtet dieses Teilkapitel die Resultate der Erregung anhand der objektiv gemessenen Werte. Auch hier wird von der Hypothese, dass begrünte Fassaden zu einer geringeren Erregung führen, ausgegangen.

Für die Messung wurde auf die Hautleitfähigkeit als zuverlässige Methode zurückgegriffen, die bereits in einigen Studien zum Einsatz kam. Die Hautleitfähigkeit wurde anhand der beiden Parameter *durchschnittliche Hautleitfähigkeit pro Raum* und *Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen* gemessen, da vor allem letztere in der Literatur häufig vertreten ist. Die Ergebnisse der angewandten Hautleitfähigkeit zeigen, dass es zwischen den einzelnen Stadträumen und Positionen, unabhängig von der Begrünung, keine Unterschiede gibt. Folglich kann bestätigt werden, dass die Reihenfolge der gezeigten Stadträume keinen Einfluss auf das Wohlbefinden ausübt, da auch die Stadträume unabhängig von den Positionen den erholenden Effekt der begrünten Fassaden aufzeigten. Werden allerdings die Stadträume selbst, unabhängig von der Position betrachtet, zeigt das Resultat in Abbildung 24 auf, dass sich der Raum C leicht von den übrigen Stadträumen unterscheidet. Dieser Effekt könnte aufgrund einer Präferenz gewisser Objekte oder der Anordnung der Gebäude aufgetreten sein. Da jedoch keine Kontrolle darüber bestand, welche Objekte eine Versuchsperson zu einem gewissen Zeitpunkt betrachtet, handelt es sich hierbei nur um eine Annahme. Der Effekt könnte auch aufgrund einer Messungenauigkeit zustande gekommen sein. Zudem liegt diese Wirkung des Stadtraumes C nur in den objektiv gemessenen Werten vor und kann somit nicht durch die subjektiv bewertete Erregung bestätigt werden. Folglich zeigt dieses Resultat die Wichtigkeit einer Randomisierung der Stadträume auf und dass die Messwerte der einzelnen Stadträume unabhängig von der Position geprüft wurde. Ebenso wurde mit dieser Analyse bestätigt, dass das Betrachten von mehreren Räumen anstelle nur einer Stadtsituation für aussagekräftige Ergebnisse zentral ist, da unterschiedliche Stadträume untereinander auch stark variieren können.

Der Unterschied in der Erregung zwischen den Gruppen der begrünten und nicht begrünten Stadträume lehnt sich an jenen aus dem Kapitel 5.2.1 an. Personen, welche sich in Stadträume ohne begrünte Fassaden aufhielten, neigten zu einer stärkeren Erregung. Die unterschiedlichen Erregungswerte abhängig von den Positionen in den Abbildungen 23 und 26 zeigen ausserdem auf, dass eine Abnahme, bzw. Zunahme der Erregung über die Zeit stattfindet. Versuchsteilnehmende in den begrünten Stadträumen wurden über die Zeit entspannter, wobei in den nicht begrünten Stadträumen eine Zunahme der Erregung über die Zeit zu beobachten ist. Dieser Effekt war auch in Grünräumen unter realen Begebenheiten (Tyrväinen et al. 2014) zu beobachten, da Erregung oder Stress über die Zeit immer mehr abnimmt. Somit widerspiegelt das Resultat den in zahlreichen Studien bestätigten Erholungseffekt beim Betrachten von Grünräumen oder während eines Aufenthaltes in einer begrünten Umgebung.

Jedoch weisen auch objektive Methoden ein paar Schwierigkeiten auf. So kann die Messung der Hautleitfähigkeit auch falsch gedeutet werden, beziehungsweise durch andere Emotionen oder Affekte beeinflusst werden. Eine erhöhte Hautleitfähigkeit kann demnach auch durch Gefühle wie etwa Freude oder positive Aufregung hervorgerufen werden (Howell et al. 2016). Dieses Risiko kann durch die Anwendung einer zusätzlichen, beispielsweise subjektiven Methode, minimiert werden, damit ein Vergleich der Werte stattfinden kann (Bradley & Lang 1994: 57).

Eine weitere Herausforderung bei der Verwendung der Hautleitfähigkeit ist die Latenzzeit. Generell zeigt sich die emotionale Reaktion auf einen Stimulus mit einer Verspätung von wenigen Sekunden (Benedeck et al. 2010, Figner & Murphy 2011). Wie mit dieser Situation umgegangen wurde, ist in der Methodik beschrieben. Allerdings kann die Latenzzeit individuelle Unterschiede von Versuchsperson zu Versuchsperson aufweisen und daher möglicherweise ebenfalls zu einer Verzerrung der Daten führen.

Letztlich ist die Nutzung körperbezogener Daten wie jene der Hautleitfähigkeit ein sensibles Thema hinsichtlich des Datenschutzes. Dabei gibt es einen «Zwiespalt zwischen partizipativer Motivation und Sorge um den Datenschutz». Die Nutzerinnen und Nutzer sollen zwingend gegenüber Gefahren aber auch den Potenzialen körperbezogener Daten für die Stadtplanung genügend sensibilisiert werden (Dörrzapf et al. 2015: 17). Um das Risiko des Datenschutzes zu minimieren, wurden in der Einverständniserklärung im Anhang einige Regeln aufgeführt sowie eine komplett anonyme Handhabung der Daten gewährleistet.

### 5.3 Korrelation der Messmethoden

Das folgende Teilkapitel beschäftigt sich mit der Nebenforschungsfrage F2 und geht damit von der Hypothese H2 aus, dass ein Zusammenhang der Erregungswerte aus den subjektiven und objektiven Messmethoden besteht.

Anhand einer visuellen Prüfung der Grafiken, welche in den Ergebnissen präsentiert wurden, lässt sich annehmen, dass die Ergebnisse der physiologischen Messungen häufig mit jenen der Selbstbeurteilung anhand des SAM übereinstimmen (Bradley & Lang 1994: 57). Um diese Annahme der visuellen Ähnlichkeit zu bestätigen, wurde die Korrelation zwischen den Methoden der subjektiven sowie der objektiven Messungen ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Messwerte der beiden Methoden mittels einer negativen Korrelation übereinstimmen. Somit kann die Hypothese bestätigt werden und es besteht eine leichte Korrelation zwischen den subjektiv eingeschätzten und den objektiven Werten der Erregung. Dieser Effekt kann jedoch durch einige Faktoren beeinflusst werden, einerseits aufgrund des Durchführungsverfahrens und andererseits durch Unterschiede zwischen den Teilnehmenden. Eine mögliche Ursache dafür, dass die beiden Messmethoden nicht stärker miteinander korrelieren, könnte in der Wahl des Baseline Videos liegen. Einige Probandinnen und Probanden hatten zwar eine starke Erregung anhand der Hautleitfähigkeit während der Achterbahnfahrt. Allerdings haben sie ihre selbsteingeschätzte Anspannung viel tiefer eingeschätzt. Folglich können die positiven Gefühle der Achterbahnfahrt und die Angaben zur Valenz möglicherweise die Selbsteinschätzung der Erregung positiv beeinflusst haben.

Zudem zeigt die bestehende Korrelation zwischen den beiden Messmethoden ein Mass für die Validität der Ergebnisse an. Häufig weisen Studien einen Referenzwert auf, mit dem die Messwerte verglichen werden, um die Validität zu prüfen (Martin 2008: 139-140). In dieser Arbeit wurde dieser Schritt aufgrund der Anwendung verschiedener Messmethoden erreicht. Zusätzlich stärkt auch die Wahl von multiplen abhängigen Variablen (Martin 2008: 142), in dieser Arbeit bestehend aus der Erregung und Valenz, die Aussagekraft der Ergebnisse. Somit wurden die Emotionen anhand dieser beiden Komponenten gemessen und ermöglichen eine stärkere Aussagekraft.

#### 5.4 Limitationen

In diesem Teilkapitel werden anlehnend an die Diskussion die Limitationen der Arbeit besprochen. Eine mögliche Limitation stellt dabei die Wahl und Grösse der Stichprobe dar. Da die Studie vor Ort an der Universität Zürich stattgefunden hat, bestand eine der Herausforderungen der Arbeit darin, einerseits genügend Teilnehmende zu finden und andererseits ein annähernd realitätsnahes Abbild zu schaffen. Aufgrund des Studienortes bestand der Grossteil der Probandinnen und Probanden aus Studierenden oder Wohnenden im nahen Umkreis der Universität. Zudem war eine gleichmässige Geschlechterverteilung der Teilnehmenden sehr schwierig einzuhalten. Das weibliche Geschlecht war in der Experimentgruppe stärker vertreten gewesen. Diesen Effekt haben auch Tyrväinen et al. (2014) beobachtet. Die Forscherinnen und Forscher gehen davon aus, dass dieses Ungleichgewicht an der Tatsache liegt, dass Frauen aktiver sind und eher in Studien teilnehmen (Tyrväinen et al. 2014: 7). Andererseits wird auch durch die freiwillige Teilnahme an Studien aufgrund von Interesse bereits unbemerkt eine Selektion der Grundgesamtheit getroffen.

Weitere mögliche Einschränkungen können sich auch in der Wahl des Studiendesigns äussern. Erstens wurde das Experiment in VR durchgeführt, wobei hier die positiven Aspekte realitätsnaher Studien wegfallen. Zweitens war die Auflösung der VR nicht so hoch wie erwartet und könnte die Resultate allenfalls beeinflusst haben. Trotzdem liegen die Vorteile der Durchführung in VR im Vergleich zu einer 2D-Studie in der Vermittlung eines Raumgefühls und dem immersiven Charakter von VR.

Eine weitere mögliche Limitation könnte in der Erscheinung der gestalteten Stadträume liegen. Das Verfahren zur Generierung der Stadträume in VR war sehr zeitaufwendig und der Detaillierungsgrad der Stadtsituationen konnte folglich nicht maximal ausgeschöpft werden. Andererseits haben primitivere und weniger komplexe Stadträume den Vorteil, dass weniger mögliche Störvariablen den erzielten Effekt beeinflussen. Zudem stellt die VR immer auch eine Abstraktion der Realität dar. Die Räume wurden durch eine Person erstellt und sind somit eingeschränkt in der Objektivität. Womöglich können andere Resultate erzielt werden, wenn mehrere Personen die Räume erarbeiten, da ein breiteres Spektrum an unterschiedlichen Stadtsituationen gestaltet werden könnte.

Ein an die Stadtsituationen anlehnender Faktor ist die Farbe Grün und deren Wirkungsweise. Es ist bekannt, dass einer der Hauptgründe für die Wirkung von Pflanzen auf Menschen in ihrer

Farbe liegt. Sobald man eine grüne Pflanze betrachtet, wird die Hirnaktivität gesteigert und ein positiver mentaler Zustand ist das Ergebnis (Jang et al. 2014: 315). Demnach kann man nicht ausschliessen, dass die Ergebnisse dieser Studie aufgrund der grünen Farbe zustande kamen. Wie viel des Stressabbaus effektiv in den Pflanzen oder mehr in der grünen Farbe liegt, könnte ein Thema weiterer Forschungsarbeiten darstellen. Dennoch sollte die Anwendung begrünter Fassaden unabhängig von der Wahrnehmung über die Farbe gefördert werden, da sie besonders auch im Hinblick auf die ökologischen Eigenschaften eine entscheidende Rolle spielen.

Welche Rolle Begrünung in Städten für das Stressempfinden des Menschen spielt, wurde am besten in Studien dargelegt, die Bewohnerinnen und Bewohner in sehr stark begrünten Umgebungen mit jenen von nicht begrünten Umgebungen verglichen haben (Elsadek et al. 2019: 1). Folglich wurde die vorliegende Arbeit auf dieser Hypothese aufgebaut. Dabei wurden Stadträume mit komplett begrünten Fassaden mit jenen verglichen, die gar keine Begrünung aufweisen. Möglicherweise würden andere Effekte erzielt werden, wenn der Grad an Begrünung in die Studie miteinbezogen worden wäre. Aufgrund des vermehrten zeitlichen Aufwandes durch die Erstellung weiterer Stadtmodelle wurde die Arbeit demnach auf einer binären Ausprägung an Begrünung aufgebaut (begrünt und nicht begrünt). Zudem gibt es wenige Studien in diesem Forschungsfeld und daher wurde mit dieser binären Ausprägung eine fundierte Grundlage geschaffen, auf welcher aufgebaut werden kann.

Als weitere Limitation wurde der Einbezug verschiedener Jahreszeiten aufgrund von begrenzter Zeit nicht in die Arbeit miteinbezogen. Demnach könnten weitere Forschungsarbeiten ebenfalls darauf aufbauen, ob der gleiche Effekt für Vegetation auch im Herbst oder Winter erzielt werden kann.

Zusammengefasst zog die Durchführung dieses Experiments einige Limitationen mit sich. Allerdings verhalten sich jene so, dass sie das Resultat nicht stark beeinflussen.

## 6 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Arbeit untersuchte den Einfluss begrünter Fassaden auf die beiden emotionalen Zustände Valenz und Erregung. Eingebettet in den Kontext der Stadtplanung erforschte die Arbeit somit eine Möglichkeit, der stetig wachsenden Urbanisierung und dem daraus resultierenden Schwinden von Grünflächen in Städten entgegenzuwirken.

Zur Beantwortung der präsentierten Forschungsfragen wurde ein Experiment in VR durchgeführt. Dabei wurden Versuchspersonen in zwei Gruppen aufgeteilt, indem sie entweder einer Stadt ohne oder mit kompletter Fassadenbegrünung ausgesetzt waren. Für die Ermittlung der Emotionen wurde ein kombinierter Ansatz aus subjektiven und objektiven Messmethoden gewählt. Für die subjektive Methode haben Probandinnen und Probanden die Stadträume mittels SAM anhand der beiden Dimensionen Erregung und Valenz bewertet sowie eine Umfrage nach dem Hauptexperiment ausgefüllt. Als objektive Messung wurde das phasische Signal der Hautleitfähigkeit pro Stadtraum ermittelt.

Die Resultate zeigen auf, dass die begrünten Stadträume mit einer signifikant höheren Valenz bewertet wurden und die subjektiv eingestufte Erregung im Vergleich zu den nicht begrünten Stadträumen deutlich geringer ist. Weiter wurde bei Personen in begrünten Stadträumen eine signifikant geringere Hautleitfähigkeit festgestellt. Folglich kann bestätigt werden, dass begrünte Fassaden zu einem geringeren Stressempfinden und einer positiv eingestuften Valenz führen. Die Erregungswerte der subjektiven und objektiven Messungen korrelieren dabei miteinander. Somit leistet der Ansatz der Fassadenbegrünung einen wichtigen Beitrag zur psychischen Gesundheit der Gesellschaft und kann für Städteplanende als relevantes Werkzeug dienen, um die Begrünung in Städten zu erhöhen.

Trotz der signifikanten Resultate und der Durchführung mehrerer Messmethoden, bedarf es an weiterer Erforschung in diesem Themengebiet. Einerseits kann basierend auf den erzielten Resultaten in einem Folgeexperiment die Ausprägung der begrünten Fassaden variiert werden. Somit könnte evaluiert werden, wie viel Begrünung an Fassaden nötig ist, um ähnliche Werte zu erzielen.

Zudem kann die Auflösung und der Detailgrad der in VR dargestellten Stadträume optimiert werden. Der Vorteil an vereinfachten Stadträumen besteht darin, dass weitere Störvariablen kontrolliert werden können. Dennoch wäre es interessant, die Auswirkung einer detailreicheren Stadt auf die Emotionen zu prüfen.

Das Forschungsfeld könnte auch erweitert werden unter dem Einbezug der Anordnung von Gebäuden. Eine Möglichkeit wäre die Variation des Raumes zwischen Gebäuden, sodass zwischen engen und weiten Zwischenräumen unterschieden wird. Womöglich können begrünte Fassaden in engen, beziehungsweise offenen Stadträumen unterschiedlich wahrgenommen werden.

Auch in Bezug auf die angewandten Messmethoden sind noch weitere Forschungen nötig. Aufgrund limitierender Faktoren wurde für die Valenz keine objektive Methode angewandt. Um jedoch eine mögliche Korrelation zwischen subjektiv eingestufte und objektiv gemessener Valenz zu ermitteln, könnte sich eine weiterführende Arbeit spezifisch auf die Erforschung der Valenz fokussieren.

## Literatur

- Abel, C. (2010). The vertical garden city: towards a new urban topology. *CTBUH journal*, 2(1), 20-30.
- Alexandri, E., & Jones, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and environment*, 43(4), 480-493.
- Baumann, O., & Brooks-Cederqvist, B. (2023). Multimodal assessment of effects of urban environments on psychological wellbeing. *Heliyon*, 9(6).
- Benedek, M., & Kaernbach, C. (2010). A continuous measure of phasic electrodermal activity. *Journal of neuroscience methods*, 190(1), 80-91.
- 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.
- Brandstätter, V., Schüler, J., Puca, R. M., & Lozo, L. (2013). *Motivation und Emotion*. Springer Berlin, Heidelberg.
- Breyer, B., & Bluemke, M. (2016). Deutsche version der positive and negative affect schedule PANAS (GESIS panel).
- Britannica (2023): Science & Tech. Stimulus-response theory <<https://www.britannica.com/science/stimulus-response-theory>> (Stand: 12.04.2023, Zugriff: 15.08.2023)
- Bundesamt für Landwirtschaft (2012): Schutz des Kulturlandes. Fakten und Herausforderungen. BLW, Bern 2012.
- Bundesrat, D. (2014). Verdichtetes Bauen in Ortszentren fördern, aber wie?.
- Burns, A. (2000). Emotion and urban experience: Implications for design. *Design Issues*, Vol. 16(3), 67-79.
- Chang, C. Y., Hammitt, W. E., Chen, P. K., Machnik, L., & Su, W. C. (2008). Psychophysiological responses and restorative values of natural environments in Taiwan. *Landscape and urban planning*, 85(2), 79-84.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York, NY: Routledge Academic.
- Credé, S., Thrash, T., Hölscher, C., & Fabrikant, S. I. (2020). The advantage of globally visible landmarks for spatial learning. *Journal of Environmental Psychology*, 67, 101369.

- Critchley, H. D. (2002). Electrodermal responses: what happens in the brain. *The Neuroscientist*, 8(2), 132-142.
- Curtis, J. W. (2012). Integrating sketch maps with GIS to explore fear of crime in the urban environment: A review of the past and prospects for the future. *Cartography and Geographic Information Science*, 39(4), 175-186.
- Daniel, T. C. (2001). Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21st century. *Landscape and urban planning*, 54(1-4), 267-281.
- Deplazes, A. (2005). *Architektur konstruieren: vom Rohmaterial zum Bauwerk: ein Handbuch*. Verlag Birkhäuser.
- Dörrzapf, L., Zeile, P., Sagl, G., Sudmanns, M., Summa, A., & Resch, B. (2015). Urban Emotions—eine interdisziplinäre Schnittstelle zwischen Geoinformatik und räumlicher Planung. *gis. Sci. Die Zeitschrift für Geoinformatik*, 1, 11-19.
- Dorsch Lexikon der Psychologie (2023): Stimulus.  
< <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/stimulus> > (Stand: 12.08.2023, Zugriff: 15.08.2023).
- Dunnett, N., & Kingsbury, N. (2008). *Planting green roofs and living walls*. Portland, OR: Timber press.
- Eby, J., Kitchen, P., & Williams, A. (2012). Perceptions of quality life in Hamilton's neighbourhood hubs: A qualitative analysis. *Social Indicators Research*, 108, 299-315.
- Elsadek, M., Liu, B., & Lian, Z. (2019). Green façades: Their contribution to stress recovery and well-being in high-density cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 46, 126446.
- Empatica (2023): The e4-wristband. Technical specifications.  
< <https://www.empatica.com/en-eu/research/e4/> > (Zugriff: 18.08.2023).
- ERNST, F., ŞENOL, H. İ., AKDAĞ, S., & BARUTCUOĞLU, Ö. (2021). Virtual Reality for City Planning. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6(3), 150-160.
- Fabrikant, S.I., Christophe S., Papastefanou G. and Maggi, S. (2012): Emotional response to map design aesthetics. *GIScience 2012: Seventh International Conference on Geographic Information Science*, Columbus, Ohio.
- Figner, B., & Murphy, R. O. (2011). Using skin conductance in judgment and decision-making research. *A handbook of process tracing methods for decision research*, 163-184.
- Fox-Kämper, R. (2018). Zur Bedeutung grüner Infrastruktur in Städten am Beispiel urbanen Gärtnerns. *Stadtluft macht reich/arm*, 345-361.
- Gantner, U. (2015). Verdichten mit «Greening», oder was wir von Singapur lernen können (Essay). *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 166(4), 219-222.
- Gil-Mastalerczyk, J. (2016). Sustainable design in the contemporary architecture of tall buildings. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 10, p. 00125). EDP Sciences.

- Gilchrist, K., Brown, C., & Montarzino, A. (2015). Workplace settings and wellbeing: Greenspace use and views contribute to employee wellbeing at peri-urban business sites. *Landscape and Urban Planning*, 138, 32-40.
- Green over grey (2013). Living walls and design. <<http://www.greenovergrey.com>> (Zugriff: 28.06.2023)
- Haggag, M. A. (2010). The use of green walls in sustainable urban context: with reference to Dubai, UAE. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 128, 261-270.
- Hausinfo (2022): Hausfassaden: Eine Vielfalt an Materialien
- Heinrich, A. (2019). Klimawandel und urbaner Hitzeinseleffekt: Potenziale und Herausforderungen der Fassadenbegrünung.
- Howard, E. (1965). *Garden cities of to-morrow* (Vol. 23). Mit Press.
- Howell, N., Devendorf, L., Tian, R., Vega Galvez, T., Gong, N. W., Poupyrev, I., ... & Ryokai, K. (2016, June). Biosignals as social cues: Ambiguity and emotional interpretation in social displays of skin conductance. In *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Designing Interactive Systems* (pp. 865-870).
- HTC (2023). VIVE-Pro. Headset-Spezifikationen. <<https://www.vive.com/de/product/vive-pro/>> (Zugriff: 18.07.2023).
- Jang, H. S., Kim, J., Kim, K. S., & Pak, C. H. (2014). Human brain activity and emotional responses to plant color stimuli. *Color Research & Application*, 39(3), 307-316.
- Kardan, O., Gozdyra, P., Misic, B., Moola, F., Palmer, L. J., Paus, T., & Berman, M. G. (2015). Neighborhood greenspace and health in a large urban center. *Scientific reports*, 5(1), 1-14.
- Kothencz, G., Kolcsár, R., Cabrera-Barona, P., & Szilassi, P. (2017). Urban green space perception and its contribution to well-being. *International journal of environmental research and public health*, 14(7), 766.
- Knöll, M., Neuheuser, K., Cleff, T., & Rudolph-Cleff, A. (2018). A tool to predict perceived urban stress in open public spaces. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 45(4), 797-813.
- Kutter, P. (2001). *Affekt und Körper: Neue Akzente der Psychoanalyse*. Vandenhoeck & Ruprecht.
- Lange, C. G. E., & James, W. E. (1922). *The emotions*, Vol. 1.
- Lanini-Maggi, S. (2023): GIVAdocs: Biopac Electrodermal Activity. University of Zurich.
- Laux, G., & Brunbauer, A. (2014). Fahrtauglichkeit bei affektiven Störungen und unter Psychopharmaka. *Der Nervenarzt*, 85(7), 822-828.

- Lerner, J. S., & Keltner, D. (2000). Beyond valence: Toward a model of emotion-specific influences on judgement and choice. *Cognition & emotion*, 14(4), 473-493.
- Lo, A. Y., & Jim, C. Y. (2012). Citizen attitude and expectation towards greenspace provision in compact urban milieu. *Land use policy*, 29(3), 577-586.
- Liu, Y., & Du, S. (2018). Psychological stress level detection based on electrodermal activity. *Behavioural brain research*, 341, 50-53.
- Lumley, T., Diehr, P., Emerson, S., & Chen, L. (2002). The Importance of the Normality Assumption in Large Public Health Data Sets. *Annual Review of Public Health*, 23(1), 151-169
- Maehr, A. M., Watts, G. R., Hanratty, J., & Talmi, D. (2015). Emotional response to images of wind turbines: A psychophysiological study of their visual impact on the landscape. *Landscape and urban Planning*, 142, 71-79.
- Marano, G., Traversi, G., Romagnoli, E., Catalano, V., Lotrionte, M., Abbate, A., ... & Mazza, M. (2011). Cardiologic side effects of psychotropic drugs. *Journal of geriatric cardiology: JGC*, 8(4), 243.
- Martin, D. W. (2008). *Doing psychology experiments* (7<sup>th</sup> Edition). Wadsworth Cengage Learning.
- Nielek, R., Ciastek, M., & Kopeć, W. (2017). Emotions make cities live: towards mapping emotions of older adults on urban space. In *Proceedings of the International Conference on Web Intelligence* (1076-1079).
- Nold, C. (2018). Bio Mapping: How can we use emotion to articulate cities?. *Livingmaps Review 4*: 1-16.
- Peen, J., Schoevers, R. A., Beekman, A. T., & Dekker, J. (2010). The current status of urban-rural differences in psychiatric disorders. *Acta psychiatrica scandinavica*, 121(2), 84-93.
- Pfoser, N. (2016): Fassade und Pflanze. Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. TU Darmstadt, Deutschland.
- Poplin, A. (2017). Cartographies of Fuzziness: Mapping Places and Emotions. *The Cartographic Journal*, Vol. 54(4), 291-300.
- Posner, J., Russell, J. A., & Peterson, B. S. (2005). The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and psychopathology*, 17(3), 715-734.
- Radić, M., Brković Dodig, M., & Auer, T. (2019). Green facades and living walls—a review establishing the classification of construction types and mapping the benefits. *Sustainability*, 11(17), 4579.

- Reznik, G., & Schmidt, E. (2009). Reduction of immission by vegetation-dry collection and wet resuspension of fine dust particles on ivy. *GEFAHRSTOFFE REINHALTUNG DER LUFT*, 69(10), 434-438.
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 39(6), 1161.
- Russo, A., & Cirella, G. T. (2018). Modern compact cities: how much greenery do we need?. *International journal of environmental research and public health*, 15(10), 2180.
- Sailor, D. (2008, September). Energy and urban climate benefits of green roofs. In *World Green Roof Congres London* (Vol. 16, p. 17).
- Safikhani, T., Abdullah, A. M., Ossen, D. R., & Baharvand, M. (2014). Thermal impacts of vertical greenery systems. *Rigas Tehniskas Universitates Zinatniskie Raksti*, 14, 5.
- Scherer, K. (2002). Emotion. *Sozialpsychologie*, 165-213. Springer Berlin, Heidelberg.
- Sheweka, S. M., & Mohamed, N. M. (2012). Green facades as a new sustainable approach towards climate change. *Energy Procedia*, 18, 507-520.
- Spektrum (1999). Achromasie. <<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/achromasie/609>> Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Spektrum (2000a). Lexikon der Psychologie: Erregung. <<https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/erregung>> (Zugriff: 02.08.2023). Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Spektrum (2000b). Lexikon der Psychologie: Latenz. <<https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/latenz/8550>> (Zugriff: 03.08.2023). Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Spektrum (2001). Lexikon der Geographie: Gartenstadt. <<https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/gartenstadt/2802>> (Stand: 01.01.2001, Zugriff: 12.08.2023), Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Spielhofer, R., Thrash, T., Hayek, U. W., Grêt-Regamey, A., Salak, B., Grübel, J., & Schinazi, V. R. (2021). Physiological and behavioral reactions to renewable energy systems in various landscape types. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110410.
- SRF (2019): Hochhäuser der Zukunft: «Bosco verticale» - Klimafreundlich aber teuer. <<https://www.srf.ch/news/panorama/hochhaeuser-der-zukunft-bosco-verticale-klimafreundlich-aber-teuer>> (Stand: 29.10.2019, Zugriff: 08.07.2023).
- Stadt Zürich (2022): Zürich in Zahlen. URL: <[https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/portraet\\_der\\_stadt\\_zuerich/zuerich\\_in\\_zahlen.html](https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/portraet_der_stadt_zuerich/zuerich_in_zahlen.html)> (Stand: 13.04.2022, Zugriff: 29.07.2023)

- Stefano Boeri Architeti (2014): Vertical Forest Milan.  
<<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/vertical-forest/>>  
(Zugriff: 01.07.2023)
- Torpy, F., & Zavattaro, M. (2018). Bench-study of green-wall plants for indoor air pollution reduction. *Journal of living Architecture*.
- Tyrväinen, L., Ojala, A., Korpela, K., Lanki, T., Tsunetsugu, Y., & Kagawa, T. (2014). The influence of urban green environments on stress relief measures: A field experiment. *Journal of environmental psychology*, 38, 1-9.
- Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of environmental psychology*, 11(3), 201-230.
- Weinberger, A. B., Christensen, A. P., Coburn, A., & Chatterjee, A. (2021). Psychological responses to buildings and natural landscapes. *Journal of Environmental Psychology*, 77, 101676.
- Weinberger, A. B., Garside, E. W., Christensen, A. P., & Chatterjee, A. (2022). Effects of expertise on psychological responses to buildings and natural landscapes. *Journal of Environmental Psychology*, 84, 101903.
- WHO (2016). World health organization WHO.  
<<https://www.who.int/data/gho/data/themes/theme-details/GHO/urban-health>>  
(Zugriff: 02.08.2023)
- World of VR (2022): Motion Sickness. <<https://worldofvr.de/motion-sickness/>>  
(Zugriff: 25.07.2023).
- Zeile, P., Resch, B., Exner, J. P., Sagl, G., & Summa, A. (2014). Urban Emotions-Kontextuelle Emotionsinformationen für die Räumliche Planung auf Basis von Echtzeit-Humansensorik und Crowdsourcing-Ansätzen. In *Angewandte Geoinformatik: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg*, 664-669.
- Zeile, P., Resch, B., Exner, J. P., & Sagl, G. (2015). Urban emotions: benefits and risks in using human sensory assessment for the extraction of contextual emotion information in urban planning. *Planning support systems and smart cities*, 209-225. Springer, Cham.

## Anhang

### A – Bilder Virtual Reality

Nachfolgend sind Screenshots der fünf virtuellen Stadträume, welche in Twinmotion erstellt wurden, festgehalten.

#### *Stadtraum A*



Stadtraum B



Stadtraum C



Stadtraum D



Stadtraum E



## B – Einverständniserklärung

### Einverständniserklärung Studie *Wahrnehmung Stadträume*

#### 1 Ziel und Inhalt der Studie

Herzlichen Dank für Ihr Interesse und Ihre Teilnahme an der Studie zu *Wahrnehmung verschiedener Stadträume in Virtual Reality*. Die Studie findet in Form einer Masterarbeit am geographischen Institut der Universität Zürich statt und wird durch die Verfasserin der Arbeit, Delia Lendenmann (delia.lendenmann@uzh.ch), durchgeführt.

Die Studie testet den Einfluss verschiedener Stadträume auf das psychische Wohlbefinden in einer virtuell gestalteten Welt (VR). Die Datenerhebung erfolgt vor Ort an der Universität Zürich am Irchel (Winterthurerstrasse 190, Zürich) und findet im Raum Y25-J87 statt. In der Studie mittels einer VR-Brille in eine virtuelle Welt eintauchen, in der Sie insgesamt 5 verschiedene Stadträume bewerten. Zusätzlich tragen Sie eine Empatica-Uhr, die dazu dient, die Herzfrequenz und Hautleitfähigkeit aufzuzeichnen. Die Studie innerhalb der virtuellen Welt dauert 5.5 Minuten. Nach dem Test werden Sie gebeten, einen Fragebogen auszufüllen, indem Sie weitere Fragen zu den Stadträumen beantworten. Die gesamte Studie dauert ungefähr **30 Minuten**.

#### 2 Teilnahmebedingungen

Einschlusskriterium:

- Wohnen, Arbeiten oder Studieren in **Zürich**, der grössten Stadt der Schweiz mit über 400'000 Einwohnern.

Ausschlusskriterien:

- Einnahme von Psychopharmaka
- Betroffen von Achromasie (Farben-Sehschwäche)
- Panik vor Achterbahnfahrten (virtuell)

#### 3 Ablauf der Studie

Die Studie wird vom 18.04.2023 bis zum 12.05.2023 durchgeführt und umfasst folgende Teile:

1. Instruktion: Erklärung des Experiments, Testdurchführung. Dauer: Ungefähr **10 Minuten**.
2. Experiment in Virtual Reality (VR): Dieser Teil wird genau **5.5 Minuten** dauern.
3. Abschluss-Fragebogen: Abschliessende Fragen zur Person und zur Wahrnehmung in Städten. Dieser Teil dauert ungefähr **10 Minuten**.

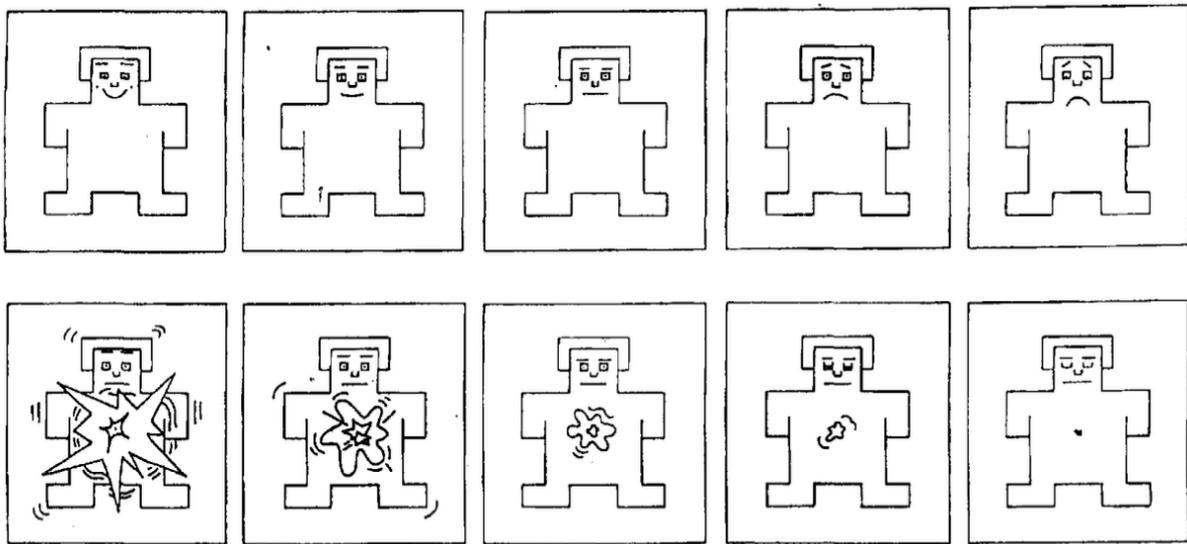
**Totale Dauer: 30 – 35 Minuten**

#### 3.1 Details zum Fragebogen

Der Fragebogen beinhaltet personelle Fragen zum Alter, Geschlecht und Wohn- oder Arbeitssituation in der Stadt. Des Weiteren werden Sie gebeten, Beurteilungen verschiedener städtischer Situationen vorzunehmen.

### 3.2 Details zum Experiment

Bei der Durchführung des Experiments sitzen Sie während der gesamten Studie auf einem Stuhl und tragen eine VR-Brille, sowie eine Smart-Watch am Handgelenk. In der Virtual Reality werden Sie zuerst ein Video sehen und anschliessend in 5 unterschiedliche Stadträume eintauchen. Sie werden sich in jedem Raum **eine halbe Minute** aufhalten. Nach jedem Stadtraum werden Sie in einem separaten, virtuellen Raum anhand eines kurzen Fragebogens die jeweilige städtische Situation beurteilen. Der Fragebogen ist folgendermassen aufgebaut:



Die erste Reihe zeigt 5 unterschiedliche Symbole von **glücklich bis unglücklich**. In der zweiten Reihe werden Symbole von **stark erregt bis ruhig** gezeigt.

In den Räumen werden Sie gebeten, anhand der Zeichnungen eine Beurteilung über den jeweiligen Stadtraum vorzunehmen und die zutreffenden Zahlen anschliessend direkt **mündlich** mitzuteilen. Die VR-Brille darf zwischen den Räumen nicht abgenommen werden, um Umwelteinflüsse zu vermeiden.

Für die Messungen der Uhr am Handgelenk wird die Versuchsleiterin nach jedem Raum auf den Knopf auf der Uhr klicken, um die Signale aufzunehmen.

### 4 Mögliche Risiken

Die Risiken der Studie werden als sehr gering eingestuft. Für Teilnehmende, die noch keine Erfahrung mit Virtual Reality haben, könnte die Studie allenfalls leichter Schwindel auslösen. Ein Abbruch der Studie ist zu jedem Zeitpunkt möglich. Um Gefühle des Schwindels während der Studie zu reduzieren, wurde bewusst auf Bewegung verzichtet. Demnach werden Sie sich in der Virtual Reality nicht bewegen, sondern nur umherschauen können.

### 5 Freiwilligkeit der Teilnahme und Abbruch

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Sie können die Studie daher zu jedem Zeitpunkt und ohne Begründung abbrechen.

## 6 Datenschutzbestimmungen

Folgende persönliche Daten werden bei der Studie aufgenommen:

- Alter und Geschlecht
- Physische Daten: Hautleitfähigkeit und Herzfrequenz
- Subjektive Daten: Angaben zur Bewertung von städtischen Situationen

Alle erhobenen Daten werden streng vertraulich behandelt und ausschliesslich für wissenschaftliche Zwecke verwendet. Die Daten zur Person werden nach den Richtlinien der *General Data Protection Regulation*, ein europäisches Gesetz zum Datenschutz, gespeichert. Die Namen werden durch anonyme Codes ersetzt und damit werden Namen weder gespeichert noch erscheinen Sie in Publikationen.

Die Daten befinden sich auf einem Server der Universität Zürich, der mit einem Passwort gesichert ist.

Während der Studie können Sie jederzeit eine Einwilligung der Daten widerrufen und eine Löschung der Antworten sowie personenbezogenen Daten verlangen.

## 7 Kontakt

Die Studie findet vor Ort statt und Delia Lendenmann wird während der gesamten Dauer anwesend sein. Sollten nach der Studie Rückfragen auftauchen, können Sie folgende Personen kontaktieren:

- Delia Lendenmann: [delia.lendenmann@uzh.ch](mailto:delia.lendenmann@uzh.ch) | 079 753 74 73
- Sara Fabrikant: [sara@geo.uzh.ch](mailto:sara@geo.uzh.ch) | 044 635 15 50

Ethik-Kommission der naturwissenschaftlichen Fakultät: [stephan.neuhauss@zool.uzh.ch](mailto:stephan.neuhauss@zool.uzh.ch)

## 8 Einverständniserklärung

Ich möchte an der Studie zur Wahrnehmung von Stadträumen teilnehmen und bestätige, dass folgende Punkte zutreffen:

- Ich erfülle die oben genannte Teilnahmebedingungen.
- Ich nehme freiwillig an der Studie teil und bin mir bewusst, dass die Studie jederzeit abgebrochen werden kann, ohne dass Nachteile daraus entstehen könnten.
- Ich wurde schriftlich über den Ablauf der Studie informiert und hatte genügend Zeit, mich für eine Teilnahme zu entscheiden.
- Ich habe die Datenschutzbestimmungen gelesen und bin damit einverstanden.

## C – Versuchsprotokoll

### 1.1 Thema

Das Experiment untersucht den Einfluss von begrünten Fassaden auf menschliche Emotionen in *virtual reality*. Die Messungen erfolgen einerseits subjektiv über den *self assessment manikin* und zum anderen objektiv mittels Messung der Hautleitfähigkeit.

### 1.2 Fragestellung

Inwiefern beeinflussen begrünte Fassaden unser psychisches Wohlbefinden?

### 1.3 Hypothese/ Vermutung

Begrünte Fassaden haben einen positiven Einfluss auf unser psychisches Wohlbefinden, indem sie eine beruhigende Wirkung aufzeigen. Es wird daher vermutet, dass begrünte Fassaden im Vergleich zu nicht begrünten Fassaden mit einer geringeren Hautleitfähigkeit einhergehen. Bezüglich der subjektiven Beurteilung wird erwartet, dass Stadträume mit begrünten Fassaden als ästhetischer und erholsamer beurteilt werden.

### 2.1 Versuchsaufbau

Das Experiment wird in der «cave» an der Universität Irchel (Zürich) durchgeführt. Die Teilnehmenden sitzen vor einem PC. Folgende Materialien werden für die Studie benötigt:

- PC
- Applikation Twinmotion: darin erstelltes Projekt
- VR-Brille: HTC VIVE
- EMPATICA Watch zur Aufzeichnung der Hautleitfähigkeit

Die Teilnehmenden werden im Experiment vor dem Computer Platz nehmen und durch die VR-Brille in unterschiedliche Stadträume eintauchen. Während des Experiments können Teilnehmende nur umherschauen, aber sich nicht bewegen, um die «motion sickness» im Rahmen zu halten. Es gibt zwei Gruppen «between-subject-design». Die Räume sind je nach Gruppe entweder begrünt oder nicht begrünt. Ein Zufallsgenerator bestimmt, ob die Person die begrünten oder die nicht begrünten Räume sieht. Jeder teilnehmenden Person wird zuerst ein aufregendes Video gezeigt, um eine Baseline für die nachfolgenden Messungen zu erhalten. Anschliessend durchläuft sie insgesamt 5 unterschiedliche Stadträume. Anhand des *self-assessment-manikin* (SAM) bewertet die Person wie ruhig bzw. aufgewühlt sie sich fühlt (Erregung) und wie glücklich bzw. unglücklich sie in den jeweiligen Räumen ist (Valenz). Der SAM wird in den jeweiligen Stadträumen als 3D-Objekt eingeblendet und die Person teilt die Antworten mündlich mit. Unterstützend werden über die EMPATICA Watch die Hautleitfähigkeit sowie der Puls gemessen. Abschliessend kann das Headset abgenommen werden und die Teilnehmenden füllen einen Post-test Fragebogen aus, indem sie die unterschiedlichen Räume nochmals als Bilder bewerten mit erweiterten Fragen.

## 2.2 Versuchsdurchführung

### *Vorbereitungen vor dem Experiment:*

- Test Akku Empatica Watch: Bei Bedarf mehrere Stunden vorher aufladen
- SteamVR starten und Headset verbinden
- Präsentation in Twinmotion Projekt starten

### *Nutzung der Empatica Watch*

1. Uhr mehrere Stunden aufladen
2. Stick Uhr in PC einführen
3. Uhr einschalten: Ca. 2 Sekunden auf Knopf drücken
4. Verlinkung Unity auf Desktop starten: Uhr sollte verbunden sein
5. Bei jedem «Tip» (kurzer Klick Uhr) wird die Zeit gespeichert
6. Empatica Daten der Tags werden automatisch im generierten Folder «E4 Data» auf dem Desktop abgespeichert

## 2.3 Instruktion für Studienteilnehmende

Thema der Studie: Es geht darum, wie Menschen verschiedene Stadtsituationen wahrnehmen. Dazu werden die Teilnehmenden über eine VR-Brille in 5 verschiedene Räume eintreten. Die Auflösung ist mit der vorgegebenen Technik nicht sehr hoch, es geht aber mehr um das Raumgefühl und nicht darum, alles in bester Qualität zu erkennen. Nach jedem jeweiligen Raum wird ein kurzer Fragebogen gezeigt. Die Antworten dazu (Zahlen) werden durch die Teilnehmenden mündlich mitgeteilt.

**Wichtig:** Falls sich Teilnehmende zu einem Zeitpunkt nicht gut fühlen sollten, muss dies unverzüglich mitgeteilt werden.

Anschliessend folgt ein kurzer Probedurchgang, in dem auch der Fragebogen gezeigt und erklärt wird.

## 2.4 Schritt-für-Schritt Anleitung Experiment

Folgende Tabelle gilt für beide «between-subject» Gruppen.

Zeit	Bild	Twinmotion	Empatica	Info an Proband	Notiz
00:00	SAM Baseline	-	Tip <sup>21</sup>	-	SAM mündlich
00:25	-	Leertaste <sup>22</sup>	-	«Nicht bewegen» <sup>23</sup>	-
00:30	Bild 1	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	-
00:55	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
01:00	SAM 1	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	SAM mündlich
01:25	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
01:30	Bild 2	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	-
01:55	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-

<sup>21</sup> Kurzer Klick auf die Taste der Uhr, um Aufenthalt im Raum aufzuzeichnen

<sup>22</sup> Mit einem Klick auf die Leertaste wird die Präsentation in Twinmotion gestartet, bzw. mit einem erneuten Klick angehalten.

<sup>23</sup> Bei Übergang vom einen Stadtraum in den anderen sollten sich Probanden kurz nicht bewegen, da das Programm kurzzeitig erstarrt. Im neuen Raum können sie dann wieder frei umherschauen.

<b>02:00</b>	SAM 2	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	SAM mündlich
<b>02:25</b>	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
<b>02:30</b>	Bild 3	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	-
<b>02:55</b>	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
<b>03:00</b>	SAM 3	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	SAM mündlich
<b>03:25</b>	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
<b>03:30</b>	Bild 4	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	-
<b>03:55</b>	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
<b>04:00</b>	SAM 4	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	SAM mündlich
<b>04:25</b>	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
<b>04:30</b>	Bild 5	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	-
<b>04:55</b>	-	Leertaste	-	«Nicht bewegen»	-
<b>05:00</b>	SAM 5	Leertaste	Tip	«Wieder bewegen»	SAM mündlich
<b>05:30</b>	-	Exit VR	-	-	-

## 2.5 Ende Experiment

Nach dem Ausfüllen des Post-test Fragebogens wird der Teilnehmende verabschiedet und die Kontaktangaben der Versuchsleiterin werden nochmals mitgeteilt, damit es dem Teilnehmenden möglich ist, sich bei allfälligen Fragen nach dem Experiment zu melden.

D – Umfrage mit *Limesurvey*

*Hinweis:* Die subjektive Bewertung wurde anhand von 10 Bildern durchgeführt. Aufgrund der Repetition der Fragen ist hier nur ein Bild dargestellt. Die übrigen Bilder sind jedoch dem Anhang A zu entnehmen.

Umfrage Wahrnehmung Stadträume

0%

### Allgemeine Fragen zur gezeigten Stadtumgebung in der Virtual Reality

\*Wie entspannend haben Sie die gezeigte Umgebung wahrgenommen?

• Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

sehr entspannend

entspannend

neutral

wenig entspannend

nicht entspannend

\*Würden Sie in der gezeigten Stadt leben wollen?

Ja  Nein

Falls ja: Aus welchen Gründen würden Sie in der Stadt leben wollen, bzw. was hat Ihnen besonders gut gefallen?

Falls nein: Aus welchen Gründen würden Sie nicht in der Stadt leben wollen, bzw. was hat Ihnen nicht gefallen?

## Umfrage Wahrnehmung Stadträume

Bitte bewerten Sie folgende Stadtsituation, indem Sie die aufgeführten Fragen beantworten.

\***Bitte beachten Sie:** Die städtischen Situationen sind sehr abstrakt dargestellt. Dabei geht es um den Gesamteindruck des städtischen Raumes und weniger um kleine Details, z.B. der Wunsch nach Einkaufsläden oder Cafées.



Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- sehr ansprechend
- ansprechend
- neutral
- weniger ansprechend
- nicht ansprechend

\*Wie entspannt fühlen Sie sich beim Anblick des gezeigten Stadtraumes?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- sehr entspannt
- entspannt
- neutral
- weniger entspannt
- nicht entspannt

\*Wie glücklich wären Sie, in dem gezeigten Stadtraum zu leben?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- sehr glücklich
- glücklich
- neutral
- weniger glücklich
- unglücklich

\*Wie bewerten Sie die Fassaden der Gebäude?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- sehr ästhetisch
- ästhetisch
- neutral
- weniger ästhetisch
- nicht ästhetisch

## Fassaden

\*Bevorzugen Sie persönlich eher Gebäude mit oder ohne begrünten Fassaden?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- begrünt
- nicht begrünt
- weiss nicht

\*Bitte begründen Sie kurz Ihre Auswahl:

## Abschliessende Fragen

Welches Geschlecht haben Sie?

• Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- männlich
- weiblich
- Keine Antwort

\*Wie alt sind Sie?

\*Befindet sich Ihr Arbeits-, Studien-, oder Wohnort in der Stadt Zürich (inkl. Agglomerationen)?

- Ja  Nein

\*Haben Sie bereits von Fassadenbegrünung gehört oder sich damit beschäftigt?

- Ja  Nein

\*Haben Sie ein eingeschränktes und/oder farbeneingeschränktes Sehvermögen?

• Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- Ich trage eine Brille oder Kontaktlinsen
- Ich habe ein farbeneingeschränktes Sehvermögen (z.B. Rot-Grün-Schwäche)
- Keines von beidem

\*Ist dies Ihre erste Erfahrung mit Virtual Reality?

- Ja  Nein

## E – Statistische Resultate

*Subjektive Methode (SAM)***Erregung:** Test auf Normalverteilung

```
Shapiro-Wilk normality test
data: arousal_stat$room1
W = 0.876, p-value = 0.00113
```

```
Shapiro-Wilk normality test
data: arousal_stat$room2
W = 0.90292, p-value = 0.005484
```

```
Shapiro-Wilk normality test
data: arousal_stat$room3
W = 0.86787, p-value = 0.000721
```

```
Shapiro-Wilk normality test
data: arousal_stat$room4
W = 0.89998, p-value = 0.004581
```

```
Shapiro-Wilk normality test
data: arousal_stat$room5
W = 0.89998, p-value = 0.004581
```

## Test pro Position

```
Friedman rank sum test
data: sam_arousal_within_matrix
Friedman chi-squared = 3.5162, df = 4, p-value = 0.4754
```

```
Wilcoxon rank sum test
data: sam by Fassaden
W = 4666, p-value = 0.0006113
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

## Test pro Stadtraum

```
Friedman rank sum test
data: sam_arousal_within_room_matrix
Friedman chi-squared = 4.9057, df = 4, p-value = 0.2971
```

```
Wilcoxon rank sum test
data: sam by Fassaden
W = 4598.5, p-value = 0.001253
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

## Valenz: Test auf Normalverteilung

```
Shapiro-Wilk normality test
data: val_stat$room1
W = 0.87464, p-value = 0.001047
```

```
Shapiro-Wilk normality test
data: val_stat$room2
W = 0.8193, p-value = 6.192e-05
```

```
Shapiro-Wilk normality test
data: val_stat$room3
W = 0.9017, p-value = 0.00509
```

```
Shapiro-Wilk normality test
data: val_stat$room4
W = 0.87316, p-value = 0.0009647
```

```
Shapiro-Wilk normality test
data: val_stat$room5
W = 0.89923, p-value = 0.004379
```

## Test pro Position

```
Friedman rank sum test
data: sam_valence_within_matrix
Friedman chi-squared = 8.9195, df = 4, p-value = 0.06314
```

```
Wilcoxon rank sum test
data: sam by Fassaden
W = 4997.5, p-value = 5.775e-06
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

## Test pro Stadtraum

```
Friedman rank sum test
data: sam_valence_within_room_matrix
Friedman chi-squared = 3.6638, df = 4, p-value = 0.4534
```

```
Wilcoxon rank sum test
data: sam by Fassaden
W = 5177.5, p-value = 4.141e-07
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

*Objektive Methode (Hautleitfähigkeit)*

**Hinweis:** Teile des folgenden R-Codes entsprechen einer Vorlage von Studien der Universität Zürich (GIVA) und wurden übernommen.

Test auf Normalverteilung (anhand Position)

```
shapiro-wilk normality test
data: eda_mean$erste
w = 0.9254, p-value = 0.02303
```

```
shapiro-wilk normality test
data: eda_mean$zweite
w = 0.95932, p-value = 0.2322
```

```
shapiro-wilk normality test
data: eda_mean$dritte
w = 0.97384, p-value = 0.5748
```

```
shapiro-wilk normality test
data: eda_mean$vierte
w = 0.98517, p-value = 0.915
```

```
shapiro-wilk normality test
data: eda_mean$fünfte
w = 0.97195, p-value = 0.5172
```

```
shapiro-wilk normality test
data: eda_nscr$erste
w = 0.97371, p-value = 0.5706
```

```
shapiro-wilk normality test
data: eda_nscr$zweite
w = 0.98449, p-value = 0.8993
```

```
shapiro-wilk normality test
data: eda_nscr$dritte
w = 0.96833, p-value = 0.417
```

```
shapiro-wilk normality test
data: eda_nscr$vierte
w = 0.97154, p-value = 0.5053
```

```
shapiro-wilk normality test
data: eda_nscr$fünfte
w = 0.9662, p-value = 0.3651
```

## ANOVA mit Messwiederholung für Durchschnitt und Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen (anhand Position)

```

Error: id
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Residuals 33  1037    31.43

Error: within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
as.factor(trial) 4    18.3    4.569    1.45  0.221
Residuals      132  416.1    3.152

Error: id
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
as.factor(condition) 1  372.3    372.3    17.92 0.000181 ***
Residuals          32  664.9    20.8
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Residuals 136  434.3    3.194

Error: id
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Residuals 33  0.1883  0.005707

Error: within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
as.factor(trial) 4  0.0039  0.000976    0.94  0.443
Residuals      132  0.1370  0.001038

Error: id
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
as.factor(condition) 1  0.04833  0.04833    11.05 0.00224 **
Residuals          32  0.14002  0.00438
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Residuals 136  0.1409  0.001036

```

## Test auf Normalverteilung (anhand Stadtraum)

shapiro-wilk normality test

```

data: eda_mean_room$A
W = 0.96995, p-value = 0.4601

```

shapiro-wilk normality test

```

data: eda_mean_room$B
W = 0.95719, p-value = 0.2011

```

shapiro-wilk normality test

```

data: eda_mean_room$C
W = 0.89207, p-value = 0.00285

```

shapiro-wilk normality test

```

data: eda_mean_room$D
W = 0.9813, p-value = 0.8129

```

shapiro-wilk normality test

```

data: eda_mean_room$E
W = 0.97908, p-value = 0.7435

```

shapiro-wilk normality test

```

data: eda_nscr_room$A
W = 0.96306, p-value = 0.2978

```

shapiro-wilk normality test

```

data: eda_nscr_room$B
W = 0.96717, p-value = 0.388

```

```

shapiro-wilk normality test
data: eda_nscr_room$C
W = 0.96485, p-value = 0.3347

```

```

shapiro-wilk normality test
data: eda_nscr_room$D
W = 0.98288, p-value = 0.8583

```

```

shapiro-wilk normality test
data: eda_nscr_room$E
W = 0.9318, p-value = 0.03529

```

#### ANOVA mit Messwiederholung für Durchschnitt und Anzahl Hautleitfähigkeitsreaktionen (anhand Stadtraum)

```

Error: id
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Residuals 33  1037    31.43

Error: within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
as.factor(trial)  4   35.5   8.871  2.936 0.0231 *
Residuals      132  398.9   3.022

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: id
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
as.factor(condition)  1  372.3  372.3  17.92 0.000181 ***
Residuals           32  664.9   20.8

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Residuals 136  434.3   3.194

Error: id
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Residuals 33  0.1883  0.005707

Error: within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
as.factor(trial)  4  0.00744  0.001860   1.84  0.125
Residuals      132  0.13347  0.001011

Error: id
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
as.factor(condition)  1  0.04833  0.04833  11.05 0.00224 **
Residuals           32  0.14002  0.00438

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Error: within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Residuals 136  0.1409  0.001036

```

*Umfrage*

## Test auf Normalverteilung

```
shapiro-wilk normality test
data: data_images_stat$overall
W = 0.90487, p-value = 8.651e-14
```

```
shapiro-wilk normality test
data: data_images_stat$stressed
W = 0.88847, p-value = 4.826e-15
```

```
shapiro-wilk normality test
data: data_images_stat$happy
W = 0.84987, p-value < 2.2e-16
```

```
shapiro-wilk normality test
data: data_images_stat$facades
W = 0.89526, p-value = 1.534e-14
```

## Paarweiser Vergleich der Stadträume

```
Wilcoxon rank sum test
data: overall by greenness
W = 944, p-value = 3.472e-06
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

```
Descriptive statistics by group
group: begrünt
-----
group: nicht begrünt
```

```
Wilcoxon rank sum test
data: overall by greenness
W = 868.5, p-value = 0.000217
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

```
Descriptive statistics by group
group: begrünt
-----
group: nicht begrünt
```

```
Wilcoxon rank sum test
data: overall by greenness
W = 833.5, p-value = 0.0004056
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

```
Descriptive statistics by group
group: begrünt
-----
group: nicht begrünt
```

```
Wilcoxon rank sum test
data: overall by greenness
W = 924, p-value = 1.073e-05
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

```
Descriptive statistics by group
group: begrünt
-----
group: nicht begrünt
```

```
Wilcoxon rank sum test
data: overall by greenness
W = 963.5, p-value = 6.817e-07
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

```
Descriptive statistics by group
group: begrünt
-----
group: nicht begrünt
```

## Persönliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.



Delia Lendenmann

30.08.2023