



**Universität  
Zürich** <sup>UZH</sup>

Geographisches Institut

# Visuell-ästhetische Bewertung zukünftiger Landschaftsentwicklungen

Eine biophysische Analyse der emotionalen Reaktion auf  
Siedlungsentwicklung dargestellt in 3D-Landschaftsmodellen

GEO 511 Masterarbeit

**Eingereicht durch**

Reto Spielhofer

10-914-166

**Betreuung**

Prof. Dr. Sara Irina Fabrikant (Fakultätsvertretung)

**Co-Betreuung**

Dr. Ulrike Wissen Hayek (ETH Zürich)

PLUS, Planung von Landschaft und Urbanen Systemen

IRL, HIL H 52.2

Stefano-Francini-Platz 5

8093 Zürich-Hönggerberg

wissen@nsl.ethz.ch

21.04.2017

Geographisches Institut, Universität Zürich



## Zusammenfassung

Jeder hat eine eigene Vorstellung davon, was eine schöne Landschaft ausmacht und wie die Landschaft in Zukunft aussehen sollte. Landschaften lösen in uns Emotionen aus, wir setzen sie in Bezug zu Erfahrungen und bewerten die Landschaft bewusst, wie auch intuitiv. Mit dieser Bewertung sind wir aktiv oder passiv Teil des Raumentwicklungs- und Planungsprozesses, in dem wir unsere Vorstellung von schöner Landschaft umsetzen und miteinbringen, sei es im eigenen Garten oder in politischen Diskussionen. Raumplanung betrifft uns also alle und ständig. Aktuelle Landschaftssituationen können durch Feldbegehungen oder Fotografien bewertet werden, doch wie sollen zukünftige Entwicklungen, beispielsweise auf die Ästhetik hin, bewertet werden? Existieren diese ja nur als Gedanken in Köpfen von Planungsexperten oder als abstrakte Pläne und Karten. Um Emotionen auf zukünftige Landschaftsbilder dennoch zu untersuchen und die Landschaftsästhetik zu bewerten, werden in der vorliegenden Arbeit digitale Landschaftsmodelle mit Hilfe von dreidimensionalen (3D) Geodaten erstellt. Realistische digitale 3D-Landschaftsmodelle, auch 3D-Landschaftsvisualisierungen genannt, dienen einerseits der Kommunikation von räumlichen Problemstellungen, andererseits besitzen sie das Potential, emotionale Reaktionen hervorzurufen. Mit der Kombination von kantonalen und eigenständig aufgenommenen Laserdaten wird die aktuelle Landschaftssituation in einem Studiengebiet im Schweizer Mittelland in ein digitales 3D-Modell integriert. Durch Landschaftsfotos und Luftbildaufnahmen werden die Punkte gemäss ihrem natürlichen Erscheinungsbild eingefärbt. Dieses Modell der aktuellen Landschaftssituation wird auf Basis einer Analyse der raumplanerischen Situation und auf Basis von Bevölkerungsprognosen in die Zukunft projiziert. Mit Hilfe von generisch erstellten Häusermodellen entstehen so potentielle, zukünftige Siedlungsstrukturen im Untersuchungsgebiet. Die 3D-Landschaftsmodelle der unterschiedlichen Siedlungsstadien werden mit Softwarepaketen aus der Grafik- und Filmindustrie weiter aufbereitet, um möglichst realitätsnahe Szenen aus den 3D-Landschaftsmodellen als Filme zu erstellen. Neben einer Visualisierung, welche die aktuelle Siedlungs- und Landschaftssituation wiedergibt, entstehen so zwei zukünftige Stadien der Siedlungs- und Landschaftsentwicklung. Ergänzt werden die digitalen 3D-Visualisierungen mit Landschaftsakustik. Die resultierenden virtuellen Landschaftsspaziergänge bilden die Stimuli, um die affektiven Reaktionen auf die Veränderung des Landschaftsbildes unter Laborbedingungen mittels physiologischen Indikatoren der Emotion zu messen. Die Messung der Emotionen stellt in diesem Kontext eine neue Herangehensweise an die visuell-ästhetische Landschaftsbewertung dar. Mit den Messungen soll es im Gegensatz zur Befragung möglich sein, die spontane unbewusste emotionale Reaktion zu erfassen, auf Grund welcher die Bewertung der Ästhetik grösstenteils entsteht. Schlussendlich können interessante Tendenzen in der emotionalen Reaktion und der subjektiven Landschaftsbewertung bezüglich der Stimuli Inhalte präsentiert werden. Jedoch scheint der Zusammenhang zwischen Emotion und der Landschaftsbewertung komplex zu sein.

## Danksagung

Einen besonderen Dank möchte ich zuerst an meine Supervisorin Frau Prof. Dr. Sara Irina Fabrikant vom Geographischen Institut der Universität Zürich und an meine Betreuerin Frau Dr. Ulrike Wissen vom Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung der ETH Zürich richten. Beide sind mir bei fachlichen sowie methodischen Problemen stets kompetent und hilfreich zur Seite gestanden. Im Rahmen des Kolloquiums der GIVA Gruppe soll allen Teilnehmern und Betreuern gedankt sein, welche wertvolle, kritische und motivierende Worte zur Arbeit beisteuerten. Prof. Dr. Norman Backhaus vom Geographischen Institut der Universität Zürich hat mich im Besonderen mit seiner Erfahrung mit der Erstellung von Fragebogen wertvoll beraten. Auch ihm an dieser Stelle besten Dank. Für die Entwicklung und Gestaltung der Gebäudemodelle geht ein grosses Dankeschön an Anastasia Zaytseva. Gedankt sei auch Sascha Créde, Corin Meier und Thomas Ingold für den wertvollen und wichtigen Austausch über die Anwendung von BIOPAC. Um überhaupt Daten aufzunehmen, brauchte es Probanden. All meinen Probanden welche den zum Teil weiten Weg nach Zürich für ein bisschen Schokolade auf sich genommen haben - vielen Dank.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an meine Partnerin Simone Fenk. Sie hat den Fortschritt der Arbeit aufgrund ihrer kritischen Fragen, dem Korrekturlesen und dem Freizeitprogramm wertvoll unterstützt. Ebenfalls ein grosser Dank gebührt meiner Familie, namentlich meiner Mutter Hélène und meinem Vater Hans sowie Ernst Weber. Sie haben mir das ganze Studium erst ermöglicht und mich stets auf meinem Weg unterstützt.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Problemstellung .....	1
1.2	Ziele und Forschungsfrage .....	2
<b>2</b>	<b>Theorie und Forschungskontext</b> .....	<b>3</b>
2.1	3D-Landschaftsvisualisierungen .....	3
2.2	Anwendung von 3D-Visualisierungen in der Raum- und Landschaftsplanung .....	4
2.3	Visuell-ästhetische Bewertung von Landschaftsveränderungen .....	6
2.4	Messung der emotionalen Reaktion auf Stimuli.....	8
2.5	Forschungslücke .....	11
<b>3</b>	<b>Methoden</b> .....	<b>13</b>
3.1	Studiendesign .....	13
3.2	Stimuli – Die unabhängige Variable .....	14
3.3	Probandencharakteristik - Die Moderatorvariable.....	38
3.4	Emotionale Reaktion - Die abhängige Variable .....	41
3.5	Experiment .....	44
3.6	Datenauswertung .....	48
<b>4</b>	<b>Resultate</b> .....	<b>52</b>
4.1	Emotionale Reaktion auf Stimuli und subjektive Bewertung.....	52
4.2	Emotionale Reaktion von Planungslaien und Raumplanern .....	61
4.3	Emotionale Reaktion von Landmenschen versus Stadtmenschen.....	67
4.4	Reaktion auf Erscheinen der hintergründigen und vordergründigen Siedlungen.....	72
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>80</b>
5.1	Vergleich subjektive Bewertung und emotionale Reaktion .....	80
5.2	Emotionale Reaktion in Abhängigkeit des raumplanerischen Fachwissens.....	82
5.3	Emotionale Reaktion in Abhängigkeit der Siedlungsaffinität .....	83

5.4	Zusammenhang emotionale Reaktion und dem Ort der Siedlungsentwicklung in den Visualisierungen.....	84
5.5	Kritische Beurteilung der Studie .....	86
5.6	Arbeitsablauf zur Erstellung der 3D-Visualisierungen .....	88
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerung.....</b>	<b>92</b>
<b>7</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>95</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>I</b>
8.1	Daten Raumsituation Erlinsbach .....	I
8.2	Online Fragebogen .....	III
8.3	Zeitplan Experimentablauf .....	XI
8.4	Experimentablauf Probandenversion und Datenverzichtserklärung .....	XII
	<b>Selbständigkeitserklärung .....</b>	<b>I</b>

## Abbildungen

Abb. 2-1 Orthogonal aufgenommene LiDAR Daten, eingefärbt mit Orthofoto .....	4
Abb. 2-2 Ordnungsschema der Landschaftswahrnehmung nach (Backhaus 2010) .....	6
Abb. 2-3 “Circumplex model of affects” nach (Posner et al. 2005).....	9
Abb. 2-4 SAM Bewertungsskale, Valenz (oben), Erregung (Mitte), Dominanz (unten) .....	10
Abb. 3-1 Übersichtskarte Studiengebiet.....	16
Abb. 3-2 Für die Visualisierungen angepasster Szenarioansatz «SZENVIS» .....	17
Abb. 3-3 Zonenplan Erlinsbach (AG) (GEMEINDE ERLINSBACH AARGAU 2007b).....	19
Abb. 3-4 Zonenplan Erlinsbach (SO) (Gemeinde Erlinsbach Solothurn 2000) .....	20
Abb. 3-5 Übersicht der Arbeitsschritte, Softwarepakete (kursiv) .....	23
Abb. 3-6 AX60 von Trimble .....	27
Abb. 3-7 VZ-1000 von Riegel mit Nikon D700.....	28
Abb. 3-8 TLS Standorte und Visualisierungspfad .....	29
Abb. 3-9 Jecklin Disk.....	29
Abb. 3-10 Sonnenspiegelungen (links) und nach Korrektur (rechts).....	30
Abb. 3-11 Rohdaten aus drei TLS Standorten.....	31
Abb. 3-12 Mit Orthofoto eingefärbte kantonale ALS LiDAR-Modell.....	32
Abb. 3-13 Extrahierte TLS Vegetation .....	33
Abb. 3-14 Kantonale ALS LiDAR Daten mit Orthofoto eingefärbt .....	33
Abb. 3-15 ALS und TLS LiDAR Daten kombiniert .....	33
Abb. 3-16 In Rhino generisch erstellte Siedlungsmuster (untexturiert) .....	34
Abb. 3-17 Häusermodelle als Punktwolke (links), als polygonale Modelle (rechts) .....	34
Abb. 3-18 Definition Kamerapfad in Cinema4D .....	36
Abb. 3-19 Verwendete Ag/AgCl Elektrode selbstklebend, Ø 24mm.....	42
Abb. 3-20 EDA Messung an Zeig- und Mittelfinger .....	42
Abb. 3-21 EMG-Messung (ohne Erdungselektrode).....	42
Abb. 3-22 BIOPAC MP150, EMG2-R und PPGED-R (v.l.n.r.).....	43
Abb. 3-23 Grundriss Laboraufbau.....	45
Abb. 3-24 3D cave am GIUZ mit Stimulus auf der Leinwand.....	45
Abb. 3-25 Fragen subjektive Landschaftsbewertung .....	47
Abb. 3-26 Ablauf der Stimulipräsentation .....	48
Abb. 3-27 Analysebereiche EDA und EMG .....	50
Abb. 3-28 Erscheinen der Hintergrundgebäude (T12 -T18) in S2 .....	51
Abb. 3-29 Erscheinen der Hintergrundgebäude (T4 - T10) in S3 .....	51
Abb. 3-30 Erscheinen der Vordergrundgebäude (T23-T29) in S2 .....	51
Abb. 3-31 Erscheinen der Vordergrundgebäude (T18-T24) in S3 .....	51

Abb. 4-1 Durch EDA ermittelte AUC Werte Stimuli S1 - S3.....	53
Abb. 4-2 Durch EMG ermittelte Valenzwerte Stimuli S1-S3 .....	54
Abb. 4-3 Gemessene Emotionen S1 (oben links), S2 (oben rechts), S3 (unten links) .....	55
Abb. 4-4 Durch SAM ermittelte Erregungswerte.....	56
Abb. 4-5 Durch SAM ermittelte Valenz.....	57
Abb. 4-6 Emotionen nach SAM S1 (oben links), S2 (oben rechts), S3 (unten links) .....	58
Abb. 4-7 Subjektive Bewertung der Landschaftsqualität .....	60
Abb. 4-8 Gemessene AUC Mittelwerte von Planungslaien und Raumplaner.....	62
Abb. 4-9 Gemessene Valenz Mittelwerte von Planungslaien und Raumplaner.....	63
Abb. 4-10 Durchschnittliche Emotionen unterschieden nach Laien und Raumplanern S1 - S3 .....	64
Abb. 4-11 SAM Erregung Planungslaien und Raumplaner .....	65
Abb. 4-12 SAM Valenz Planungslaien und Raumplaner .....	66
Abb. 4-13 Gemessene AUC Mittelwerte Landmenschen und Stadtmenschen .....	67
Abb. 4-14 Gemessene Valenz Mittelwerte Landmenschen und Stadtmenschen .....	68
Abb. 4-15 Durchschnittliche Emotionen unterschieden nach Stadt- und Landmenschen S1 - S3 .....	69
Abb. 4-16 SAM Erregung von Land- und Stadtmenschen.....	70
Abb. 4-17 SAM Valenz Land- und Stadtmenschen .....	71
Abb. 4-18 Durch EDA ermittelte AUC Werte von Analysebereichen in S2 .....	73
Abb. 4-19 Durch EMG ermittelte Valenzwerte von Analysebereichen in S2.....	74
Abb. 4-20 Muskelkontraktionen und SCR im Stimulus S2 Verlauf .....	75
Abb. 4-21 Durch EDA ermittelte AUC Werte von Analysebereichen in S3 .....	76
Abb. 4-22 Durch EMG ermittelte Valenzwerte von Analysebereichen in S3.....	77
Abb. 4-23 Muskelkontraktionen und SCR im Stimulus S3 Verlauf .....	78
Abb. 4-24 Antwortverteilung Abschlussfrage A.....	79
Abb. 4-25 Antwortverteilung Abschlussfrage B .....	79

## Tabellen

Tab. 1 Gemeinden im Studiengebiet .....	14
Tab. 2 Bevölkerungsentwicklung bis 2045 .....	21
Tab. 3 Berechnete Bevölkerung für das Studiengebiet, auf Basis der BfS Szenarien.....	21
Tab. 4 Input für generische 3D Häusermodelle VIS2025 .....	22
Tab. 5 Input für generische 3D Häusermodelle VIS2050 .....	22
Tab. 6 Erstellung der drei Stimuli im Landschaftsmodell.....	35
Tab. 7 M und SD der AUC NORM Werte.....	53
Tab. 8 M und SD der Valenzwerte .....	54
Tab. 9 M und SD der SAM Erregungswerte .....	56



Tab. 10 M und SD der SAM Valenzwerte .....	57
Tab. 11 Korrelationen zwischen SAM Valenzen und gemessenen Valenzen.....	59
Tab. 12 Korrelationen zwischen SAM Erregungswerten und gemessener Erregung .....	59
Tab. 13 M und SD der subjektiven Landschaftsbewertung.....	60
Tab. 14 Zusammenhang zwischen subjektiver Landschaftsbewertung und Emotionen .....	61
Tab. 15 M und SD der AUC NORM Werte von Laien und Raumplaner .....	62
Tab. 16 M und SD der Valenzwerte von Laien und Raumplaner .....	63
Tab. 17 M und SD der SAM Erregung von Planungslaien und Raumplaner.....	65
Tab. 18 M und SD SAM Valenz Planungslaien und Raumplaner .....	66
Tab. 19 M und SD der AUC NORM Werte von Landmenschen und Stadtmenschen.....	68
Tab. 20 M und SD der Valenzwerte von Landmenschen und Stadtmenschen.....	69
Tab. 21 M und SD der SAM Erregung von Landmenschen und Stadtmenschen .....	70
Tab. 22 M und SD der SAM Valenzwerte von Landmenschen und Stadtmenschen .....	71
Tab. 23 M und SD der AUC NORM von Analysebereichen in S2.....	73
Tab. 24 M und SD der Valenzwerte von Analysebereichen in S2 .....	74
Tab. 25 M und SD der AUC NORM von Analysebereichen in S3.....	76
Tab. 26 M und SD der Valenzwerte von Analysebereichen in S3 .....	77
Tab. 27 Übersicht Arbeitsablauf.....	88
Tab. 28 Bodennutzung der Gemeinden im Vergleich zum Schweizer Durchschnitt.....	I
Tab. 29 Wohnsituation und Bautätigkeit.....	I
Tab. 30 Bevölkerungsstruktur .....	II

ALS *Airborne Laser Scanning*

CH1903 *Altes Landeskoordinatensystem*

DHM *Digitales Höhenmodell*

DOM *Digitales Oberflächenmodell*

EDA *Elektrodermale Aktivität*

EMG *Elektromyografie*

LABES *Landschaftsbewertung Schweiz*

LiDAR *Light detection and ranging*

LN02 *Schweizerische Landesnivellementsnetz*

SCL *Skin conductance level*

SCR *Skin conductance response*

TLS *Terrestrial Laser Scanning*

VR *Virtuelle Realitäten*

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Für die stärkere Einbindung von Laien in den Planungsprozess, ist die Herangehensweise über die Wahrnehmung der Ästhetik einer Landschaft wichtig (ULRICH 1986). Eine Vielzahl von Studien hat die visuell-ästhetische Bewertung von aktuellen Landschaften durch Fragebogen mit Hilfe von Fotografien untersucht (ORENSTEIN et al. 2015; HOWLEY et al. 2012; KALTENBORN & BJERKE 2002). WERGLES & MUHAR (2009) oder LINDQUIST & LANGE (2014) zeigen jedoch, dass Fotografien den multisensorischen Eindruck der vor Ort entsteht nicht ersetzen können. Um nicht nur aktuelle Landschaften visuell mit Fotografien repräsentieren zu können, sondern auch Landschaftsveränderungen darzustellen, schlagen GRÊT-REGAMEY et al. (2013) realistische digitale 3D-Visualisierungen vor. Die Wahrnehmung der Betrachter in computergestützten realistischen 3D-Landschaftsvisualisierung ist aber noch nicht vollumfänglich verstanden (WERGLES & MUHAR 2009). Zudem ist nicht bekannt, inwiefern unterschiedliche Visualisierungsinhalte vom Betrachter aufgenommen werden (SHEPPARD 2001). Bewertung und Wahrnehmung von Landschaftsveränderungen sind emotional gesteuerte Prozesse (BALAKRISHNAN et al. 2006), wobei ästhetische Präferenz einer Landschaft durch spontane, emotionale Reaktionen beim Betrachter gesteuert wird (ULRICH 1986). Diese emotionalen Reaktionen auf visualisierte zukünftige Landschaftsveränderungen lediglich mit Befragungen zu erfassen, bringt verschiedene Fehlerquellen, wie beispielsweise den Effekt der sozialen Erwünschtheit (STOCKÉ 2004) oder der generellen Einstellung gegenüber einem Thema in den Antworten (MAEHR et al. 2015) mit sich. Auch in dem vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) mitgetragenen Projekt zum langfristigen Monitoring der landschaftlichen Veränderungen, Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), geben THÉLIN & ROTH (2010a) zu bedenken, dass diesbezüglich noch Forschungsbedarf besteht. Die soziokulturellen Aspekte von LABES, wie die Identifikation mit einer Landschaft oder Landschaftsqualität im Wohnumfeld, lassen sich mittels Umfragen nur schwer erfassen.

Methodisch bestehen also zwei Probleme: Erstens lassen sich emotionale Reaktionen auf den zukünftigen Landschaftswandel nicht *in-situ* untersuchen. Es braucht eine Form von Landschaftsvisualisierung, welche eine zukünftige Veränderung zeigen kann. Zweitens scheint die Erfassung der spontanen emotionalen Reaktion auf einen visuellen Stimulus nur durch Befragung schwierig, um schlussendlich die Landschaftsästhetik bewerten zu können. Realistische digitale 3D-Landschaftsvisualisierungen als Stimuli für Emotionsmessungen zu nutzen, ist ein Ansatz, welcher versucht die subjektive Bewertung virtueller Landschaften in Zusammenhang zur gemessenen emotionalen Reaktionen zu bringen. Dies kann im weiteren Sinne dazu beitragen, die Effektivität von 3D-Landschaftsmodellen besser zu verstehen. So soll ein erster Schritt dahin vollzogen werden,

Landschaftsentwicklungen anhand digitaler 3D-Landschaftsvisualisierungen auf einer visuellen Ebene qualitativ zu bewerten.

## 1.2 Ziele und Forschungsfrage

Ziel der Arbeit ist es, die emotionalen Reaktionen auf zukünftige Landschaftsentwicklungen zu messen und in Bezug zur Bewertung der Landschaftsästhetik zu setzen. Die Ergebnisse sollen in den Zusammenhang zur klassischen Frage «*Wie gefällt Ihnen diese Landschaft?*» gebracht werden. Als Stimuli dienen realistische, bewegte 3D-Landschaftsvisualisierungen, welche in einem Szenario drei zukünftige Landschaftsentwicklungsschritte zeigen sollen. Die Messung der emotionalen Reaktion soll lediglich von einem sich ändernden Siedlungsentwicklungsstand abhängen. Weiter wird getestet, ob die Messung der emotionalen Reaktion und die Bewertung der Landschaft aufgrund des Fachwissens oder der Einstellung gegenüber Siedlungsentwicklung variiert. Um die Emotionen auf die Stimuli besser zu verstehen soll zudem untersucht werden, ob sich Unterschiede zwischen der emotionalen Reaktion auf den Visualisierungsvordergrund und der emotionalen Reaktion auf den Hintergrund erkennen lassen. Schliesslich soll der Arbeitsablauf zur Erstellung der Stimuli dokumentiert sowie dessen Stärken und Schwächen aufgezeigt werden. Die daraus resultierende übergeordnete Forschungsfrage lautet somit:

Welche emotionalen Reaktionen auf unterschiedliche Siedlungsentwicklungen in einer Landschaft lassen sich mit audiovisuellen bewegten 3D-Landschaftsvisualisierungen hervorrufen?

Eine detailliertere Aufstellung der untergeordneten Forschungsfragen folgt in Kapitel 2.5, im Rahmen der Einordnung der Arbeit in den aktuellen Forschungskontext.

# 2 Theorie und Forschungskontext

Im folgenden Kapitel wird der aktuelle Forschungsstand der für die Arbeit relevanten Forschungsfelder aufgezeigt. Erstens sollen die die wichtigsten Eigenschaften und das Wesen von 3D-Landschaftsvisualisierungen erläutert werden. Zweitens wird die Relevanz von 3D-Landschaftsvisualisierungen in der Raumplanung aufgezeigt. Drittens soll eine Übersicht über die Beurteilung der Landschaftsqualität in der Schweiz gegeben werden. Eine Annäherung an die Beurteilung von Landschaftsqualität soll über die Analyse der emotionalen Reaktion erfolgen. Daher wird abschliessend ein kurzer Abriss über den Forschungsstand der Messung von Emotionen gegeben.

## 2.1 3D-Landschaftsvisualisierungen

Landschaftsvisualisierungen sind, wie Karten oder Pläne auch, eine graphisch-modellhafte Repräsentation der realen Landschaft (LOVETT et al. 2015). In den letzten Jahren haben sich die Aufnahme- und Verarbeitungsformen sowie der Realitätsgrad von 3D-Visualisierungen stark weiterentwickelt (BUHMANN & ERVIN 2003). Dies unter anderem wegen gesteigener Computerrechenleistung und grösseren Speicherkapazitäten. Es gibt verschiedene Möglichkeiten für die Darstellung virtueller, dreidimensionaler Landschaften. Allen gemeinsam ist, dass sie aus den Elementen Topographie, Vegetation, Infrastruktur und Atmosphäre bestehen (WISSEN 2009). GILL & LANGE (2015: 1) zeigen die Entwicklung verschiedener Typen von Landschaftsvisualisierungen auf, von physischen Modellen bis zu den realistischen, virtuellen Realitäten (VR, *engl. virtual reality*). Eine zentrale Schwierigkeit beim Erstellen von Visualisierungen ist dadurch gegeben, diese wie das Original aussehen zu lassen (ERVIN 2001).

### Detailgrad/Realitätsgrad

Je höher der Detailgrad bezüglich Textur und Geometrie in 3D-Visualisierungen ist, desto grösser ist der Aufwand zur Erstellung der Visualisierungen (WISSEN 2009). Es lässt sich daher bezüglich des Realitätsgrades zwischen den zwei Extremformen der abstrakten und der realistischen Visualisierung unterscheiden (LANGE 2005). Besonders den Darstellungen von LiDAR Daten (*engl. point clouds*), welche aus dem «*laser detection and ranging*» Aufnahmeverfahren resultieren, wird ein hoher visueller Realitätsgrad zugeschrieben und gehören somit zu den realistischen Visualisierungen. Der hohe Realitätsgrad kommt aufgrund der Ähnlichkeit der Lichtwellenaufnahme im Vergleich zum Sehprinzip des menschlichen Auges zu Stande (SHEPPARD 2004). Um die spezifischen Landschaftsmerkmale

realistisch wiederzugeben, ist der hohe Detailgrad von einzelnen Objekten und die realistische Textur nötig (LANGE 2001).

### **Perspektive**

Neben dem Detailgrad wird der Massstab in einer Visualisierung in Plan,- Modell- und Weltansicht eingeteilt (WISSEN 2009: 41). Die Weltansicht, oder auch Fussgängerperspektive, ermöglicht eine Sichtweise auf Dinge, wie sie in 2D Karten und Plänen nicht möglich ist (ORLAND et al. 2001). LiDAR wird seit den 1970er Jahren in der Meteorologie eingesetzt (KILLINGER 1983) und seit Mitte 80er Jahren in der Vermessung. Seit 1998 können mit kommerziellen Produkten sowohl von terrestrischen, wie auch von luftgestützten 3D Laserscanner Daten aufgenommen werden (RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEMS GMBH 2016). Somit ist es möglich, die Plan- und die Weltansicht zu kombinieren. Die Verfügbarkeit von solchen hochauflösenden, dreidimensionalen Laserdaten aus der horizontal aufgenommenen Boden- und der orthogonalen Luftperspektive ist heute grossflächig und einfach gewährleistet (RICHTER & DÖLLNER 2014).

### **Verwendungszweck**

Die LiDAR Daten (Abb. 2-1) können entweder direkt visualisiert (SHEPPARD 2004), oder zu polygonalen Daten umgewandelt werden. Abgeleitet aus polygonalen Daten entstehen u.a. Städtemodelle (JOCHEM et al. 2012; KEDZIERSKI & FRYSKOWSKA 2015) sowie topografische Landschafts- und Oberflächenmodelle. Inzwischen haben die LiDAR Daten, bei Anspruch auf hohen visuellen Realitätsgrad, auch in der Landschaftsplanung und Landschaftsarchitektur Eingang gefunden (REKITTKE & NINSALAM 2014), finden aber in der Praxis noch wenig Anwendung



*Abb. 2-1 | Orthogonal aufgenommene LiDAR Daten, eingefärbt mit Orthofoto*

## **2.2 Anwendung von 3D-Visualisierungen in der Raum- und Landschaftsplanung**

Bereits Ende der 90er Jahre schreibt AL-KODMANY (1999) den computermanipulierten Fotografien zu, dass sie den Raumplanungsprozess vereinfachen und die Ideenentwicklung unterstützen. Unter anderem

deshalb etablierten sich die computergestützten Visualisierungen in den letzten Jahren immer mehr zu vielseitig eingesetzten Kommunikationsmittel innerhalb des Raumplanungsprozesses (WERGLES & MUHAR 2009). Auch die Anwendbarkeit in der partizipativen Planung, wie man sie in der Schweiz kennt, sind u.a. von WISSEN (2009) oder RAUTENBACH et al. (2016) analysiert und ausgewertet worden. Kritisch betrachtet, können hochrealistische Darstellung zu einem «Wow-Effekt», anstatt zu einer kritischen Diskussion führen (WERGLES & MUHAR 2009: 172-173). Auch besteht durch den Einsatz von interaktiven, hochrealistischen Landschaftsvisualisierungen die Gefahr, die Balance zwischen Unterhaltung und Informationsvermittlung zu verlieren (MACFARLANE et al. 2005).

### **Dialog fördern**

3D-Visualisierungen unterstützen im partizipativen Planungsprozess den Dialog zwischen Raumplanungslaien und Raumplanungsexperten. Die Visualisierungen können aber auch Konflikte zwischen Pro- und Kontraargumenten aufdecken (LANGE & HEHL-LANGE 2005). Unter anderem sagen WANARAT & NUANWAN (2013), dass 3D-Visualisierungen das Potential besitzen, die Teilnahme der Öffentlichkeit am Raumplanungsprozess zu verbessern. Auch SHEPPARD (2005) meint, dass realistische 3D-Darstellungen die Wahrnehmung von Landschaften verbessern und das Verständnis für räumliche Prozesse unterstützen.

### **Landschaft im Wandel - Zukunft darstellen**

Mit interaktiv manipulierbaren Visualisierungen (SCHROTH 2007) lassen sich verschiedene Szenarien als Varianten darstellen und vergleichen (LANGE & HEHL-LANGE 2005). Szenarien werden als hypothetische Abfolge von Ereignissen verstanden, welche so konstruiert werden, dass der Fokus auf ein bestimmtes Thema gelenkt wird (SHEARER 2005). 3D-Visualisierungen werden so Teil von interaktiven Entscheidungshilfen, welche im Raumentwicklungsprozess eingesetzt werden können (GRÊT-REGAMEY et al. 2013). Das Potential, dynamische Prozesse und Szenarien darzustellen, ist insofern wichtig, als dass sich der Charakter der realen, physischen Landschaft in Zukunft wandeln wird, beispielsweise aufgrund von Zersiedelung (JAEGER et al. 2007) oder verändertem Mobilitätsverhalten (EIDGENÖSSISCHE FORSCHUNGSANSTALT WSL 2010; THÉLIN & ROTH 2010b). Auch ist die Veränderung der Landschaft das Ergebnis und der Ausdruck von dynamischen Interaktionen zwischen natürlichen und kulturellen Kräften (ANTROP 2005).

### **Identifikation mit der Landschaft**

Neben dem Vorteil der Veränderbarkeit, können realistische, virtuelle 3D-Landschaftsvisualisierungen, eine hohe Identifikation mit der gezeigten Landschaft hervorrufen (WISSEN HAYEK 2011). Durch die aktuellen Veränderungen der Landschaft, durch Zunahme der Siedlungsfläche und durch veränderte Bewirtschaftungsformen lässt sich eine tendenzielle Abnahme in der Identifikation der Bewohner mit der Landschaft feststellen. Die Bewohner fühlen sich weniger wohl in ihrer nächsten Umgebung

(ANTROP 2005). Realistische 3D-Landschaftsvisualisierungen lösen spontane emotionale Reaktionen aus und sind daher z.B. gut geeignet, um die Motivation zur Teilnahme am Planungsprozesses zu steigern (WISSEN 2009). 3D-Landschaftsvisualisierungen beziehen den visuell-ästhetischen Aspekt einer Landschaft in die Landschaftsplanung mit ein, wobei dies lange Zeit nicht stattgefunden hat (SCHMID 2001): 220). 2D Karten und Pläne scheinen für den visuell ästhetischen Ansatz zur Landschaftsbewertung weniger geeignet, da es für deren Interpretation Abstraktionsvermögen braucht, welches bei Raumplanungslaien oft nicht vorhanden ist (SCHMID 2001: 221; VON HAAREN 2002).

## 2.3 Visuell-ästhetische Bewertung von Landschaftsveränderungen

### Landschaft und Landschaftsqualität

Den Begriff der Landschaft und der Landschaftswahrnehmung ausführlich zu definieren, würde weit über den Rahmen dieser Arbeit gehen, denn weder in der Wissenschaft, noch in der Alltagssprache herrscht ein Konsens darüber, was Landschaft genau ist und was diese beinhaltet. Den Teil des Begriffs Landschaft, den man sieht, umschreibt DANIEL (2001: 269) als ein limitierter Ausschnitt der Erdoberfläche. Weiter führt der Autor aus, dass Landschaft ein territorialer Ausschnitt darstellt, welcher sich mit dem Auge auf einen Blick als etwas Ganzheitliches wahrnimmt. BACKHAUS (2010) geben mit ihrem transdisziplinären Modell ein mögliches Konzept vor, wie Landschaft und Landschaftswahrnehmung eingeordnet werden kann (Abb. 2-2).

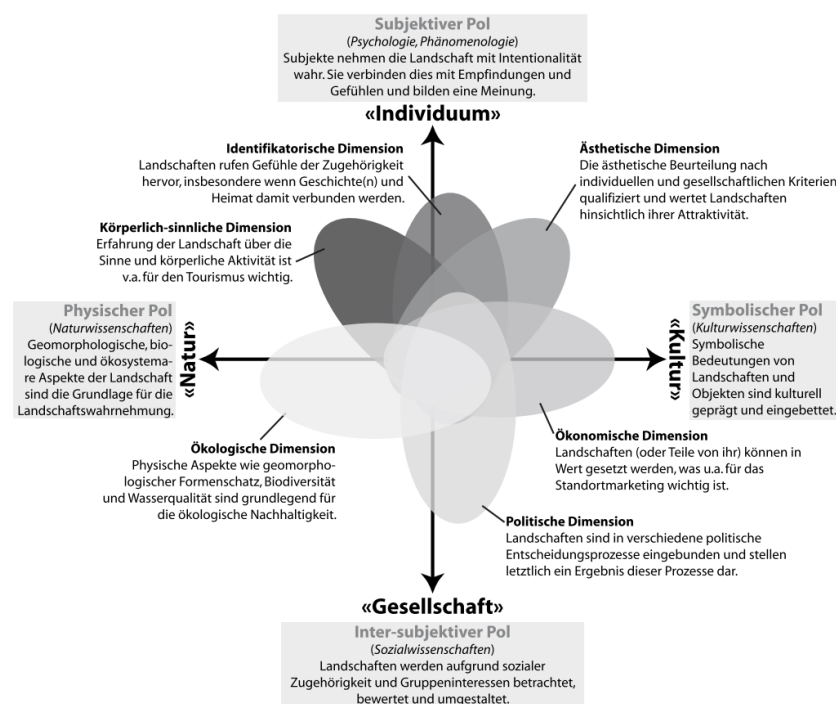


Abb. 2-2 | Ordnungsschema der Landschaftswahrnehmung nach BACKHAUS (2010)

Neben den unterschiedlichen Konzepten der Landschaftswahrnehmung gibt es auch unterschiedliche Methoden zur Bewertung der Landschaft. Die visuell wahrnehmungsbasierte und die parameterbasierte

Bewertung stellen zwei Herangehensweisen zur Bewertung von Landschaftsqualität dar. Beide Methoden akzeptieren, dass sich die Landschaftsqualität einerseits aus der physischen Umwelt und andererseits aus der wahrnehmungsbasierten Bewertung aus Sicht des Betrachters zusammensetzt (DANIEL 2001). MACFARLANE et al. (2005) zeigen zudem die Wichtigkeit auf, Landschaft systematisch zu bewerten, denn es besteht eine stetig wachsende Nachfrage seitens Behörden und Entscheidungsträgern in der Raumplanung nach gut begründeten Informationen über die Erwartungen von Bewohnern an eine zukünftige Landschaft

### **Parameterbasierte Landschaftsbewertung**

Die parameterbasierte Bewertung wird von einer kleinen Anzahl Experten durchgeführt und geschieht nach einem strukturierten, definierten Vorgehen (DANIEL 2001: 272). Biophysische Landschafterscheinungen (z. B. Baum, See), werden in formale Objekte (z. B. Punkte, Flächen, Farben) übersetzt. Diesen werden Beziehungen zueinander (z. B. Eigenart oder Variation) zugeordnet. Die abstrahierten Objekte werden dann in definierte Klassen, z.B. nach Ästhetik eingeordnet (DANIEL 2001, 2001). DUPONT et al. (2015) erwähnen auch, dass Landschaftsveränderungen den visuellen Aspekt der Landschaft beeinflussen und dass dies von den Entscheidungsträgern im Planungsprozess noch zu wenig berücksichtigt wird. Es wird daher von den Autoren gefordert, dass der Aspekt der Landschaftswahrnehmung einer breiten Öffentlichkeit stärker in die Gestaltung der Landschaft miteinfließen soll.

### **Wahrnehmungsbasierte Bewertung**

Es braucht also eine wahrnehmungsbasierte Bewertung der Landschaft. Die wahrnehmungsbasierte Bewertung kann auch durch Nicht-Experten vorgenommen werden und zeigt die bessere Reliabilität als die parameterbasierte Bewertung (DANIEL & VINING 2014). Quantitative Analysen von Landschaftsbewertung, oft mit Hilfe von Fotografien, wurden daher schon relativ häufig durchgeführt (KALTENBORN & BJERKE 2002; HOWLEY et al. 2012; ORENSTEIN et al. 2015). Die Wahrnehmung bei der Bewertung der Ästhetik einer Landschaft ins Zentrum zu stellen, hebt das Individuelle hervor (DANIEL 2001) und spricht somit auch den subjektiven Pol des Ordnungsschemas an (Abb. 2-2). Jedoch lässt sich der visuelle, ästhetische Aspekt einer zukünftigen Landschaft nicht *in-situ* bewerten, da die Landschaft (noch) nicht existiert. Im Rahmen des raumplanerischen Entscheidungsprozesses wird den realitätsnahen Landschaftsvisualisierungen die Funktion der «systematischen Bewertung von Szenarien» zugeordnet (BISHOP 1998; WALZ et al. 2008). Auch SHEPPARD (2001) sagt, dass mit dem empirischen Visualisierungstyp, der sich durch hohen Realitätsgrad auszeichnet, eine qualitative Bewertung der Landschaft gemacht werden kann.



## Landschaftsbewertung in der Schweiz

Den parameterbasierten und den wahrnehmungsbasierten Ansatz zu kombinieren, bietet eine besser fundierte Grundlage für die Entwicklung von Entscheidungen und Strategien im Raum- und Landschaftsentwicklungsprozess (DANIEL 2001: 277). Auch BACKHAUS et al. (2007) führen aus, dass neben Fachleuten und Planungsexperten auch Raumplanungslaien in den Planungsprozess miteingebunden werden müssen, um die Landschaftsqualität zu erhalten und zu verbessern. Diese partizipative Planungskultur verbessert die Kommunikation innerhalb des Planungsprozesses und erhöht die Akzeptanz und somit den Erfolg von Projekten (VON HAAREN 2002). Die Öffentlichkeit in der Schweiz wird mit dem Projekt «Landschaftsbeobachtung Schweiz» (LABES) in die Bewertung der Landschaft miteinbezogen und auf die Wichtigkeit einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung sensibilisiert (THÉLIN & ROTH 2010a). Dazu wurden auf nationaler Ebene in der Schweiz Ziele zur Raumentwicklung im Bericht «Landschaft 2020» von einer Arbeitsgruppe unter der Leitung vom damaligen Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)<sup>1</sup> ausgearbeitet (BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT 2003). Um die Realisierung der Ziele zu überprüfen, hat das Eidgenössische Institut für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) zusammen mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) einen Indikatorkatalog ausgearbeitet. Diese 34 Indikatoren, welche den Rahmen für LABES bilden, sind ein Instrument zur Bewertung der Landschaftsqualität. Die Indikatoren sind aufgeteilt in das international anerkannte DIPSIR-Modell, welches für *Driving forces* (Ursachen / treibende Kräfte), *Pressures* (Druck / Belastungen), *State* (Zustand), *Impact* (Auswirkungen), *Responses* (Massnahmen) steht. Ausser für die Ursachen stehen für alle anderen Komponenten des Modells Indikatoren zur Bewertung zur Verfügung. Im LABES Katalog sind neben den physischen Aspekten der Landschaftsbewertung, soziokulturelle Indikatoren wie beispielsweise Landschaftsauthentizität ebenfalls enthalten. Eine Operationalisierung in Form von Panelumfragen mittels Fragebogen gestaltete sich für diese Art Indikator relativ zeit- und kostenintensiv (THÉLIN & ROTH 2010a). Um identitätsstiftende Landschaften zu erhalten oder zu schaffen, fordert JORGENSEN (2011) deshalb, dass Gefühle und Einstellungen der Bevölkerung bezüglich landschaftlicher Entwicklung systematisch gemessen werden müssen.

### 2.4 Messung der emotionalen Reaktion auf Stimuli

Emotionale Reaktionen auf visuelle Stimuli zu messen, wurde schon in einigen Studien gemacht (DOWNES & LANGE 2015). FABRIKANT et al. (2008) messen in einer Studie die emotionale Resonanz auf unterschiedliche 2D Kartendarstellungen in Form von Veränderungen der elektrodermalen Aktivität. MAEHR et al. (2015) wählen eine ähnliche, psycho-physiologische Herangehensweise für die qualitative Bewertung von Landschaftsentwicklungen, mittels Fotomontagen. Oder ULRICH et al. (1991) ermitteln

---

<sup>1</sup> Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) wurde am 1.1.2006 mit dem Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) zum heutigen Bundesamt für Umwelt (BAFU) zusammengefügt.

mit physiologischen Messungen die Stressreaktion auf natürliche und urbane Umgebung. Physiologische Messmethoden, wie die elektrodermale Aktivität, stellen seit den 70er Jahren eine zunehmend angewandte Vorgehensweisen dar, um die emotionalen Reaktionen zu quantifizieren und qualifizieren (BOUCSEIN 2012).

## Emotion

Um die emotionale Reaktion auf die Stimuli zu messen, ist es notwendig, den Emotionsbegriff kurz zu beschreiben. RUSSELL & BARRETT (1999) zeigen, dass sich eine klare Einordnung und Kategorisierung von Emotionen als schwierig gestaltet, da in der Literatur sehr viele Konzepte zur Klassifizierung von Emotion zu finden sind. Weiter sagen die Autoren, dass kein Konsens darüber herrscht, welches Konzept zur Einordnung von Emotion abschliessend verwendet werden soll und auch nicht darüber, was eine Emotion ist und was nicht. RUSSELL & BARRETT (1999: 806-808) unterscheiden zwischen «prototypical emotional episode» und «core affect». Unter dem ersten Begriff fassen sie alles zusammen, was im gängigen Sprachgebrauch als Emotion zu verstehen ist. Unter dem zweiten Begriff verstehen die Autoren alle grundlegenden, bewusst angesteuerten Gefühle und entsprechende Teilprozesse, welche auf ein Ziel gerichtet sind. Die «core affects» können in zwei unabhängige Dimensionen eingeteilt werden. Die Valenz beschreibt den Grad der Zufriedenheit und die Erregung den Aktivierungsgrad (BRADLEY & LANG 1994). Diese beiden Dimensionen, werden von (RUSSELL & BARRETT 1999) im «*circumplex model of affect*» zusammengeführt (Abb. 2-3).

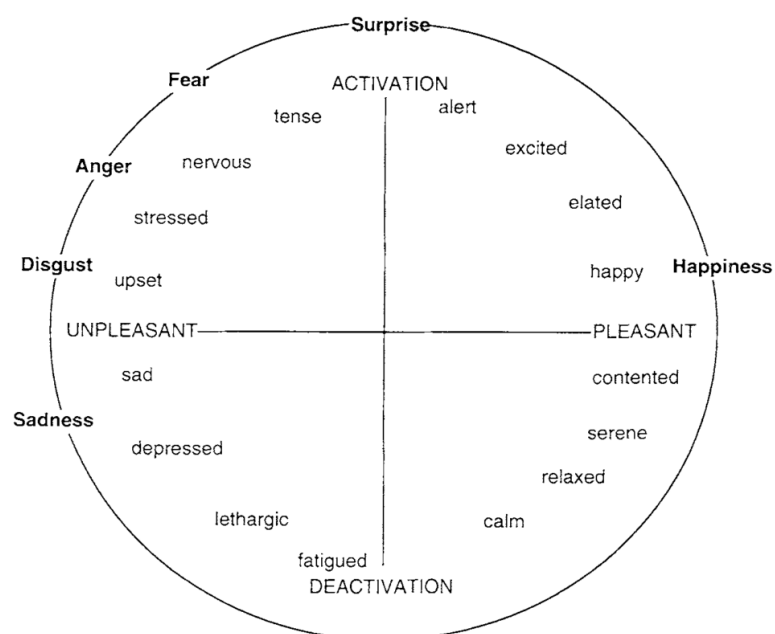


Abb. 2-3 | "Circumplex model of affects" nach POSNER et al. (2005)

Es gibt verschiedene Möglichkeiten den emotionalen Zustand einer Person zu messen, wobei für diese Arbeit folgende zwei Methoden wichtig sind. Einerseits können physiologische Signale wie Herzfrequenz, Hautleitfähigkeit oder Muskelkontraktionen gemessen und die psychologischen Prozesse

daraus abgeleitet werden (LARSEN et al. 2008). Andererseits kann die eigene Wahrnehmung des emotionalen Zustandes durch retrospektive Selbsteinschätzung verbal oder nonverbal ermittelt werden (FELDMANN BARETT 1997).

### Retrospektive Selbsteinschätzung – SAM

Mit der «*Self-Assessment Manikin*» (SAM) Methode lässt sich der Grad der Zufriedenheit, die Erregung und die Dominanz ermitteln (BRADLEY & LANG 1994). Um diese Dimensionen auf gezeigte Stimuli bei Probanden zu erheben, entwickelten die Autoren eine nonverbale, grafische Methode. Die SAM Methode stellt Piktogramm-Reihen für jede der drei Dimensionen mit jeweils fünf Bildern zur Verfügung (Abb. 2-4). Die Probanden schätzen auf einer Skala von 1 – 9 ihre Zufriedenheit und ihre Aktivierung in Bezug auf das Gesehene ein.

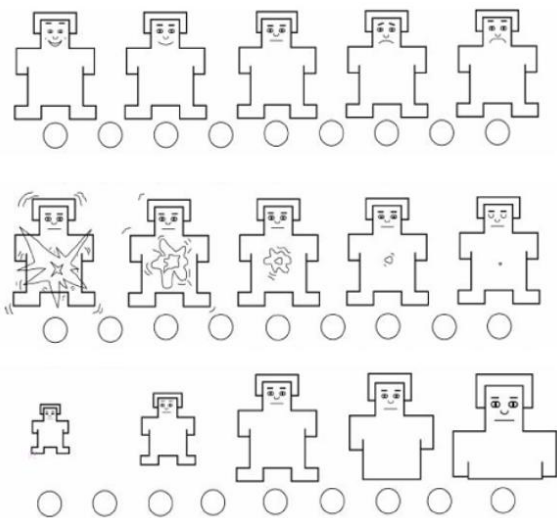


Abb. 2-4 | SAM Bewertungsskala, Valenz (oben), Erregung (Mitte), Dominanz (unten)

### Messung von physiologischen Signalen

Um die Erregung und die Valenz anhand psychophysiologischen Reaktionen zu messen, schlagen NAKASONE et al. (2005) vor die Dimension der Erregung mittels elektrodermaler Aktivität (EDA) und die Dimension der Valenz mit Elektromyografie (EMG) zu messen.

Die EDA wird definiert als eine lokale Veränderung der Hautleitfähigkeit, welche aufgrund eines veränderten Sympatikustonus entsteht. Die Tonusveränderung ist durch das vegetative Nervensystem, unbewusst gesteuert und resultiert in

einer erhöhten Schweißproduktion (BOUCSEIN 2012). Diese Zunahme an Feuchte zeigt sich in einer Zunahme der Hautleitfähigkeit, respektive in einer Abnahme des Hautwiderstandes (CRITCHLEY 2002: 133). Mit der Veränderung der Hautleitfähigkeit steht ein Index für den veränderten, autonom gesteuerten Erregungszustand zur Verfügung (BOUCSEIN 2012). Die EDA besteht aus dem aus dem tonischen Hintergrund, auch «*skin conductance level*» (SCL) bezeichnet und dem schnellwechselnden phasischen Anteil «*skin conductance response*» (SCR) (BRAITHWAITE et al. 2013). Die SCL-Werte variieren zwischen 2-20 Mikrosimens ( $\mu\text{S}$ ), die SCR Amplitude zwischen 0.2-1.0  $\mu\text{S}$  (DAWSON et al. 2007). Als Latenzzeit wird die Zeitspanne zwischen Start des Stimulus und der Veränderung der EDA definiert. Diese liegt typischerweise zwischen 1-3 Sekunden (DAWSON et al. 2007) und muss bei der Analyse entsprechend berücksichtigt werden.

Das Prinzip der EMG basiert auf Messungen der Aktivität von bestimmten Muskeln. LARSEN et al. (2003) zeigen, dass die Aktivität des *Musculus zygomaticus major* bei angenehmen Stimuli grösser ist,

als die Aktivität des *Musculus corrugator supercilii*. Neben weiteren Gesichtsmuskeln schreibt auch VAN BOXTEL (2010) dem *Zygomaticus major* Aktivität auf positive Emotionen und dem *Corrugator supercilii* auf negative Emotionen zu. Diese nicht beeinflussbaren Muskelkontraktionen sind auf emotional gesteuerte Reaktionen zurückzuführen (LAPATKI et al. 2003) und liegen im Bereich zwischen 0.01 und 5 Millivolt (mV)

## 2.5 Forschungslücke

MAEHR et al. (2015) und ULRICH et al. (1991) verwenden unter anderem EDA, um aus dem Erregungsgrad die visuelle Präferenz einer Landschaft mittels Fotografien abzuleiten. MAEHR et al. (2015) schlagen aber vor Videos an Stelle von Bildern als Stimuli für Emotionsmessungen zu verwenden um die visuelle Auswirkung einer Landschaftsveränderung besser zu repräsentieren. Auch MANYOKY et al. (2016) schlagen als Stimuli für empirischen Studien zur Bewertung von Landschaftsveränderungen realistische 3D-Landschaftsvisualisierungen aus der Fußgängerperspektive vor, welche mit Umweltgeräuschen hinterlegt wurden. LINDQUIST et al. (2016) untersuchten die Wahrnehmung von akustisch-visuellen, aber statischen Landschaftsvisualisierungen. Die Autoren sehen aber ebenfalls noch weiteren Forschungsbedarf in der Frage nach der unterschiedlichen Wahrnehmung auf bewegte Visualisierungen und bei der Frage nach dem Einfluss auf die Wahrnehmung zwischen verschiedenen Benutzercharakteristiken. WISSEN (2009) zeigt diesbezüglich, dass raumplanerisches Fachwissen und die praktische Erfahrung mit natur- und umweltbezogenen Fragestellungen die verbale Reaktion auf unterschiedliche Visualisierungstypen beeinflussen können. Auch MACFARLANE et al. (2005) argumentieren, dass eine Bildinterpretation von Landschaftsszenarios immer abhängig vom Vorwissen des Betrachters ist. Jedoch wurde in beiden Fällen keine emotionale Reaktion gemessen. Auch ist unklar, in wie fern die Betrachter von 3D-Landschaftsvisualisierungen auf den Inhalt oder auf die Qualität der Visualisierung reagieren (SHEPPARD 2001). APPLETON & LOVETT (2003) untersuchten durch Befragung die Wahrnehmung und Präferenz von verschiedenen Elementen innerhalb 3D-Landschaftsvisualisierungen. Sehen jedoch noch Forschungsbedarf dies mit Landschaftsveränderungen zu untersuchen. LOVETT et al. (2015) zeigen auf, dass verschiedene Herausforderungen mit 3D-Landschaftsvisualisierungen, wie beispielsweise die Landschaftsbewertung angegangen werden können. Sie sagen aber auch, dass folglich aber die Effektivität dieser Modelle zuerst besser verstanden werden muss. Messungen der emotionalen Reaktion auf landschaftliche Veränderungen dargestellt in 3D-Visualisierungen, kann ebenfalls ein Beitrag sein, um ein besseres Verständnis der Effektivität und der Wirkung von 3D-Visualisierungen zu erhalten.

Emotionen auf visuell-akustische 3D-Siedlungsentwicklungen physiologisch zu messen und in Verbindung zum Raumplanungsfachwissen des Probanden und zur subjektiven Landschaftsbewertung zu setzen, stellt also eine Forschungslücke dar. Dies führt zu folgenden Forschungsfragen:

1. Inwiefern hängt die subjektive Bewertung der visualisierten Siedlungsentwicklungsstadien mit den gemessenen emotionalen Reaktionen zusammen?

2. Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem raumplanerischen Fachwissen der Probanden und der emotionalen Reaktion auf die dargestellte Siedlungsentwicklung?

3. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Einstellung der Probanden gegenüber Siedlungsentwicklung und der emotionalen Reaktion auf die 3D-Darstellungen?

4. Welche Unterschiede bestehen zwischen der emotionalen Reaktion beim Betrachten der Siedlungsentwicklung im Hintergrund der Visualisierung und der emotionalen Reaktion auf die Siedlungsentwicklung im Vordergrund der Visualisierung?

### **Hypothesen**

1. Je ästhetischer die Landschaft in den 3D-Visualisierung bewertet wird, desto positiver wird die gemessenen Reaktionen ausfallen.

2. Die Erregung auf die Siedlungsentwicklung ist bei Raumplanungsexperten geringer als die Erregungswerte der Raumplanungslaien.

3. Personen, welche sich in dichter städtischer Umgebung wohlfühlen, reagieren weniger stark und positiver auf die Visualisierungen der Siedlungsentwicklungen als Personen die weniger dicht bebaute, ländlicher Umgebung bevorzugen.

4. In dem Moment, in welchem eine Veränderung in den Visualisierungen, bezogen auf den vorgängig gezeigten Stimulus wahrgenommen wird, ist die emotionale Reaktion am stärksten. Auf die Veränderungen im Vordergrund wird emotionaler reagiert als auf die Veränderungen im Hintergrund der 3D-Visualisierungen.

# 3 Methoden

Nach einer kurzen Übersicht über das Forschungsdesign werden die einzelnen Arbeitsschritte zur Erstellung der Stimuli erläutert. Zudem werden der Experimentaufbau und der Ablauf beschrieben sowie das Vorgehen bei der Datenauswertung erläutert.

## 3.1 Studiendesign

Um zu überprüfen, ob ein Ereignis A wirklich zu einem Ereignis B führt, variiert man planmäßig eine Variable und misst deren Ausprägungsgrad (PsychSoz, 2011). Daher orientiert sich der methodische Aufbau sowie der Ablauf der Arbeit an drei Variablen.

1. Die unabhängige Variable bilden die im ersten Teil der Arbeit erstellten 3D-Landschaftsvisualisierungen. Die Variable besteht aus den unterschiedlichen Siedlungsstadien, welche mit Hilfe eines Szenarioansatz hergeleitet wurden.
2. Die Einstellung gegenüber Siedlungsentwicklung und das Raumplanungsfachwissen bildet die Moderatorvariable, welche mit einem online Fragebogen ermittelt wurde.
3. Die abhängige Variable stellt die gemessene emotionale Reaktion dar, welche auf die Veränderung im Visualisierungsinhalt erfolgt.

### 3.1.1 Unabhängige Variable:

Die planmässig variierte, unabhängige Variable wird durch die unterschiedlichen Bildinhalte der Visualisierungen definiert. Der Inhalt der Visualisierung soll über drei Zeitschritte innerhalb des Szenarios verändert werden. Sonstige Einflussfaktoren und potentiellen Störvariablen, wie Lichtverhältnisse, Experimentumgebung, Interaktion und Atmosphäre sollen möglichst konstant gehalten werden (PsychSoz, 2011).

Zur Erstellung dieser Bildstimuli waren zwei Schritte notwendig. In einem ersten Schritt wurde die aktuelle raumplanerische Situation des Studiengebietes analysiert und zwei zukünftige potentielle Siedlungsentwicklungen in Form eines Szenarios definiert. In einem zweiten Schritt wurden drei Visualisierungen des Studiengebietes erstellt. Die erste zeigt den aktuellen Zustand der Landschaft und der Siedlungen. Die zweite und dritte Visualisierung wurden mit den möglichen zukünftigen Siedlungsentwicklungen ergänzt. Das Ergebnis bilden drei rund ein-minütige Videos eines virtuellen Landschaftsspazierganges.

### 3.1.2 Moderatorvariable

Unter Moderatorvariable (PsychSoz, 2011), oder auch Kontrollvariable genannt (MARTIN 2008), werden Bedingungen und Umstände verstanden, welche das Ursache-Wirkungsgefüge oder die

Beziehung abhängige – unabhängige Variable beeinflussen. Im Rahmen dieser Arbeit soll die Moderatorvariable dazu dienen, die Haltung gegenüber Siedlungs- und Landschaftsentwicklung einerseits, sowie das raumplanerische Fachwissen andererseits, zu operationalisieren. Das Fachwissen und die Siedlungsaffinität werden als Variablen beibehalten, da die emotionale Reaktion auf Visualisierungen von Landschaftsszenarien durch das Vorwissen und die Expertise beeinflusst sein könnte. Durch den Miteinbezug dieser Einflussgrösse lässt sich ein Ergebnis generalisieren (MARTIN 2008) und ein Bezug zur abhängigen Variable herstellen. Als Methode zur Ermittlung des Raumplanungsfachwissens und der Siedlungsaffinität wird ein Pretest in Form eines online Fragebogens eingesetzt. Auf Grund dieses Fragebogens werden die Probanden für das Experiment ausgewählt.

### 3.1.3 Abhängige Variable

Eine abhängige Variable beschreibt die zu messende Auswirkung, in Abhängigkeit der unabhängigen Variable und der Moderatorvariable. In dieser Arbeit wird die abhängige Variable mittels der elektrodermalen Aktivität und der Elektromyografie gemessen. Die so ermittelte emotionale Reaktion soll in Abhängigkeit zu den gezeigten Bildstimuli gestellt werden.

Die Stimuli werden allen Probanden gezeigt, was einem «*within subject design*» entspricht (MARTIN 2008). Um möglichst viele Störfaktoren zu reduzieren, werden die Stimuli den Probanden unter Laborbedingungen vorgeführt. Als Ergebnis werden Veränderungen der Emotionen in Abhängigkeit der Bildstimuli und in Abhängigkeit der Moderatorvariable erwartet.

## 3.2 Stimuli – Die unabhängige Variable

Dieses Kapitel behandelt den ganzen Arbeitsablauf zur Erstellung der unabhängigen Variable, den Stimuli. Neben dem Beschrieb des Studiengbietes wird eine Analyse der aktuellen raumplanerischen Situation vorgenommen. Auf dieser Basis werden die zukünftigen Entwicklungen der Siedlung in einem Szenario erstellt und schliesslich als virtuelle 3D-Landschaftsspaziergänge präsentiert.

### 3.2.1 Studiengbiet

Das Studiengbiet umfasst die politischen Gemeinden Erlinsbach (AG) und Erlinsbach (SO) (Tab. 1).

Tab. 1 | Gemeinden im Studiengbiet

	Erlinsbach (AG)	Erlinsbach (SO)
Einwohnerzahl <sup>2</sup>	3'974	3'341
Fläche <sup>2</sup>	9.87km <sup>2</sup>	8.87km <sup>2</sup>
Ø m.ü.M Gemeindegebiet	420 m.ü.M	401 <sup>3</sup> m.ü.M
Landschaftstypologie <sup>4</sup>	Norden: Hügellandschaft des Faltenjuras	Norden: Hügellandschaft des Faltenjuras

<sup>2</sup> BUNDESAMT FÜR STATISTIK (2016b)

<sup>3</sup> [http://www.erlinsbach-so.ch/xml\\_3/internet/de/application/d172/f184.cfm](http://www.erlinsbach-so.ch/xml_3/internet/de/application/d172/f184.cfm) (letzter Zugriff: 01.04.2017)

<sup>4</sup> BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG ARE (2014) *Landschaftstypologie Schweiz*

	Süden: Futterbaugeprägte Hügellandschaft des Mittellandes	Süden: Futterbaugeprägte Hügellandschaft des Mittellandes
Gemeindetypologie <sup>5</sup>	periurbanen Gemeinde nicht- metropolitaner Regionen	periurbanen Gemeinde nicht- metropolitaner Regionen

Der Erzbach durchfliesst beide Gemeinden und bildet zugleich auch die Kantonsgrenze. Erlinsbach (AG) wird nördlich sowie nordöstlich durch auslaufende Jurahöhen begrenzt, Erlinsbach (SO) nördlich sowie nordwestlich. Obwohl die beiden Gemeinden durch eine Kantonsgrenze getrennt werden, findet eine enge Zusammenarbeit statt, beispielsweise im Schul- oder Entsorgungswesen<sup>6</sup>. Für eine Dorfentwicklung bleibt aus topografischer Sicht die Achse NNW – SSO entlang des Erzbaches. Für die Visualisierung der Raumplanungsentwicklung wurde der nördliche Dorfrand beider Gemeinden im Viereck Eymatt-Eggrebe-Hintererzberg-Bläde ausgewählt (Abb. 3-1). Dieses Gebiet deckt einen Perimeter von ca. 0.6km<sup>2</sup> ab. Das Gebiet um die zwei Gemeinden eignet sich aus folgenden Gründen gut für die Landschaftsvisualisierung von Siedlungsentwicklung:

- Topografisch bedingter «Talkessel», welcher mit einer geringen Anzahl Laserscanner-Standorten erfasst werden kann.
- Siedlungsentwicklungspotential ist durch vorhandene Reservezonen und Baulücken gegeben.
- Beide Gemeinden sind gemäss BfS den «periurbanen Gemeinde nicht-metropolitaner Regionen» zuzuordnen und eignen sich daher als Stellvertreter für viele Schweizer Mittelland Gemeinden.

<sup>5</sup> BUNDESAMT FÜR STATISTIK (2016b)

<sup>6</sup> Gemeinsamer Webauftritt: [http://www.erlinsbach.ch/xml\\_1/internet/de/application/d240/f247.cfm](http://www.erlinsbach.ch/xml_1/internet/de/application/d240/f247.cfm) (letzter Zugriff: 01.04.2017)



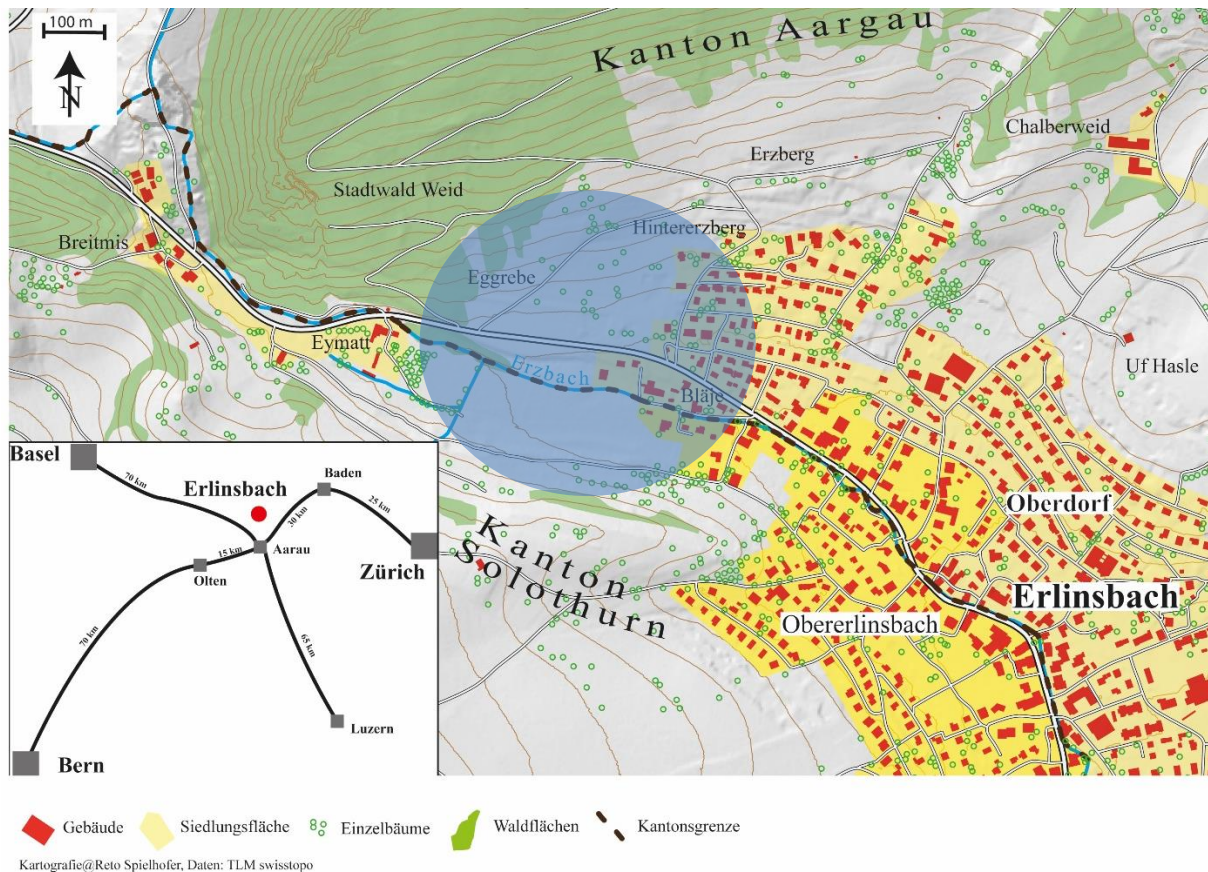


Abb. 3-1 | Übersichtskarte Studiengebiet<sup>7</sup>

### 3.2.2 Entwicklung des Siedlungsszenarios

Um zukünftige Szenarien der Siedlungs- und Landschaftsentwicklung zu generieren, wurde zuerst der Szenarioansatz nach (KOSOW et al. 2008) als Methode eingeführt. Danach war es nötig, die aktuelle Situation im Studiengebiet auf drei Ebenen genauer zu betrachten. Erstens sollte eine quantitative Aufnahme der räumlichen Struktur und der Bevölkerungsstruktur und zweitens eine Übersicht über die momentane raumplanerische Situation erstellt werden. Drittens wurde mit Hilfe der vom Bundesamt für Statistik (BFS) zur Verfügung gestellten Bevölkerungsentwicklungsszenarien der zukünftige Wohnflächenverbrauch abgeschätzt. Am Ende resultieren Inputparameter, wie die zwei zukünftigen Siedlungsstände VIS2025 und VIS2050 das aktuelle Siedlungsbild weiterentwickeln. Die eigentliche Visualisierung dieser Entwicklung wird dann in Kapitel 3.2.3.3 erläutert.

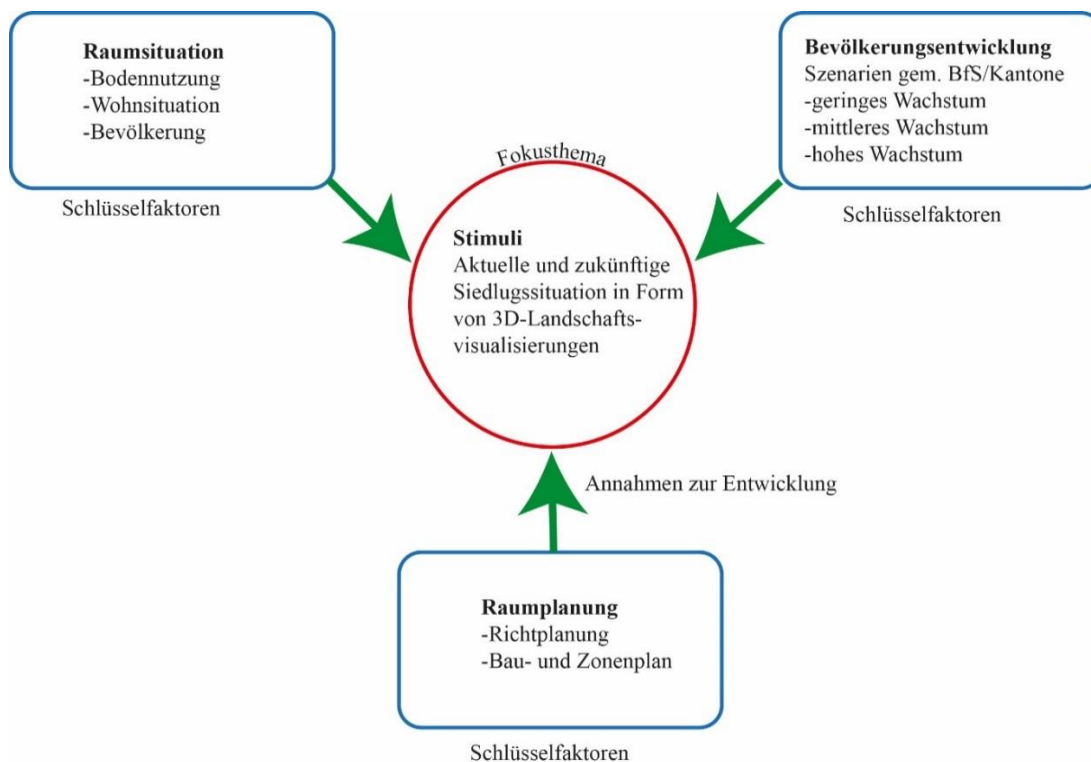
#### 3.2.2.1 Konzept Szenarioansatz

Ein Szenarioansatz eignet sich insofern gut für die Entwicklung von zukünftigen Siedlungsständen, als das nicht der Anspruch auf absolute Prognosegewissheit besteht, sondern vielmehr eine Bandbreite von Möglichkeiten aufgezeigt werden kann (KOSOW et al. 2008). Die Betrachter werden auf ihre emotionale

<sup>7</sup> Eigene Darstellung, Grundlagedaten swissTLM3D© 2016 swisstopo (JD100042)

Reaktion auf die Frage «Was wäre wenn?», untersucht. Zur Anwendung des Szenario Ansatzes können folgende vier Aussagen gemacht werden:

1. Die Wirklichkeit wird durch ein Fokusthema eingegrenzt (KOSOW et al. 2008)
2. Der Fokus entsteht durch die unterschiedliche Kombination von Schlüsselfaktoren innerhalb eines Wirkungsgefüges über einen bestimmten Zeithorizont (KOSOW et al. 2008).
3. Jedem Szenario liegen Annahmen zu Grunde wie sich die Schlüsselfaktoren in Zukunft entwickeln oder ob diese konstant bleiben (UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME 2002).
4. Die Szenarien geben Informationen unter vorgegebenen Rahmenbedingungen ab (SHEARER 2005).



**Abb. 3-2** | Für die Visualisierungen angepasster Szenarioansatz «SZENVIS»

Um den Szenarioansatz für die vorliegende Arbeit anzuwenden, wurde dieser in das «SZENVIS» Modell umgesetzt (Abb. 3-2)<sup>8</sup>. Dieses Modell diente dazu, die Aussagen bezüglich dem Szenarioansatz auf die Datengrundlage des Studiengebietes anzuwenden. Dadurch sollten jene Aspekte der Raum- und Landschaftsentwicklung definiert werden, welche in einer 3D-Landschaftsvisualisierungen direkt sichtbar werden. Das Modell definierte das weitere methodische Vorgehen.

*Zur ersten Aussage: Der Fokus in den Szenarien soll auf Siedlungsentwicklung gelegt werden. Dieses definiert den Inhalt der 3D-Landschaftsvisualisierungen*

<sup>8</sup> Eigene Darstellung 08.01.2017

Zur zweiten Aussage: *Im Modul blau sollen die aktuelle Raumsituation, die aktuelle raumplanerische Situation und die Bevölkerungsentwicklungsszenarien als Schlüsselfaktoren im Wirkungsgefüge «Siedlungsentwicklung» analysiert werden. Diese Analyse bildet die Datengrundlage der Szenarien*

Zur dritten Aussage: *Im Modul grün sollen Annahmen über die Entwicklung der Schlüsselfaktoren, über den Zeitraum 2017 – 2050, getroffen werden.*

### **3.2.2.2 Modul blau - Schlüsselfaktoren**

#### **a) Raumsituation<sup>9</sup>**

Allgemein lässt sich sagen, dass sich die beiden Gemeinden in Bezug auf die Bodennutzung und Bevölkerungszuwachs recht ähnlich sind.

Im Siedlungsflächenverbrauch liegen die zwei Gemeinden über dem Schweizer Durchschnitt, da insbesondere die Gebäudearealanteile an der Gemeindefläche deutlich höher sind. Der Wohnflächenverbrauch pro Person liegt in beiden Gemeinden um die 260m<sup>2</sup>, was rund 7% höher ist als der Schweizer Durchschnitt (248m<sup>2</sup>). Der grössere Siedlungsflächenverbrauch lässt sich nur bedingt mit der gestiegenen Einwohnerzahl in Verbindung setzen, denn diese ist nicht wesentlich stärker gestiegen als im gesamt Schweizer Vergleich (+4.7%). Ein Grund könnte aber sein, dass die beiden Gemeinden einen wesentlich höheren Anteil an Einfamilienhäusern haben als der Schweizer Durchschnitt, was den Wohnflächenverbrauch stärker ansteigen lässt. Der Anteil an Einfamilienhäusern ist in Erlinsbach (AG) in den Jahren 2006 – 2015 leicht gestiegen. Im Gegensatz dazu gab es in Erlinsbach (SO) einen leichten Rückgang der Einfamilienhausquote. Im Jahr 2015 standen in Erlinsbach (AG) weniger Wohnungen leer, als in Erlinsbach (SO). Bei den 3-4 Zimmerwohnungen lässt sich sagen, dass beide Gemeinden 2015 weniger Wohnungen als 2006 ausweisen, im nationalen Vergleich gab es hingegen einen deutlichen Zuwachs dieses Wohnungstyps. Die Mietpreise sind in Erlinsbach (SO) etwas stärker gestiegen als im Rest der Schweiz und in Erlinsbach (AG).

---

<sup>9</sup> Die entsprechenden Daten und Datenquellen können als tabellarische Übersicht dem Anhang 8.1 entnommen werden

## b) Raumplanung

Um konkrete Bauvorschriften und Zonen für die Visualisierung der Siedlungsentwicklung einzuhalten, wurden die Zonenpläne und Bauordnungen beider Gemeinden berücksichtigt. Für die Gemeinde Erlinsbach (AG) kam für die Darstellung der Dorfrandüberbauung lediglich der Dorfrand bei «Blaje» in Frage (Abb. 3-3, Ziff. I). Die Baulücken betreffen die Wohnzone W2 und konnte in den Entwicklungsständen überbaut werden. In der Zone W2 dürfen aktuell Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser sowie Terrassenhäuser erstellt werden. Die minimale Ausnützungsziffer beträgt 0.25, die maximal zulässige Gebäudehöhe bis First 10m, der minimale Grenzabstand 4m (GEMEINDE ERLINSBACH AARGAU 2007a). Aufgrund der kantonalen Richtplanung, welche einerseits keine Siedlungsflächenerweiterung und den Schutz von Landwirtschaftsland und Obstbäumen vorsieht, ist nicht davon auszugehen, dass sich diese Zone in den nächsten 35 Jahren westwärts ausdehnt.

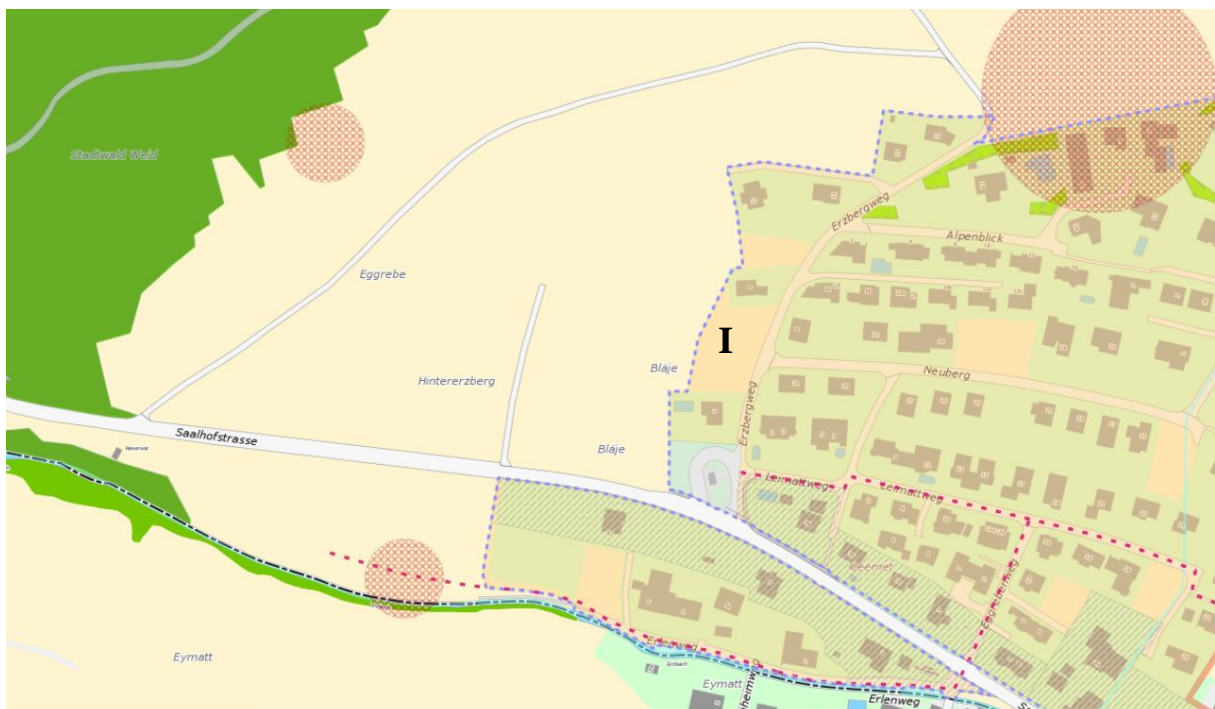


Abb. 3-3 | Zonenplan Erlinsbach (AG) (GEMEINDE ERLINSBACH AARGAU 2007b)

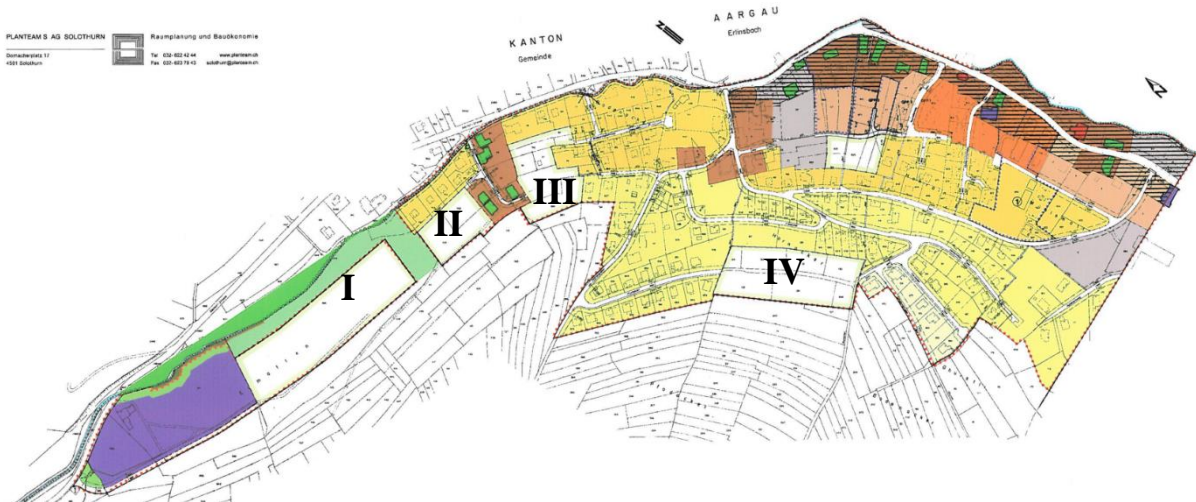


Abb. 3-4 | Zonenplan Erlinsbach (SO) (GEMEINDE ERLINSBACH SOLOTHURN 2000)

In der Gemeinde Erlinsbach (SO) (Abb. 3-4) gibt es gleich drei Gebiete, welche gemäss Zonenplan in der Reservezone liegen und somit Entwicklungspotential haben. «Ematten» (Abb. 3-4, Ziff. I), südlich des Erzbaches, ist eine gut 100m lange und 30m breite Bauzone, welche nördlich durch einen Grüngürtel und den Erzbach abgetrennt wird. Nur einige Meter weiter südöstlich befindet sich eine etwas kleinere Zone (Abb. 3-4, Ziff. II), welche nördlich durch bestehende Einfamilienhäuser begrenzt wird. Noch weiter südöstlich liegt eine Baulücke welche von allen Seiten, ausser der Südwestseite, durch bestehende Bauten begrenzt ist. Die vierte Zone befindet sich am Hang unterhalb des «Pfadacker» (Abb. 3-4, Ziff. IV). Dieses 70m x 40m grosse Gebiet wird westlich, nördlich und östlich von bestehenden Siedlungen abgegrenzt. Nur im Süden, den Hang aufwärts, grenzt Landwirtschaftszone. Für die Szenarien der Siedlungsentwicklung werden also insgesamt fünf Zonen verwendet, welche überbaut werden dürfen.

### c) Bevölkerungsentwicklung

Das Bundesamt für Statistik (BFS) berechnet jährlich drei Bevölkerungsentwicklungsszenarien (BUNDESAMT FÜR STATISTIK 2016a).

- Das Referenzszenario (A-00-2015) schreibt die Entwicklungen der letzten Jahre fort.
- Das hohe Szenario (B-00-2015) beruht auf einer Kombination von Hypothesen, die das Bevölkerungswachstum begünstigen
- Das tiefe Szenario (C-00-2015) Hypothesen kombiniert, die dem Bevölkerungswachstum weniger förderlich sind

Aus der nationalen Bevölkerungsprognose liess sich erkennen, dass der Kanton Aargau im Vergleich zum Schweizer Durchschnitt in allen Szenarien stärker wächst. Hingegen erfährt der Kanton Solothurn eine geringere Bevölkerungszunahme (Tab. 2).

**Tab. 2** | Bevölkerungsentwicklung bis 2045

Szenario	Aargau		Solothurn		Schweiz	
	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut
A-00-2015	27.7%	181 452	19.7%	52 406	22%	1 836 619
B-00-2015	37.1%	243 092	27.8%	74 071	32.1%	2 679 641
C-00-2015	18.7%	122 424	11.6%	30 914	12.3%	1 026 041

Rechnet man nun die aktuellen Einwohnerzahlen der Gemeinden (s. Anhang 8.1) mit den in Tab. 2 relativen Wachstumsprognosen in das Jahr 2045, ergeben sich folgende Einwohnerzahlen (Tab. 3).

**Tab. 3** | Berechnete Bevölkerung für das Studiengebiet, auf Basis der BfS Szenarien

Szenario	Erlinsbach (AG)		Erlinsbach (SO)	
	relativ	absolut	relativ	absolut
A-00-2015	27.7%	5073	19.7%	4000
B-00-2015	37.1%	5447	27.8%	4269
C-00-2015	18.7%	4715	11.6%	3728

Eine Anfrage bei den kantonalen Ämtern für Raumplanung Aargau und Solothurn ergab für Erlinsbach (AG) sehr ähnliche Werte. Für Erlinsbach (SO) wurden vom Kanton jedoch sehr viel höhere Einwohnerzahlen prognostiziert. In Erlinsbach (AG) werden gemäss kantonaler Prognose im Jahr 2040 rund 5430 Personen leben. Für Erlinsbach (SO) sieht die kantonale Prognose 5217 Personen vor. Bis ins Jahr 2040 muss also mit rund 2000-3000 Einwohnern mehr im Studiengebiet gerechnet werden. Ob man nun die kantonalen oder die BfS Prognosen nimmt, in den nächsten 20 Jahren ist Bedarf an 800 bis 1300 neuer Wohnungen im Studiengebiet vorhanden. Dies unter der Annahme, dass die Anzahl Personen pro Haushalt aus dem Jahre 2014 mit 2.3 konstant bleibt.

### 3.2.2.3 Modul grün - getroffene Annahmen zur Umsetzung

Auf Grundlage der kommunalen Planungsebene wurden im folgenden einige Annahmen getroffen, welche zur Entwicklung der eigentlichen Visualisierungen der zukünftigen Siedlungen nötig waren.

#### VIS2025

Für die potentielle Siedlungsentwicklung VIS2025 wurden die Vorschriften der aktuellen Bauzonenordnung der jeweiligen Gemeinden befolgt (Abb. 3-3; Abb. 3-4).

- Auffüllen von Baulücken, keine Einzonung von Reservezonen
- Gleiche Dichte und Baumasse wie in der aktuellen Zonenordnung
- Keine spezielle Anlehnung an bestehende Gebäudetypologie

Tab. 4 | Input für generische 3D Häusermodelle VIS2025

Parameter	AG I	SO I	SO II	SO III
Dachform	Flach	Flach	Flach	Flach
Typ	EFH freistehend	MFH	MFH	MFH
Geschosszahl	2	2	2	2
Höhe max. [m]	7	7.5	7.5	7.5
Grünflächenziff.	50%	40%	40%	40%
Firsthöhe [m]	10	8	8	8
Ausnutzungsziff.	0.25 – 0.5	0.4	0.4	0.4

### VIS2050

Die potentielle Siedlungsentwicklung VIS2050 gestaltete sich etwas schwieriger, da bis dahin neue Bauzonen dazu kommen könnten. Unter der Berücksichtigung des Richtplans war diese Annahme aber eher unwahrscheinlich, jedoch nicht auszuschliessen, wenn man den Platzbedarf bis in 20 Jahren betrachtet. Weiter könnten die Richtlinien in der Zonenordnung angepasst werden. Da sowohl der Bund im Raumplanungsgesetz (RPG), wie auch die Richtpläne der Kantone tendenziell die Strategie der Verdichtung verfolgen, war anzunehmen, dass es auch in den Zonenvorschriften bezüglich der Gebäudehöhe und der maximal zulässigen Ausnutzung in Zukunft Anpassungen geben wird.

- Einzonung der Reservezone Erlinsbach (SO)
- Erhöhung der Bau- und Dichtemasse
- Keine spezielle Anlehnung an bestehende Gebäudetypologie

Tab. 5 | Input für generische 3D Häusermodelle VIS2050

Parameter	AG I	SO I	SO II	SO III
Dachform	Flach	Flach	Flach	Flach
Typ	EFH freistehend	MFH	MFH	MFH
Geschosszahl	2	3	3	3
Höhe max. [m]	7	10	10	10
Grünflächenziff.	50%	40%	40%	40%
Firsthöhe [m]	10	9	9	9
Ausnutzungsziff.	0.25 – 0.5	0.7	0.7	0.7

Die Grundlagen aus Tab. 4 und Tab. 5 bildeten die Inputparameter für die generischen Häusermodelle, welche in Kapitel 3.2.3.3 erstellt und in die virtuelle 3D-Landschaftsvisualisierung des aktuellen Zustandes eingefügt wurden.

### 3.2.3 Von LiDAR Daten zu 3D-Visualisierungen des Szenarios

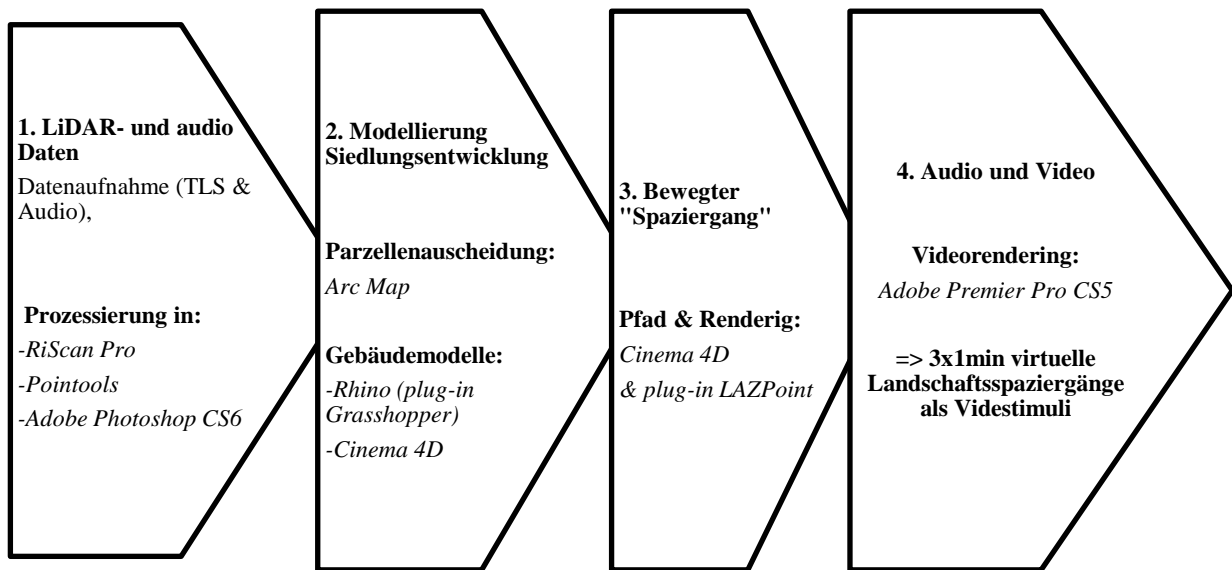


Abb. 3-5 | Übersicht der Arbeitsschritte, Softwarepakete (kursiv)

Der Arbeitsablauf zur Erstellung der Stimuli enthielt vier Arbeitsschritte (Abb. 3-5). In einem ersten Schritt wurden die Daten aufgenommen und prozessiert. Zweitens wurden die neuen Gebäude für die Darstellung der zukünftigen Siedlungsentwicklung erstellt. In einem dritten Schritt wurden die neuen Gebäude in das bestehende Landschaftsmodell integriert und ein Pfad für die Kamerafahrt definiert. Schliesslich wurden im vierten Schritt die Videos mit den Audiodateien kombiniert und gerendert. So entstanden drei rund ein-minütige Landschaftsspaziergänge als Videos, welche den Probanden als Stimuli vorgeführt werden konnten. Nachfolgend werden die Vorbereitung, die Datenaufnahme und die Arbeitsschritte im Detail erläutert.

#### 3.2.3.1 Vorbereitende Arbeiten

In diesem Abschnitt geht es darum, welchen Charakter die Visualisierungen haben sollten und wie der Arbeitsablauf zur Erstellung dieser aussah. LOVETT et al. (2015) geben dafür einen Konzeptrahmen vor. In diesem werden zwischen den drei Phasen - Planung, Inhalt und Präsentation - unterschieden. Mit Hilfe dieses Konzepts werden die zu erstellenden Landschaftsvisualisierungen definiert.

##### Planungsphase

- Visualisierungszweck  
*Drei unterschiedliche Visualisierungsinhalte, in Form von Landschafts- und Siedlungsveränderungen, sollen als audiovisuelle Stimuli für die Messung von emotionalen Reaktion dienen.*
- Zielgruppe



*Anhand eines online Fragebogens ausgewählte Probanden, teilweise mit und teilweise ohne planerisches Hintergrundwissen. Die Betrachtung der Landschaftsvisualisierungen soll unter Laborbedingungen stattfinden.*

- Ressourcen

*Zur Erstellung bleiben rund 12 Wochen Zeit, wobei auf verschiedene Softwarepakete zurückgegriffen werden kann.*

#### *Inhalt*

- Eigenschaften der Visualisierung

*Die Visualisierung soll ein Landschaftsspaziergang auf Augenhöhe sein, wobei die Landschaftsentwicklungsszenarien nacheinander betrachtet werden.*

- Realitätsgrad

*Die Landschaft sollte möglichst realitätsnah visualisiert werden. Die Landschaftsentwicklungsszenarien sollten valide und nachvollziehbar sein.*

- Daten

*Es ist zu prüfen, welche Daten selber aufgenommen werden müssen und welche über Dritte bezogen werden können.*

#### *Präsentation*

- Interaktivität

*Auf Interaktivität wird bewusst verzichtet, da die Interaktivität eine weitere Variable im Experimentaufbau darstellt. Die emotionale Reaktion soll lediglich vom sich ändernden Landschafts- und Siedlungsbild abhängen.*

- Darstellungsform

*Landschaftsspaziergang als Videos auf eine Grossleinwand projiziert. Für den Ort charakteristische Umgebungsgeräusche sollen die Szene untermalen.*

- Publikum

*Eine Testperson und der Studienleiter betrachten die Szene alleine.*

- Infrastruktur

*«3D cave» des Geographischen Instituts der Universität Zürich*

Allgemein müssen vor dem eigentlichen Visualisierungsbeginn einige Entscheide getroffen werden, die die Grösse des Visualisierungsgebiets, die Tages- und Jahreszeit sowie den Realitäts- und Detailgrad betreffen. MACFARLANE et al. (2005) definieren diese Entscheide wie unten aufgeführt. Angefügt sind auch die für die Arbeit getroffenen Entscheide.

- Geografische Eingrenzung des Visualisierungsgebiets  
*Das Ganze zu visualisierende Gebiet ist rund 4km<sup>2</sup> gross, der eigentliche Landschaftsspaziergang ist rund 70 Meter lang.*
- Farbe und Licht entsprechend der Tages- und Jahreszeit  
*Entsprechend dem Aufnahmezeitraum der Daten von Ende Juli 2016 sollen die Farben und die Lichtverhältnisse einem Sommertag in der Schweiz um die Mittagszeit ähnlich eingestellt werden. Die Wetterverhältnisse sollten «leicht bewölkt» gestaltet sein, um dem Himmel etwas Textur zu verleihen.*
- Texturen  
*Die Texturen sollen möglichst realitätsnah und natürlich nachgebildet werden.*
- Detailgrad  
*Es muss ein Optimum zwischen einer gut prozessierbaren Datenmenge und einem möglichst hohen Realitätsgrad gefunden werden.*

### **Wahl der Perspektive und der Visualisierungsart**

Für das folgende Projekt, in welchem der Inhalt der Visualisierungen schlussendlich eine emotionale Reaktion beim Betrachter hervorrufen soll, wurde auf die uns vertraute Fussgängerperspektive zurückgegriffen (s. Kapitel 2.1). Der Betrachter soll mit einer ihm möglichst vertrauten Sichtweise durch das Gelände geführt werden und die Szenarien begutachten. Dieser Landschaftsspaziergang ist bewegt, daher kann die Visualisierung daher nicht mit statischen Bildern erfolgen. Es mussten also bewegte Sequenzen in Form von Videos oder interaktive Anwendungen erstellt werden. WERGLES & MUHAR (2009: 11) argumentieren, dass immer ein Trade off zwischen kontrollierbaren experimentellen Umständen und der Validität der Umgebung besteht. Die Validität der Umgebung hätte allenfalls mit einer VR-Umgebung nochmals erhöht werden können, doch dies hätte es schwierig gemacht, die emotionale Reaktion lediglich auf die Visualisierungsinhalte zu messen. Daher wurde auf eine virtuelle Realität bewusst verzichtet. Die Auswertung der emotionalen Reaktionen sollte lediglich auf den Visualisierungsinhalt erfolgen. Neben der Perspektive galt es die Art der Visualisierung festzulegen. Da das Aufnahmeverfahren von LiDAR Daten dem Sehmechanismus des menschlichen Auges sehr nahe kommt (SHEPPARD 2004), wurden für Repräsentation der virtuellen 3D-Landschaft kolorierte LiDAR Daten verwendet. Die resultierenden Landschaftsspaziergänge sollen schliesslich mit Stereo-Tonaufnahmen hinterlegt werden, da dies als geeignete Stimuli für die visuell-ästhetische Bewertung der Landschaft angesehen werden (LINDQUIST et al. 2016; MANYOKY et al. 2016).

#### **3.2.3.2 Datenquellen und Aufnahmeprinzip von LiDAR Daten**

Nach der Definition der Visualisierungsart, konnten die Datenquellen bestimmt werden, wobei folgende Datenquellen zur Verfügung standen.

- a) Externe Daten von Dritten (kantonale, nationale Ämter, private Vermessungs- und Ingenieurbüros)
- b) Eigene Datenaufnahme

Die Daten können auf verschiedene Arten aufgenommen worden sein. Diese werden z. B. nach dem Träger des Laserscanners eingeteilt. In dieser Arbeit wurden Daten aus den folgenden zwei Aufnahmeverfahren verwendet.

- a) Terrestrischer Laserscanner (TLS) und Fotoapparat (Abb. 3-7). Durch dieses Verfahren ist eine dreidimensionale Aufnahme der Objekte aus Fussgängerperspektive möglich.
- b) Mit einem bemannten oder unbemannten Luftfahrzeug aufgenommene «*airborne laser scanning*» (ALS) Daten decken relativ grosse Flächen aus der orthogonalen Planperspektive ab (Abb. 3-6).

Den beiden Systemen gemeinsam ist das Aufnahmeprinzip mittels «*light detection and ranging*» (LiDAR). Das LiDAR-Prinzip beruht auf der Entfernungsmessung (engl. ranging) mittels Laserstrahlen. Ein ausgesendeter Laserstrahl wird an einem Objekt reflektiert. Die Distanz zwischen Objekt und Lasertransmitter / Empfänger wird durch Formel 1 beschrieben.

$$R = v * \frac{t}{2}$$

Wobei gilt:

$R$  = Distanz zum Objekt

$v$  = Geschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen

$t$  = Zeitintervall zwischen ausgesendetem und empfangenem Signal

**Formel 1** | Entfernung aus Laserlaufzeit (Shan und Toth 2009: 4)

Mit dieser Gleichung lässt sich im Prinzip von einem Standort aus die Entfernung zu einem beliebigen sichtbaren Punkt messen. Der Laserscanner sendet in einer bestimmten Frequenz Laserimpulse aus und misst die Zeit bis die Reflektion vom Scanner aufgenommen wird. Durch zwei sich drehende Achsen können die Punkte horizontal und vertikal jeweils leicht versetzt aufgenommen werden. Dies ermöglicht die Aufnahme einer ganzen Fläche (SHAN & TOTH 2009). Es entsteht eine Punktwolke, wobei jeder Punkt eine X, eine Y und eine Z Koordinate aufweist (KERN 2003). Neben der Lokalisierung eines Punktes kann die Intensität der Reflexion gemessen werden. Die Intensität wird definiert als Anteil der reflektierten Strahlung im Verhältnis zur ausgesendeten Strahlung. Unterschiedliche Materialien haben bei einer konstanten Wellenlänge unterschiedliche Intensitäten der zurückgeworfenen Strahlung (SHAN & TOTH 2009). Diese Werte werden dem Punkt als zusätzliches Attribut zugefügt und aufgrund dieser Information klassiert.

### Kantonale Airborne Laser Scanning Daten (ALS)

Die für das Projekt verwendeten kantonalen Geodaten bestehen aus den Orthofotos im TIF-Format und dem digitalen Oberflächenmodell (DOM) in Form einer LiDAR Punktwolke im LAS-Format. Nachfolgend werden einige technische Details über die Daten gegeben, welche aus den technischen Protokollen zu entnehmen sind. Die Orthofotos und LiDAR Daten flog man am 15.04.2015, im Auftrag des Kanton Solothurn. Eine digitale Luftbildkamera zeichnete die Kanäle Rot, Grün und Blau sowie nahes Infrarot auf. Orthorektifiziert wurden die Daten auf Basis des ALS Modells aus dem Jahr 2014.



Das Luftbild weist eine Auflösung von 2.5 cm auf, die Lagegenauigkeit wird mit rund 1-2 Pixel angegeben. Die von bsf swissphoto<sup>10</sup> aufgenommenen Daten, weisen eine durchschnittliche Dichte von vier Punkten pro m<sup>2</sup> auf. Die Höhengenaugkeit im LN02 beträgt 0.15 m, die Lagegenauigkeit im CH1903 0.2 m. Das Aufnahmesystem bestand aus einem Trimble AX60<sup>11</sup> (Abb. 3-6) welcher mit einem Pilatus Porter PC6 D-FGPG geflogen wurde. Die Flughöhe betrug zwischen 570 und 930 Meter über Grund, was eine Streifenbreite von 530-870 m ergibt.

Abb. 3-6 | AX60 von Trimble

### Terrestrial Laser Scanning Daten (TLS)

<sup>10</sup> <http://www.bsf-swissphoto.com/> (letzter Zugriff: 05.02.2017)

<sup>11</sup> <http://www.trimble.com>, (letzter Zugriff: 01.02.2017)

Für die LiDAR Datenaufnahme aus der Fussgängerperspektive, wurde das Scanner Modell VZ-1000 (Abb. 3-7)<sup>12</sup> der Firma RIEGL<sup>13</sup> verwendet. Dieses System gehört in die «Long-Range Scanner» Familie



(SHAN & TOTH 2009), wobei der VZ-1000 Punkte bis 1400 Meter Entfernung aufnehmen kann (*gem. Datenblatt VZ-1000*). Das System hat auf 1400 Meter eine Lagegenauigkeit von 5mm und nimmt bei einer Laserpulsfrequenz von 300kHz rund 122'000 Punkte pro Sekunde auf. Der Laser wird im nahen Infrarotbereich gesendet. Die auf dem Scanner befestigte Nikon D700 liefert für 360° Scanumgebung fünf Bilder, wobei die

**Abb. 3-7** | VZ-1000 von Riegel mit Nikon D700

Sensorauflösung 12.1 Megapixel beträgt (NIKON GMBH 2010). Die Farbfotos werden verwendet, um die Laserdaten zu kolorieren (SHAN & TOTH 2009).

Um einen TLS effizient einzusetzen, war eine genaue Analyse des aufzunehmenden Geländes unumgänglich. In der Vorbereitungsphase wurde mittels eines digitalen Höhenmodells (DHM) und topografischen Landkarten das Studiengebiet auf die Topografie und die Bebauung analysiert. Aufgrund dieser Informationen konnten vorgängig rund 20 Scanner Standorte definiert werden, wobei davon 14 Standorte effektiv gescannt wurden (Abb. 3-8)<sup>14</sup>. Diese Aufnahmen erfolgten am 26.07.2016 und am 14.09.2016, wobei am ersten Tag die Standorte 1-6 und am zweiten Tag die Standorte 7-15 aufgenommen wurden. An den Aufnahmetagen selber konnte folgendem Arbeitsablauf gefolgt werden:

- 1) Kalibrierung der Fotokamera mit dem Scanner
- 2) Definitive Auswahl des Scanner Standort; entsprechender Neueintrag in der Karte
- 3) Bestimmung der Lageparameter des Scanners inkl. WGS84 Koordinaten
- 4) «Overview» Scan mit geringer Auflösung mit anschliessender 360° Fotoaufnahme
- 5) Detail Scan
- 6) Dokumentation des Standortes für Post Processing

(NOVÁK 2014) schlägt vor, dass die Kamera vor und nach der Aufnahme kalibriert wird. Auf diesen Schritt wurde jedoch aus Zeitgründen verzichtet. Für dieses Projekt konnte das Risiko eines minimalen Versatzes, der ohne zweite Kalibrierung nicht behoben wird, jedoch eingegangen werden, da es sich um reine Darstellung der Geodaten und nicht um Vermessung handelt.

<sup>12</sup> Eigene Aufnahme 26.7.2016

<sup>13</sup><http://www.riegl.com> (letzter Zugriff: 15.01.2017)

<sup>14</sup> Eigene Darstellung, Grundlagedaten swissTLM3D© 2016 swisstopo (JD100042)

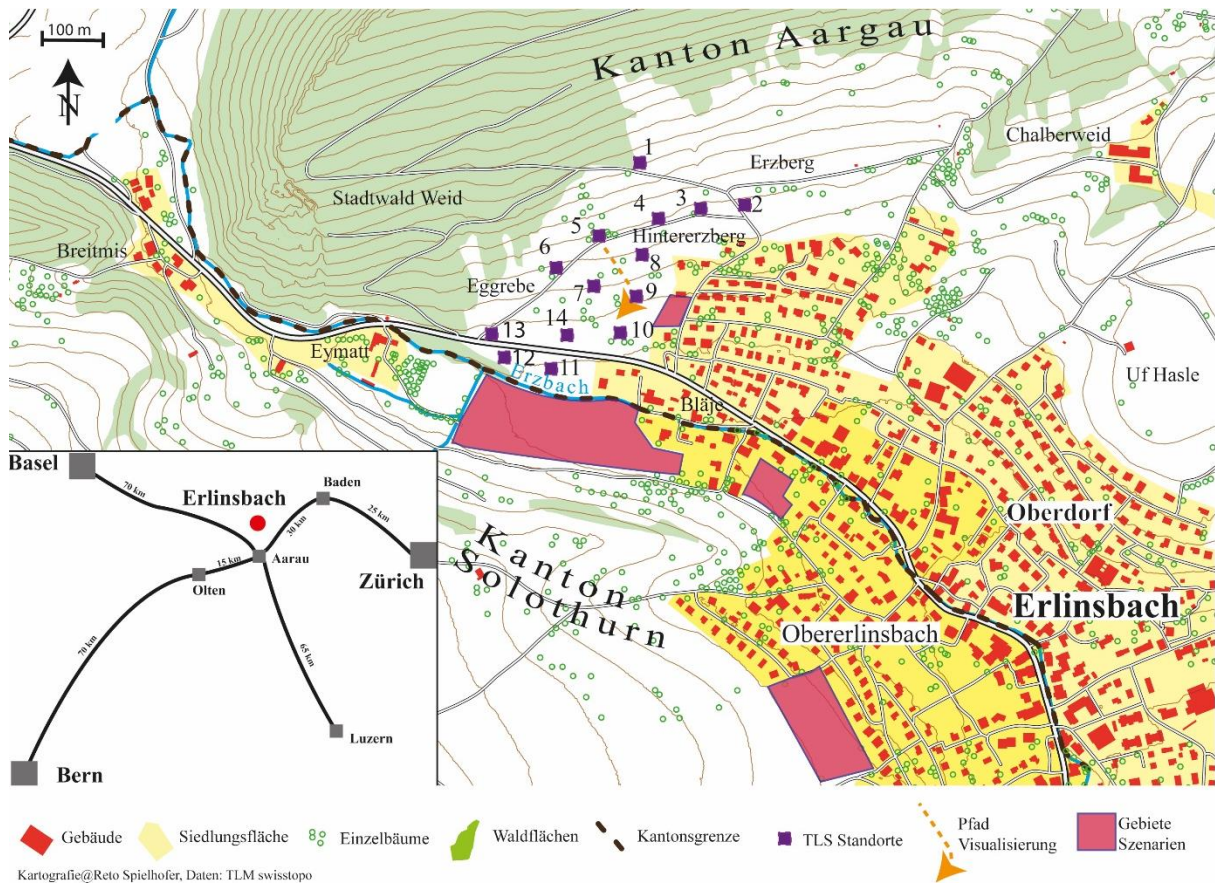


Abb. 3-8 | TLS Standorte und Visualisierungspfad

### Stereo-Audioaufnahmen



Abb. 3-9 | Jecklin Disk

Am ersten Feld Tag wurden entlang des Visualisierungspfades Stereo-Audioaufnahmen gemacht. Die Audioatmosphäre wurde mit einer Jecklin Disk und zwei omnidirektionalen Mikrofonen aufgenommen (Abb. 3-9)<sup>15</sup>. Zwischen den Mikrofonen liegt in diesem System eine gepolsterte Platte, welche den menschlichen Kopf simuliert. Mit einem Zwei-Kanal Audio-Recorder (Sound Devices 702T<sup>16</sup>) wurden zwölf, zweiminütige Sequenzen aufgenommen. Zwischen den Aufnahmepositionen lagen rund 20 Meter.

#### 3.2.3.3 Visualisierungsprozess

### Postprocessing TLS Daten

<sup>14</sup> Eigene Aufnahme 26.07.2016

<sup>16</sup> <https://www.sounddevices.com/products/recorders/702t> (letzter Zugriff: 06.04.2017)

Die vom TLS aufgenommenen Daten wurden mit der Software RiScan Pro<sup>17</sup> von RIEGL bearbeitet. Im Grunde geht es in der Postprocessing Phase um folgende zwei Schritte. Als Erstes wurden die Punkte mit den Fotos koloriert und zweitens mussten die 15 Standorte aufeinander eingepasst werden (Registration), sodass ein 3D-Landschaftsmodell entsteht.

#### *Punkte einfärben*

Die von der Kamera aufgenommenen Fotos mussten unter Umständen nachbearbeitet werden um Helligkeit und Kontrast der fünf Fotos aufeinander abzugleichen, sowie Sonnenspiegelungen (*engl. lens flare*) auszubessern (Abb. 3-10).



**Abb. 3-10** | Sonnenspiegelungen (links) und nach Korrektur (rechts)

Werden Helligkeit und Farbtöne nicht über alle Scannerstandorte auf ein möglichst einheitliches Aussehen gebracht, sehen die zusammengesetzten, kolorierten LiDAR Daten heterogen und unsauber aus. Spiegelungen von Sonnenstrahlen auf den Fotos werden im 3D-Modell in die Länge gezogen und färben gewisse Teile in störenden Farbtönen ein.

Die Nachbearbeitung der Fotos erfolgte in Adobe Photoshop CS6. Die Helligkeits- und Kontrastwerte sowie eine Farbkorrektur konnten in den meisten Fällen automatisch oder manuell relativ einfach auf ein einheitliches Erscheinungsbild gebracht werden.

Die horizontale und vertikale Pixelzahl steht über die Kalibrierungsdatei in Zusammenhang mit den aufgenommenen Punkten und ermöglicht die Zuordnung eines Scannerpunkts zu einem Bildpunkt. In der Software RiScan Pro konnte diese Verknüpfung nach der Bildbearbeitung vorgenommen werden.

<sup>17</sup> <http://www.riegl.com/products/software-packages/riscan-pro/> (letzter Zugriff: 12.01.2017)

### Registrierung Scanpositionen

Im nächsten Arbeitsschritt wurden die LiDAR Daten der einzelnen 14 Scannerstandorte zu einer einzigen 3D-Punktwolke verknüpft. Dieser Arbeitsschritt wird auch als Registrierung bezeichnet. Beispielhaft sind in Abb. 3-11<sup>18</sup> die Rohdaten eines Gebietes zu sehen, welche noch nicht registriert wurden. Die LiDAR Daten der drei Aufnahmestandorte (Magenta, Rot, Türkisblau) passen noch nicht aufeinander oder sind gar verdreht.

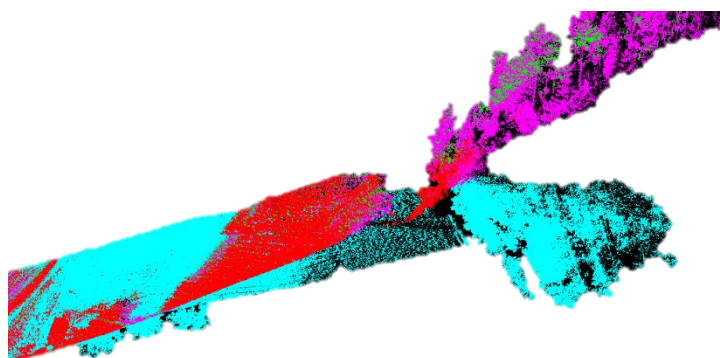


Abb. 3-11 | Rohdaten aus drei TLS Standorten

RiScan Pro bietet zwei Möglichkeiten um die LiDAR Daten aufeinander zu registrieren. Die «*coarse registration*» ist eine manuelle Methode, bei welcher identische Punkte in zwei Scannerstandortansichten gesucht werden und die LiDAR Daten so verknüpft werden. Der mittlere Versatz, oder auch Lagefehler, welcher bei der Registrierung angegeben ist,

liegt bei dieser manuellen Methode im tiefen Dezimeterbereich, da die manuelle Auswahl der Punkte mit Fehlern behaftet ist.

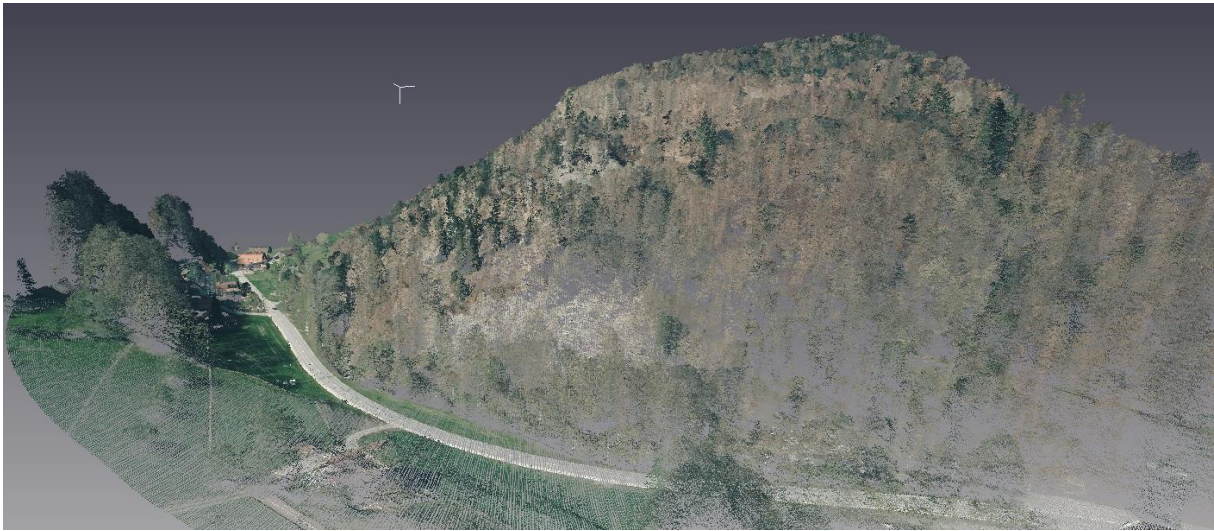
Die zweite Möglichkeit besteht in der Funktion «*multi station adjustment*». Dieser Algorithmus verringert die mittlere Abweichung, um welche die einzelnen Positionen noch voneinander entfernt sind, iterativ, indem die LiDAR Daten automatisch leicht hin- und hergeschoben werden. Dieser Algorithmus nimmt als Input lediglich Polygone und keine eigentlichen Punkte. Daher müssen die Standorte in RiScan Pro mittels eines «*Plane patch filters*» in polygonale Daten umgewandelt werden. Mit dem «*multi station adjustment*» Werkzeug und den Polygonen als Input werden nun alle Punkte so justiert, dass der gesamte Lagefehler möglichst klein wird und im tiefen Zentimeterbereich zu liegen kommt. In der Arbeit wurde zuerst eine manuelle Verknüpfung vorgenommen und als zweites die automatische Justierung ausgeführt. So wurde eine Passgenauigkeit von 0.9cm erreicht. Das Resultat dieser beiden Registrierungen ist eine in sich orientierter LiDAR Datensatz mit rund 800 Mio. Punkten. Die Dichte der Punkte hängt von der Entfernung des Scanners und der Anzahl der Scannerpositionen ab, welche einen Bereich aufgenommen haben. Im Schnitt lässt sich aber sagen, dass die TLS Daten rund 1500 Punkte pro m<sup>2</sup> aufweisen. Die kantonalen ALS LiDAR Daten bestehen mit 4 Punkten pro m<sup>2</sup> aus deutlich weniger Punkten, als die TLS aufgenommenen Daten.

### Processing ALS Daten

<sup>18</sup> Screenshot RiScan Pro (Eigene Aufnahme: 02.10.2016)



Die kantonalen ALS Daten wurden in einem in der Praxis häufig verwendeten LAS (\*laz)<sup>19</sup> Format geliefert. Mit dem dritten Programm, dem auf SAGA GIS basierenden LIS 3.0 der Firma Laserdata<sup>20</sup> konnten die LAZ Daten importiert und mit mitgelieferten Luftbildern koloriert werden (Abb. 3-12)<sup>21</sup>. Exportiert wurden die Modelle als ASCII files mit den Attributen X,Y,Z sowie den Farbkanälen RGB. Die Lagekoordinaten dieser LiDAR Daten mussten nicht registriert werden, da diese in einem lokalen Koordinatensystem, in diesem Fall im Schweizer Landeskordinatensystem LV95, vorhanden waren. Die lokalen Koordinaten der TLS Daten mussten im Folgenden auf diese ALS Daten eingepasst werden, um das ganze Landschaftsmodell im Landeskordinatensystem LV95 zu repräsentieren.



**Abb. 3-12** | *Mit Orthofoto eingefärbte kantonale ALS LiDAR-Modell*

### **Extrahieren der TLS Objekte**

---

<sup>19</sup> Das LAS Format definiert einen, Software übergreifenden, Standard, zum Austausch von 3D LiDAR Daten. LAZ ist die ZIP komprimierte Form von LAS.

<sup>20</sup> <https://www.laserdata.at/> (letzter Zugriff: 15.02.2017)

<sup>21</sup> Screenshot Bentley Pointools (Eigene Aufnahme: 10.10.2016)



Abb. 3-13 | Extrahierte TLS Vegetation

Mit dem Programm Bentley Pointools<sup>22</sup> wurden TLS Daten auf den ALS Datensatz durch manuelle Transformationen eingepasst. Vegetation und Häuser welche in der Nähe des abschliessenden Landschaftsspaziergangs zu liegen kommen, wurden aus dem TLS Modell extrahiert (Abb. 3-13). Dies geschah durch manuelles Ausschneiden oder farbwert-basierte Selektion von Punkten. Die einzelnen TLS Objekte wurden schliesslich in das ALS Modell

eingepasst. (Abb. 3-13; Abb. 3-14; Abb. 3-15)<sup>23</sup>.

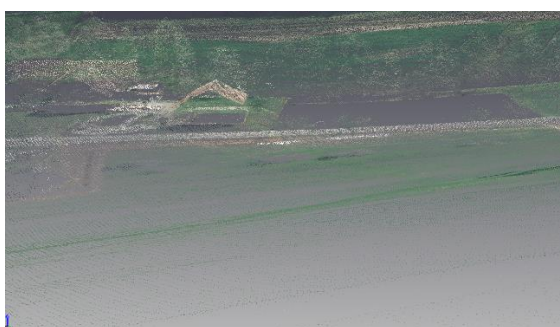


Abb. 3-14 | Kantonale ALS LiDAR Daten mit Orthofoto eingefärbt



Abb. 3-15 | ALS und TLS LiDAR Daten kombiniert

### Generierung Häusermodelle für Szenarien

Die aus Kapitel 3.2.2.3 resultierten Inputparameter der zukünftigen Siedlungsstadien, mussten 3D-Modelle umgewandelt werden. Dazu wurden die Gebiete zuerst in ArcMap<sup>24</sup> digitalisiert, welche für zukünftige Siedlungen in Frage kamen (s. Kapitel 3.2.2). Die so entstandenen Polygone wurden einzeln im \*geojson<sup>25</sup> Format gespeichert und in «Rhinceros»<sup>26</sup>, einer Erweiterung für Cinema 4D<sup>27</sup>, geladen. In «Rhinceros» wurden mit dem Plug-In «Grasshopper» aus den Inputparametern generische 3D-Modelle von Gebäuden erstellt (Abb. 3-16)<sup>28</sup>. Dies geschieht mit einem in Python geschriebenen Script, welches die Polygone, die Bau- und Dichtemasse der Siedlung als Inputgrösse verwendet. Mit dem

<sup>22</sup> <https://www.bentley.com/en/products/> (letzter Zugriff: 01.02.2017)

<sup>23</sup> Screenshot Bentley Pointools (Eigene Aufnahmen: 12.10.2016)

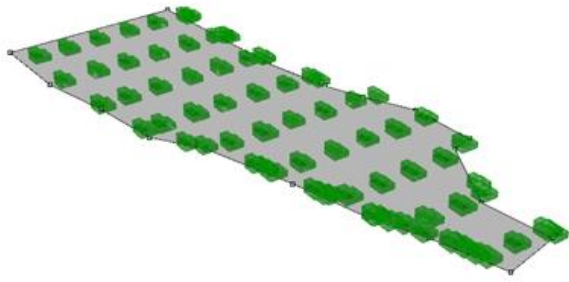
<sup>24</sup> <http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/> (letzter Zugriff: 15.11.2016)

<sup>25</sup> Das GeoJSON Format ist eine textbasierte Datenstruktur, um Geometrien zu speichern und auszutauschen.

<sup>26</sup> <http://www.rhino.io/> (letzter Zugriff: 01.03.2017)

<sup>27</sup> <https://www.maxon.net/en/products/cinema-4d/overview/> (letzter Zugriff: 01.03.2017)

<sup>28</sup> Screenshot aus Rhino (Eigene Aufnahme: 18.10.2016)

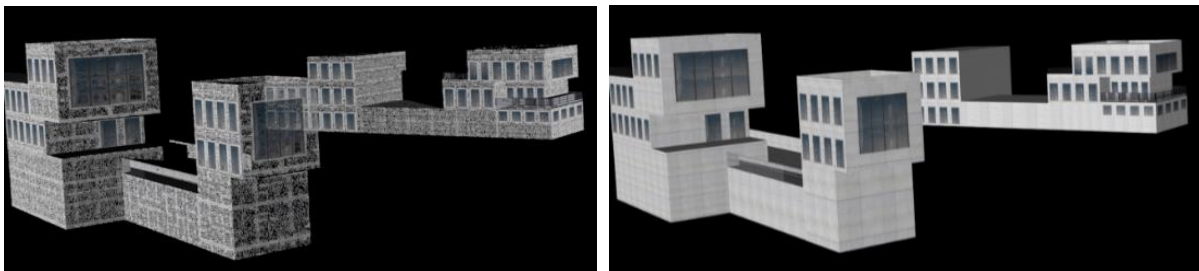


**Abb. 3-16** | In Rhino generisch erstellte Siedlungsmuster (untexturiert)

Plug-In *Rhino* wurden diese polygonalen 3D-Gebäudemodelle in *Cinema 4D* importiert und manuell texturiert.

Nach einigen Tests der Integration von den generischen Siedlungen wurde klar, dass der visuelle Unterschied zwischen den polygonalen Gebäudemodellen und den Punktdarstellungen der LiDAR Daten zu gross ist. Dies hätte das Risiko mit

sich gebracht, dass die emotionale Reaktion der Probanden in Abhängigkeit dieses visuellen Unterschiedes und nicht in Abhängigkeit der landschaftlichen Veränderung erfolgt wäre. Mit «*LAZPoint*», einer zusätzlichen Erweiterung für *Cinema 4D* war es möglich, die 3D-Häusermodelle in Punkte umzuwandeln, inklusive der korrekten Textur (Abb. 3-17)<sup>29</sup>. Die so entstehenden Punktmodelle der generischen Gebäude wirken nicht mehr so scharfkantig wie die polygonalen Gebäudemodelle aus «*Rhinoceros*». Mittels manueller Positionierung wurden die neuen Siedlungen entsprechend den definierten Szenarien VIS2025 und VIS2050 in die LiDAR Daten des aktuellen Zustandes eingepasst.






**Abb. 3-17** | Häusermodelle als Punktwolke (links), als polygonale Modelle (rechts)

<sup>29</sup> Screenshot aus *Cinema4D* (Eigene Aufnahme: 02.11.2016)

Um die drei Stimuli für die biophysische Experimentreihe zu erhalten, wurden anschliessend drei verschiedene Modelle durch ein- und ausblenden unterschiedlicher Objekte generiert (Tab. 6).

Tab. 6 | Erstellung der drei Stimuli im Landschaftsmodell

	<i>Aktuell</i>	<i>VIS 2025</i>	<i>VIS 2050</i>
<i>Allgemein</i>	Dorfrand und Vegetation gemäss dem aktuellen Zustand	Partiell aufgefüllte Dorfränder, Baulücken geschlossen, drei Obstbäume weg	Grössere und dichtere Siedlungen, Gegenhang gänzlich überbaut, mehrere Bäume entfernt
<i>Vordergrund</i>	Viele Obstbäume, Dorfrand mit neuem EFH und älterem EFH	Ein Obstbaum weg, ein neues grosses MFH	Vier Obstbäume entfernt, zweites grosses MFH, altes EFH entfernt
<i>Hintergrund</i>	Unbebaute Wiese, Baumreihe in Talsohle	Einige neue MFH in Baulücken	Viele neue MFH, Baulücken aufgestockt, Reservezone überbaut
<i>Bild</i>			

### Kamerapfad

Der Kamerapfad wurde so in das 3D-Landschaftsmodell gelegt, dass die Betrachter der Sequenz einen Landschaftsspaziergang auf Augenhöhe wahrnehmen konnten (Abb. 3-8; Abb. 3-18). Dieser ist ca. 50 Meter lang und wird in einer Zeit von 55 Sekunden abgeschrieben, was einer durchschnittlichen Fussgängergeschwindigkeit von ca. 5 km/h oder 1.4 m/s entspricht. Während der Betrachter virtuell die Landschaft durchschreitet, erfolgen zwei Drehbewegungen. Damit wird das übliche Herumschauen während eines Spazierganges nachempfunden.

### Szenengenerierung in Cinema4D

*Cinema 4D* ist geeignet, um realitätsnahe Szenen zu generieren. Licht- und Wetterverhältnisse können sehr detailliert gestaltet werden. Wolken und Sonneneinstellungen werden für den Standort physikalisch korrekt dargestellt und können dynamisch verändert werden. Ein weiterer, sehr wichtiger Vorteil besteht in der Möglichkeit zur Gestaltung eines komplexen Kamerapfades. In *Cinema 4D* kann der genaue Pfad und die jeweilige Kamerafokusrichtung definiert werden. Dies führt zu sehr realistischen Bewegungen durch die virtuelle Szene.

Mit dem Plug-In LAZPoint wurde die \*ASCII Datei in *Cinema4D* geladen. In einem zweiten Schritt wurde das digitale Höhenmodell (DEM) des Studiengbietes in *Cinema4D* importiert und mit dem Orthophotomosaik eingefärbt. Diese «*hard surface*» soll dazu dienen, dass die Szene beim virtuellen Landschaftsspaziergang sich im Vordergrund nicht auflöst, was bei einer reinen LiDAR Punktdarstellung der Fall wäre. Anschliessend wurde die LiDAR Datei auf das Höhenmodell angepasst. Dieser Vorgang erfolgte manuell, da die LiDAR Punkte rund 20cm höher liegen sollen als das Oberflächenmodell, um so den visuellen Effekt der Punkte beizubehalten.



Abb. 3-18 | Definition Kamerapfad in *Cinema4D*

In einem weiteren Schritt wurde der Kamerapfad definiert (Abb. 3-18)<sup>30</sup>. Dieser Pfad sollte als «Spline» erstellt und mit der Funktion «*Motion Camera*» weiter angepasst werden. «*Motion Camera*» bietet die Möglichkeit, einen «virtuellen Kameramann» mit

einstellbaren Körpermassen zu erstellen. Die Kamera hat dann einen bestimmten off-set vom Boden, was den Eindruck eines Landschaftsspaziergangs noch verstärkt. Ein zweiter Spline (B) wurde erstellt, um die Kamerarichtung festzulegen. Für das Rendering wurde dann die Dauer eingestellt, in der der Pfad abgefahren wird. In einem letzten Arbeitsgang wurden mit der Funktion «*physical sky*» Licht und Wetterverhältnisse erstellt und angepasst. Die Lichtverhältnisse entsprechen dem 28.7.2016, dem Tag der Aufnahme der Daten. Im Vergleich zum Aufnahmetag wurde in die Szene Bewölkung eingefügt, um dem Bild mehr Tiefe zu geben. Pro Sekunde wurden 30 Bilder generiert. Dieser Vorgang dauerte rund 23h und produziert jeweils 1650 Bilder (*engl. frames*) im \*png Format. Die Dateigrösse betrug je 3.5 MB und die Auflösung 1280 x 720 Pixel pro Bild.

### Nachbearbeitung und Vertonung der Stimuli in Adobe Premiere Pro

Die in der Software *Cinema 4D* produzierten Frames wurden in Adobe Premiere Pro CS5 importiert und auf die entsprechend Geschwindigkeit von 0.03 Sek./Bild eingestellt. Um der Szene für den Betrachter einen noch realistischeren Eindruck zu geben, wurden die Videos mit den Aufnahmen von Umgebungsgeräuschen verknüpft. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Geräusche im Feld zwar als Stereofilms entlang des Visualisierungspfades aufgenommen wurden, die Geräuschkulisse in den

<sup>30</sup> Screenshot aus *Cinema 4D* (Eigene Aufnahme: 11.12.2016)

resultierenden Stimuli aber nicht räumlich explizit wiedergegeben wird. Dies war aus zeitlichen Gründen im Rahmen dieses Projektes nicht möglich. Die Umgebungsgeräusche sollten einerseits den visuellen Eindruck unterstützen und abwechslungsreich sein, andererseits nicht zu prägnant hervortreten. Daher wurden aus den im Feld aufgenommenen Tondateien, folgende Elemente extrahiert und zu einer Geräuschkulisse zusammengesetzt.

- Kirchenglocken
- Zwei vorbeifahrende Personenwagen
- Vogelgezwitscher
- Hundegebell
- Windgeräusch und Grillengesang

Als erstes entstand das Hintergrundgeräusch, welches über die gesamte Videolaufzeit auf beiden Audiokanälen gleich intensiv bleibt und keine Lautstärkeänderung erfährt. Dieses setzt sich aus den Wind- und Grillengeräuschen zusammen. Das Vogelgezwitscher wurde ganz zu Beginn des Videos zu 90% auf dem rechten Kanal eingesetzt. Der rechte Kanal wurde gewählt, da das Bild vom Waldrand auf der rechten Seite nach links wegdreht. Während das Video auf den Dorfrand zugeht, wurden auf dem linken Kanal zuerst die Kirchenglocken und dann das Hundegebell eingebaut. Gegen Ende des Videos in Strassennähe wurden dann auf beiden Kanälen der Ton der zwei vorbeifahrenden Autos eingeblendet. In Adobe Premiere Pro lassen sich durch die Aufteilung der Audiosequenzen auf verschiedene Tonspuren die Richtung und die Intensität des Geräusches unabhängig voneinander verändern. Die Videos geben den Ton stereo wieder.

Als Videokompression wurde H.264 mit der Fernsehnorm PAL gewählt. Die Auflösung wurde den Frames entsprechend auf 1280x720 Pixel gesetzt. Die Einstellungen für die Bittiefe wurden auf 5.1, mit maximaler Bildtiefe und dem Seitenverhältnis 16:9 eingestellt. Mit einer variablen Bitratencodierung (*engl. variable bitrate encoding*) (VBR), wurde eine Zielbitrate von 55 Bit und eine Maximalbitrate von 128 Bit vorgegeben. Das Resultat im Videoformat mp4 hat Pro Video eine Grösse von rund 300 mb bei 30 Bildern pro Sekunde.

### 3.3 Probandencharakteristik - Die Moderatorvariable

In Form einer Moderatorvariable nach (MARTIN 2008) wurde das Raumplanungsfachwissen und die Einstellung gegenüber Siedlung und Dichte erhoben. Anhand eines Pretests durch einen online-Fragebogen wurde die Moderatorvariable ermittelt. Die Einteilung der Probanden in die entsprechenden beiden Gruppen sollte es ermöglichen die emotionale Reaktion in Abhängigkeit dieser beiden Eigenschaften zu stellen. Aus einer grösseren Gruppe, welche den online-Fragebogen ausfüllten, wurden die resultierenden Haltungen und das Raumplanungsfachwissen gruppiert und entsprechende Probanden zur Teilnahme am bio-physischen Experiment eingeladen. Der Pretest wurde rund vier Wochen vor dem eigentlichen Experiment durchgeführt, um so allfällige Konditionierungs-, Lern- und Erwartungshaltungseffekte für das Experiment auszuschliessen.

Noch vor wenigen Jahren waren online-Umfragen wenig repräsentativ, da die Verteilung der Internetanschlüsse in der Bevölkerung nicht gleichverteilt war (WEICHBOLD et al. 2009). Dennoch wurde aus zwei Gründen mit dieser Methode gearbeitet. Zum einen kann in dieser Arbeit sowieso nur eine relativ kleine, nicht repräsentative Grundgesamtheit mit dem online Fragebogen erreicht werden. Zum anderen stieg die Verbreitung der Internetanschlüsse der CH-Haushalte in den letzten Jahren stark an und lag im Herbst 2016 bei über 91%<sup>31</sup>. In einer online Umfrage besteht eine Distanz zwischen dem Befragten und dem Fragenden (WEICHBOLD et al. 2009). Dies führt zu einer Enthemmung bei der Beantwortung der Fragen und mindert den Effekt der sozialen Erwünschtheit in den Antworten. Dieser Effekt bezeichnet die Diskrepanz zwischen der eigentlichen Einstellung des Befragten zu einem Thema und der gegebenen Antwort. Die gegebene Antwort ist in diesem Falle geprägt durch die in der Gesellschaft als legitim betrachtete Ansicht zu einem Thema (STOCKÉ 2004). Gerade bei sensiblen Fragestellungen oder Fragen über eine persönliche, gesellschaftspolitische Haltung kann die Methode der online Umfrage daher zu guten Ergebnissen führen. Auch Fragen zur zukünftigen Entwicklung der Siedlungsfläche und zum persönlich erwünschten Landschaftsbild können in diese Kategorie Fragen fallen, bei welchen der Effekt der sozialen Erwünschtheit auftritt. Grundsätzlich sollte man in einem Fragebogen zuerst eine Eisbrecherfrage stellen, welche die Teilnehmer motiviert und die Aufmerksamkeit steigert. Danach gilt es, neutrale und einfache Aspekte zuerst zu fragen und dann die Komplexität sukzessive zu erhöhen.

#### 3.3.1 Online Umfrage

Die online Umfrage<sup>32</sup> enthielt einen Fragebogen mit 13 Fragen. Ziel war es, die angeschriebenen Personen in zwei Gruppen bezüglich der «Einstellung gegenüber Siedlungsdichte / -entwicklung»

---

<sup>31</sup> Gem. BfS waren im Jahr 2014 91% aller CH Haushalte mit einem Internetanschluss versorgt. Mit 67% Versorgungsrate bildeten damals die Personen welche älter als 64 Jahre waren den geringsten Anteil, im Verhältnis zum effektiven Bevölkerungsanteil dieser Personengruppe.

<sup>32</sup> <https://www.umfrageonline.com/> (letzter Zugriff 04.03.2017)

(EDE) und in zwei Gruppen bezüglich «Raumplanungsfachwissen» (RPFW), einzuteilen. Der Fragebogen beinhaltete Fragen zu EDE und RPFW, wobei diese Kategorisierung für die Teilnehmer nicht ersichtlich war.

Am 4.1.2017 wurde ein Link zum online-Fragebogen an 118 Personen per E-Mail versandt. Bis zum 18.1.2017 wurde die Umfrage beendet. Bis dahin betrug die Rücklaufzahl 73 Bogen, was einer Rücklaufquote von 61% entspricht. Zwei Fragebogen wurden nicht komplett ausgefüllt und werden für die Auswertung nicht weiter berücksichtigt. Der Altersdurchschnitt liegt bei 36.2 Jahren, wobei 54.2% männliche und 45.8% weibliche Teilnehmer waren. Angeschrieben wurden Personen aus dem näheren und weiteren Familien-, Freundes- und Bekanntenkreis des Autors. Alle Teilnehmer haben ihren Wohnsitz in der deutschsprachigen Schweiz. Die Fragen der online Umfrage und eine grafische Auswertung der einzelnen Fragen kann dem Anhang 8.2 entnommen werden.

### 3.3.2 Einteilung der Probanden

#### Raumplanungsfachwissen

Die Einteilung der Probanden in Raumplaner und Planungslaien erfolgte aufgrund von zwei Angaben. Zum einen floss die Berufsangabe in die Gruppierung ein, zum anderen die Beantwortung der Wissensfragen zur Raumplanung. Die Berufsangaben wurden mit den Werten 0= Beruf hat gar nichts mit Raumplanung zu tun, 1= Beruf hat teilweise mit Raumplanung zu tun und 2= Beruf oder Studium hat sehr häufig mit Raumplanung zu tun codiert. Studenten der Geografie oder wissenschaftliche Mitarbeiter im Bereich Bau- Umwelt und Planung wurden mit 2 codiert. Berufe wie Landschaftsarchitekt oder Bauingenieur sowie Umweltwissenschaftler erhielten eine 1. Die restlichen Berufsangaben wurden mit 0 gewertet. Die Fragen F6, F10, F11 stellten fachliche Fragen dar, wobei es korrekte und falsche Antworten gab. Die richtigen und falschen Antworten wurden zusammengezählt, wobei eine negative Punktzahl resultieren durfte. Mit der Software *IBM SPSS Statistics 24*<sup>33</sup> wurden die die Antworten von F6, F10, F11 sowie der Berufsangabe, mit einem *K-mean* Clusterverfahren in die zwei Gruppen Raumplaner (n=46) und Laien (n=25) eingeteilt.

#### Einstellung gegenüber Siedlung und Dichte

Mit den Fragen F2, F3, F5, F7 und F8 wurde eine generelle Haltung gegenüber Siedlung und Siedlungsdichte der Teilnehmer ermittelt. Dazu wurden die Antworten in den Fragen F3, F5 und F8 so normiert, dass die Antworten zwischen 1 = «Siedlungen stören mich fest im Landschaftsbild» bis 5= «Siedlungen stören mich nicht in der Landschaft» reichen. Aus F2 und F7 wurde der Mittelwert berechnet. Je höher dieser Wert ist, desto dichter ist die Siedlungssituation, in welcher die Person aktuell wohnt, im Intervall von 1 = «sehr geringe Dichte» bis 5= «sehr hohe Dichte». Da der aktuelle Wohnort

<sup>33</sup> <http://www.ibm.com/analytics/de/de/technology/spss/> (letzter Zugriff: 06.03.2017)



aber nicht unbedingt mit der Präferenz übereinstimmen muss, wurde mit F13 gefragt, wo die Person hinziehen möchte, falls sie frei wählen könnte. Auch hier liegen die Werte zwischen 1 = «*abgelegen auf das Land*» bis 5 = «*mitten ins Stadtzentrum*». Aus der Differenz zwischen der aktuellen Wohnsituation und der präferierten Situation, ergibt sich der Faktor [BEWEGUNG]. Aus diesem kann ebenfalls eine Aussage über die Einstellung gegenüber Siedlung und Siedlungsdichte entnommen werden. Negative Werte des Faktors [BEWEGUNG] sagen aus, dass die Person lieber näher zu einem Zentrum hin möchte, positive Werte, dass eine Person weniger besiedeltes Gebiet bevorzugt. Mit der Software *IBM SPSS Statistics* wurden die Probanden aus den Antworten F3, F5, F8 und BEWEGUNG mit einem *K-mean* Clusterverfahren in die zwei Gruppen Stadtmensch (n=32) und Landmensch (n=39) eingeteilt. Die Einteilung wurde für jene Probanden, welche am Experiment teilnahmen durch Befragung geprüft und in 24 von 30 Fällen bestätigt.

## 3.4 Emotionale Reaktion - Die abhängige Variable

### 3.4.1 Messung der emotionalen Reaktion

Für die Ermittlung der emotionalen Reaktion auf die Stimuli wurden in dieser Arbeit zwei Methoden kombiniert. Zum einen sollte durch retrospektive Selbsteinschätzung mit der SAM Methode die emotionale Reaktion der Probanden erfragt werden. Durch das Messen von Muskelkontraktionen im Gesicht (EMG) und dem Messen der Hautleitfähigkeit (EDA) sollten andererseits die Emotionen der Probanden physiologisch aufgenommen werden. Sowohl SAM als auch die Messungen, erheben die Reaktionen der Probanden in den zwei Dimensionen Valenz und Erregung, was das Ableiten der Emotion mit dem «circumplex model of affect» nach POSNER et. al. (2005) ermöglicht.

#### 3.4.1.1 EDA Messung –Erregung

Es gibt zwei Arten von Messungen der elektrodermalen Aktivität. Einerseits die endosomatische Methode, welche ohne externe Stromquelle eine Potentialveränderung misst. Andererseits die exosomatische Methode, die durch eine Messspannung einen elektrischen Widerstand und somit eine Leitfähigkeit messen kann (BOUCSEIN 2012). Insbesondere palmar und plantar<sup>34</sup> ist der Schweissaustritt aufgrund emotionaler Reaktionen besonders hoch (FOWLES et al. 1981). Die Autoren empfehlen dementsprechend, die Elektroden für exosomatische Messungen palmar zu platzieren. Die erhöhte Schweissproduktion lässt sich auf die Dichte der Schweissdrüsen zurückführen, welche bei einer erwachsenen Person bei rund 233 Stück pro cm<sup>2</sup> liegt (BOUCSEIN 2012). Für die Ermittlung der EDA wurden im Experiment zwei bipolare Ag/AgCl Hydrogel-Elektroden mit einem Durchmesser von 24mm (Abb. 3-19)<sup>35</sup> palmar am vorderen Zeig- und Mittelfinger angebracht (Abb. 3-20)<sup>36</sup>. Dabei wurden die Elektroden an derjenigen Hand angebracht, welche nicht für das Ausfüllen des Fragebogens benötigt wurde. Die Haut wurde dafür nicht mit Alkohol oder Elektrodengel behandelt.

---

<sup>34</sup> Hand- und fussflächenseitig

<sup>35</sup> <https://shop.neurospec.com/adhesive-electrodes-arbo> (letzter Zugriff: 11.04.2017)

<sup>36</sup> Eigene Aufnahme: 19.12.2017



Abb. 3-19 | Verwendete Ag/AgCl Elektrode selbstklebend, Ø 24mm

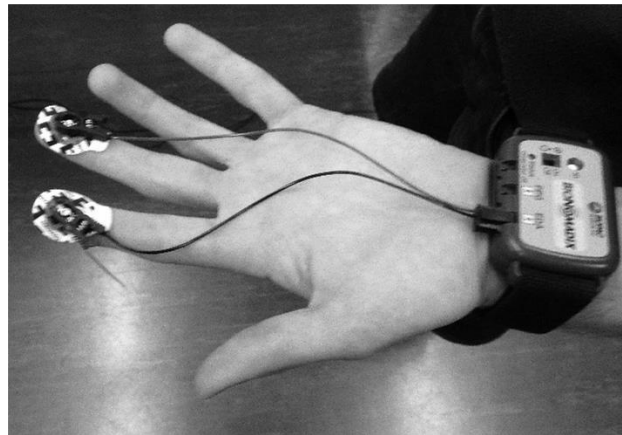


Abb. 3-20 | EDA Messung an Zeig- und Mittelfinger

### 3.4.1.2 EMG Messung - Valenz

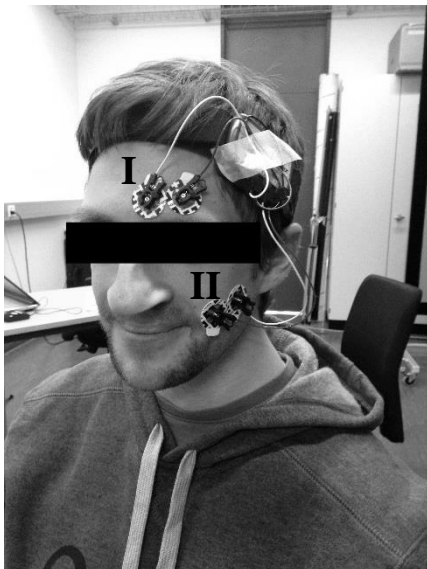


Abb. 3-21 | EMG-Messung (ohne Erdungselektrode)

Die zweite Dimension auf dem «circumplex model of affects» beschreibt die Valenz. Diese wird durch die Aktivität des *Musculus corrugator supercilii* (Abb. 3-21, Ziff. I)<sup>37</sup> und durch die Aktivität des *Musculus zygomaticus major* (Abb. 3-21, Ziff. II) bestimmt. Die Kontaktstellen auf der Stirn und Wange wurden zuerst mit einem Alkoholpad gesäubert. Anschliessend konnte die Haut mit dem abrasiven *Nuprep*<sup>38</sup> Gel leicht aufgeraut und abgetrocknet werden. VAN BOXTEL (2010) empfiehlt für jeden Muskel zwei zueinander bipolare Elektroden zu verwenden. Es werden dieselben Elektroden verwendet wie für die EDA Messung (Abb. 3-19). Die Elektroden wurden auf der linken Gesichtshälfte angebracht (DIMBERG & PETERSON 2000), wobei zusätzlich eine Erdungselektrode mittig auf der Stirn, unterhalb des Haaransatzes platziert wurde (FRIDLUND & CACIOPPO 1986; VAN BOXTEL 2010).

Sowohl EDA als auch EMG Daten, sind mit Geräten von BIOPAC Systems, Inc.<sup>39</sup> aufgezeichnet (Abb. 3-22)<sup>40</sup> worden. Die EDA Daten wurden mit dem *BN-TX PPGED-4.3* aufgenommen und an den *PPGDR-2* Verstärker übermittelt. Die EMG Daten, wurden mit Hilfe des *BN-TX EMG2-4.3* und dem *EMG-R* Verstärker gemessen. Die Muskelaktivität des *Corrugators* wurde dabei über den Kanal A aufgezeichnet die Muskelaktivität des *Zygomaticus* über den Kanal B. Beide Systeme kommunizieren

<sup>37</sup> Eigene Aufnahme: 19.12.2017

<sup>38</sup> <https://shop.neurospec.com/nuprep-abrasive-paste> (letzter Zugriff: 28.03.2017)

<sup>39</sup> <https://www.biopac.com/products> (letzter Zugriff: 08.03.2017)

<sup>40</sup> <https://www.biopac.com/products> (letzter Zugriff: 22.02.2017)

kabellos zwischen Logger und Signalverstärker. Mit dem Empfängermodul *MP150* werden die Daten über die entsprechenden Kanäle an die Aufzeichnungs- und Analysesoftware *AcqKnowledge 4.4*<sup>41</sup> weitergeleitet. Die Messungen wurden sowohl bei der EMG als auch bei der EDA mit 1000Hz aufgezeichnet.



Abb. 3-22 | BIOPAC MP150, EMG2-R und PPGED-R (v.l.n.r.)

### 3.4.1.3 Retrospektive Selbsteinschätzung

Die retrospektive Selbsteinschätzung der Probanden wird in den drei Dimensionen Valenz, Erregung und Dominanz erhoben (s. Kapitel 2.4). Auf die Erhebung der Dominanz wurde allerdings verzichtet, da diese nicht mit den physiologischen Messmethoden der EDA und EMG verglichen werden kann.

Auf die Frage «*Wie schätzen Sie Ihre momentane Gefühlslage ein?*» gab der Proband jeweils nach der Betrachtung eines Stimulus an, wie er sich auf der Valenz- und der Erregungsdimension einschätzte. So lassen sich Veränderungen der Emotionen in Abhängigkeit der Stimuli Inhalte nachvollziehen und mit den Messungen vergleichen. Die Selbsteinschätzung wurde zusammen mit den anderen Fragen während des Experimentes vorgenommen.

### 3.4.2 Probanden

Rund 45 Personen, welche den Fragebogen zurücksandten, wurden für das Experiment per E-Mail angefragt. Die Teilnehmer kamen alle aus der deutschsprachigen Schweiz. Über einen geschlossenen doodle Kalender konnten sich die Angeschriebenen für jeweils ein 60-minütiges Zeitfenster eintragen. Auf Grund der Klassierung bezüglich Raumplanungsfachwissen und Siedlungsaffinität durch den online Fragebogen wurden 30 Probanden ausgewählt. Die männlichen ( $n=15$ ) und weiblichen ( $n=15$ ) Teilnehmer waren in der Anzahl exakt ausgeglichen. Das Alter der Probanden variierte zwischen 23 und 89 Jahren ( $M=37.26$  Jahre,  $SD=14.89$  Jahre). Das Alter der Probanden streute etwas mehr ( $M=40.3$  Jahre,  $SD=20.4$  Jahre), als jenes der Probandinnen ( $M=34.2$  Jahre,  $SD=14.03$  Jahre). Die Gruppe der

<sup>41</sup> <https://www.biopac.com/product-category/research/software/> (letzter Zugriff: 28.03.2017)

Raumplaner ( $n=21$ ) war deutlich grösser als jene der Laien ( $n=9$ ). Stadtmenschen ( $n=11$ ) waren etwas in der Unterzahl im Vergleich zu den als Landmenschen klassierten Probanden ( $n=19$ ).

Die landaffinen Personen waren im Schnitt älter ( $M=42.1$  Jahre) als die stadtaffinen Personen ( $M=28.64$ ). Am Experiment nahmen mehr siedlungsaffine Frauen ( $n=7$ ) teil als Männer ( $n=4$ ).

### 3.5 Experiment

Da die Probanden a priori nicht wussten, welches die unabhängige Variable ist, handelte es sich um ein *blind experiment* (MARTIN 2008). Alle Probanden sollten alle drei Visualisierungen zu sehen bekommen, was einem sogenannten *within-subject experiment* entspricht MARTIN (2008: 149-155). Eine Alternative besteht darin die Probanden in zufällige Gruppen einzuteilen und jeder Gruppe nur eine unabhängige Variable zu zeigen. Dies entspräche dem *between-subject experiment*. Der Nachteil des *between-subject experiment* besteht darin, dass es mehr Probanden benötigt. Für diese Arbeit wären im *within design* N Probanden und im *between design* N\*3 Probanden nötig gewesen (MARTIN 2008). Die Stimuli wurden immer in der gleichen Abfolge vorgeführt. Der Istzustand der Landschaft entsprach dem Stimuli S1, VIS2025 dem Stimuli S2 und VIS2050 Stimuli S3. Diese ständig gleichbleibende Reihenfolge wurde deswegen eingehalten, da der Fokus auf der Siedlungsentwicklung und der Veränderung im Bild liegt. Bei einer zufälligen Reihenfolge hätte es passieren können, dass der Proband zuerst den Zustand 2050 und darauffolgend den Istzustand zu sehen bekommen hätte, wobei er einen Siedlungsrückgang suggerierte.

#### 3.5.1 Aufbau

Um die emotionale Reaktion auf die Siedlungsentwicklung in 3D-Visualisierungen zu erfassen, wurden die EDA und die EMG unter Laborbedingungen gemessen. Das Labor befindet sich am Geographischen Institut der Universität Zürich<sup>42</sup> und ermöglichte, Störfaktoren wie Licht, Ton und Interaktionen zwischen Studienleiter und Proband zu kontrollieren. Der Proband sass rund 1.6 m von der Leinwand entfernt. Auf der rechten Seite stand eine rund 70 cm hohe Kommode, damit der Proband den Arm mit den montierten EDA Elektroden ablegen konnte. Dies verhinderte zu starke Bewegungen, welche die EDA Messungen beeinflusst hätten. 1.7 m hinter dem Probanden standen die Lautsprecher, welche links, rechts und mittig zur Leinwand aufgestellt waren (Abb. 3-23).

---

<sup>42</sup> <http://www.geo.uzh.ch/en/units/giva/services/3D-visualization-lab.html> (letzter Zugriff: 28.03.2017)

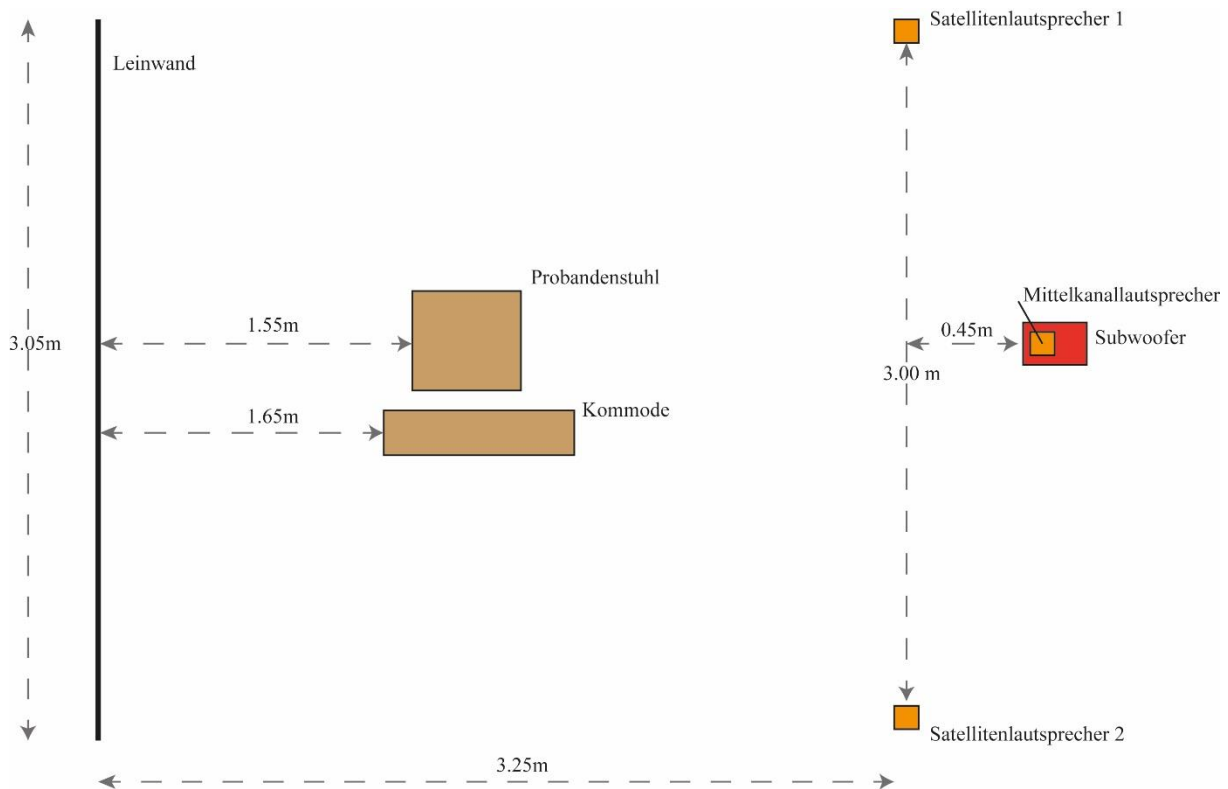


Abb. 3-23 | Grundriss Laboraufbau

Ein Projektor vom Typ *NEC U310W-R*<sup>43</sup> projizierte die Stimuli auf die Leinwand im Format 1280x720, was einer effektiven Bildgrösse von 3.05 m x 1.73 m entsprach (Abb. 3-24)<sup>44</sup>.



Abb. 3-24 | 3D cave am GIUZ mit Stimulus auf der Leinwand

Die Geräusche der Landschaftsvisualisierungen wurden über vier Lautsprecher wiedergegeben. Das Lautsprechersystem *Logitech x530*<sup>45</sup> bot die Möglichkeit bis sieben Lautsprecher zu verwenden. Für das Experiment wurden lediglich zwei Satellitenlautsprecher mit je 7.4 Watt Leistung, ein Mittelkanallautsprecher mit 15.5 Watt Leistung und ein Subwoofer mit 25 Watt Leistung aufgebaut.

<sup>43</sup> <http://www.necdisplay.com/p/multimedia-projectors/np-u310w> (letzter Zugriff: 15.02.2017)

<sup>44</sup> Eigene Darstellung: 18.02.2017

<sup>45</sup> [http://support.logitech.com/en\\_roeu/product/x530](http://support.logitech.com/en_roeu/product/x530) (letzter Zugriff: 01.04.2017)

Mit Hilfe eines iPad mini (30GB) von Apple wurden die Fragen zwischen den Stimuli bearbeitet. Der Fragebogen war auf der online Plattform *Umfrage online*<sup>46</sup> aufgeschaltet und konnte mit einer WLAN-Verbindung im Labor für jeden Probanden abgerufen werden.

### 3.5.2 Ablauf

Mit Hilfe von sieben Pilotprobanden, wurde vor den Experimenten ein Experimentablauf entwickelt und getestet (Anhang 8.3). Der Zeitplan für die Durchführung des Experiments sah pro Proband 45 Minuten vor, wobei zusätzlich eine Reserve von 15 Minuten einberechnet wurde. Diese Reserve kam dadurch zustande, dass die EMG/EDA Messgeräte nicht immer auf Anhieb befriedigende Messwerte lieferten. Die Elektroden mussten dann verschoben und neu kalibriert werden, was die vorgesehene Zeit verdoppelte. Nach der Begrüssung und den Formalitäten zur Weiterverwendung der Daten, folgte eine kurze Experimenteinführung in schriftlicher Form (Anhang 8.4). Diese erklärte dem Probanden, was gemessen wird und wie der Ablauf aussieht, ging aber nicht auf den Inhalt der Visualisierungen ein, da dies Konditionierungseffekte mit sich gebracht hätte. Der Proband hatte die Möglichkeit, Fragen an den Studienleiter zu richten. Anschliessend wurden die Elektroden und Messgeräte am Probanden angebracht (s. Kapitel 3.4.1).

### Funktionstest und Baseline

Um die EDA Werte zu verändern, atmete der Proband tief ein und aus. Für den EMG Funktionstest wurde abwechslungsweise die Lachmuskulatur aktiviert oder die Stirn gerunzelt. Falls entsprechende Daten aufgezeichnet wurden, konnte eine Baseline des Probanden aufgenommen werden. Für die Aufnahme der Baseline raten BRAITHWAITE et al. (2013) die EDA/EMG Werte des Probanden während einigen Minuten zu messen, ohne das überhaupt eine bestimmte Aufgabe zu machen ist. Auf die Baseline wurde im Rahmen der Auswertung zurückgegriffen, um die EDA Werte als aktiviert – nicht aktiviert und die EMG Werte in positiv – negativ einteilen zu können (s. Kapitel 3.6). Im Experiment wurde diese Phase auf zwei Minuten festgesetzt, wobei zu Beginn sowie am Schluss des Experimentes eine Baseline gemessen wurde.

### Gewöhnungsvideo

Nach der Ermittlung der Baseline wurde der Proband mit der Darstellungsgrösse und der Punktdarstellung von LiDAR Daten vertraut gemacht. Ohne diese Gewöhnungsphase stiegen die EDA Werte der Pilotprobanden bei der Betrachtung des ersten Stimulus sehr stark an. Dies erschwerte einen Vergleich mit den darauffolgenden Stimuli. Als Gewöhnungsstimulus wurde eine eingefärbte ALS LiDAR Darstellung des Irchelparks gezeigt. Aus der Vogelperspektive überflog man den Park während rund 45 Sekunden, wobei das Video stumm war. Durch diesen ersten visuellen Eindruck wurde der

---

<sup>46</sup> <https://www.umfrageonline.com/> (letzter Zugriff: 08.03.2017)

Proband konditioniert und die EDA Werte bei der Betrachtung des ersten Stimulus (S1) wurden vergleichbar mit jenen der Stimuli 2 (S2) und 3 (S3).

### Stimuli Betrachtungen und Bewertungen S1-S3

Während des Betrachtens der Stimuli S1, S2, S3 und dem Ausfüllen des Fragebogens fand keine verbale Kommunikation zwischen dem Probanden und dem Studienleiter statt. Die Raumbelichtung wurde während der gesamten Dauer des Experiments abgeschaltet. Jeder Stimulus dauerte rund 60 Sekunden, danach wurde für 5 Sekunden eine schwarze Leinwand präsentiert. Anschliessend forderte ein auf die Leinwand projizierter Text den Probanden auf, die Fragen mit dem iPad auszufüllen. Der Proband nahm dann die retrospektive Selbsteinschätzung der Emotion auf den gesehenen Stimulus mittels SAM vor. Anschliessend bewertete jeder Teilnehmer den Visualisierungsinhalt (Abb. 3-25).

**Wenn Sie sich nochmals den visualisierten Pfad vor Augen führen, wie beurteilen Sie die Landschaft, welche Sie auf Ihrem Spaziergang gesehen haben? \***

Hier geht es um Ihre persönliche Meinung zur gezeigten Landschaft und nicht um die Visualisierungsqualität.

	gefiel mir überhaupt nicht	gefiel mir nicht	neutral	gefiel mir	gefiel mir sehr gut
Verhältnis Vegetation / Bauten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Häuserformen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Häuserstandorte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gesamteindruck der Landschaft	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Abb. 3-25** | Fragen subjektive Landschaftsbewertung

Diese Fragen dienen dazu die Forschungsfrage 1 (s. Kapitel 2.5) zu beantworten. Mittels Handzeichen bestätigte der Proband dem Studienleiter seine Bereitschaft zur Fortsetzung des Experiments mit dem nächsten Stimulus (Abb. 3-26). Für alle drei Stimuli wiederholte sich das Prozedere analog. Nach der dritten Stimulus Betrachtung erfolgten noch drei Fragen welche sich auf alle drei Stimuli bezogen.

*A: In welcher Visualisierung hatte es am wenigsten Vegetation im Vordergrund?*

*B: Wie viele neu erstellte Häuser hatte es in der zweiten Szene zu ihrer linken Seite, während Sie den Hügel hinuntergegangen sind?*

*C: Alle drei Szenen folgen exakt demselben Pfad. Trifft zu – trifft nicht zu?*

Diese drei Fragen wurden gestellt um einerseits zu erkennen, wie fokussiert die Probanden über die drei Stimuli Betrachtungen waren, andererseits werden die Ergebnisse in die Diskussion der Forschungsfrage 4 miteinbezogen. Nach der zweiten Baseline Messung wurden die Messgeräte abgenommen. In dieser Phase wurde mit einer unspezifischen Nachfrage in Form eines lockeren Gesprächs versucht, die Gedankengänge der Probanden während der Betrachtung der Visualisierung zu



ergründen. Konkret fragte der Studienleiter, was dem Probanden bei der Betrachtung der Stimuli durch den Kopf gegangen ist. Die Methode der unspezifischen Nachfrage gehört zu den kognitiven Interviews nach PRÜFER & REXROTH (2005). Die Gespräche wurden mit dem iPad aufgezeichnet und im Falle von Schwierigkeiten bei der Auswertung der EDA/EMG Daten beigezogen, sonst aber nicht weiterverwendet.

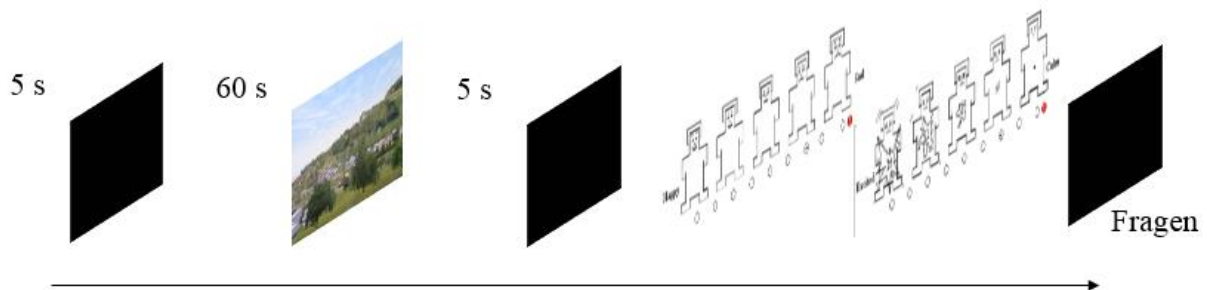


Abb. 3-26 | Ablauf der Stimulipräsentation

### 3.6 Datenauswertung

Um die Messwerte von EDA und EMG in Relation zum Ruhezustand des Probanden zu setzen oder Messwerte der Probanden untereinander zu vergleichen, waren zuerst einige Normalisierungen der Daten notwendig (Kapitel 3.6.1 & 3.6.2). Im Anschluss soll veranschaulicht werden, welche Teile der Stimuli mit den normalisierten Daten detaillierter bei der Datenauswertung betrachtet wurden (Kapitel 3.6.3).

#### 3.6.1 Erregung (EDA Signal)

Die EDA Daten wurden als tonisches Signal (SCL) aufgenommen. Aus diesem Signal musste in einem ersten Schritt das phasische Signal (SCR) extrahiert werden. Diese Aufteilung wurde in AcqKonwledge mit der vordefinierten Funktion «Derive Phasic EDA from Tonic» vorgenommen. Ein Tiefpass-Filter von 2Hz fügte man dem Resultat zu, um eine geglättete Kurve zu erhalten. Weiter wurden die SCR Werte gemäss

Formel 2 auf eine 0,1-Standardisierung gebracht, damit diese über alle Probanden vergleichbar wurden. Die minimalen und maximalen Werte konnten aus dem gesamten Experimentbereich (s. B1 – B2 in Abb. 3-27)<sup>47</sup> bestimmt werden. Nicht beachtet wurden zu Beginn auftretende Ausreisser der Messwerte, welche teilweise durch das Zurechtrücken der Elektrodenkabel entstanden. Mit der area under curve (AUC) respektive der Messfunktion «Area» angewandt auf die SCR<sub>STAND</sub> Werte, wurde eine zweite Standardisierung vorgenommen (Formel 3). Diese beschreibt die prozentuale Veränderung der Hautleitfähigkeit im Verhältnis zur Baseline (AUC<sub>NORM</sub>). AUC<sub>BASE</sub> und AUC<sub>STIMULUS</sub> mussten exakt gleich lang sein, da sich die Werte als Funktion der Zeit ändern. Je nach Analysebereich (Abb. 3-27) der Auswertung musste also eine gleichlange Referenzperiode AUC<sub>BASE</sub> aufgenommen werden. Bei

<sup>47</sup> Eigene Darstellung (05.02.2017)

$AUC_{NORM} < 0$  steigt der SCR Wert im Verhältnis zur Baseline an, die Erregung nimmt also zu. Bei  $AUC_{NORM} > 0$  nimmt der SCR Wert im Verhältnis zur Baseline ab, was einer Abnahme der Erregung gleichkommt.

Für die ganze Stimulus Laufzeit, wie auch für die detaillierten Analysezeiträume (Abb. 3-27) wurde jeweils der Mittelwert aller  $AUC_{NORM}$ -Werte betrachtet.

$$SCR_{STAND} = \frac{(SCR - SCR_{MAX})}{SCR_{MIN} - SCR_{MAX}}$$

**Formel 2** | Standardisierung SCR

$$AUC_{NORM} = \frac{(AUC_{BASE} - AUC_{STIMULUS})}{AUC_{BASE}} * 100$$

**Formel 3** | Area under curve Standardisierung nach ANTONENKO et al. (2010)

Weiter wurden mit der Funktion «locate SCR's» in AcqKnowledge mit Hilfe der phasischen EDA Werte und dem Threshold Level von  $0.02 \mu S$  die SCR Spitzenwerte berechnet und angezeigt. Diese wurden für die Ganze Laufzeit der drei Stimuli gezählt und der Zeitpunkt des Auftretens gespeichert.

### 3.6.2 Valenz (EMG Signal)

Die Rohdaten der Muskelaktivitäten von *Zygomaticus* und *Corrugator* wurden zuerst mit einem Bandpassfilter von 10Hz – 500Hz gefiltert. Auf die gefilterten Werte wurde dann mit der Funktion «root mean square» (RMS) das Integral berechnet und die Maximalen Werte von RMS Zygomaticus und RMS Corrugator herausgelesen. Diese Maximalwerte traten immer zu Beginn des Experimentes auf, da die Probanden im Rahmen des Funktionstestes aufgefordert wurden die Stirn stark zu runzeln und kräftig zu lachen. Mit diesen beiden Maximalwerten wurde eine «maximum voluntary contraction» (MVC) Normalisierung durchgeführt (Formel 4). Die so resultierenden Werte zeigen das Verhältnis zwischen maximaler Muskelaktivität und der gemessenen Aktivität an. Die Valenz wird nun aus der Subtraktion den MVC-Werten der Corrugatoraktivität von den MVC-Werten der Zygomaticusaktivität definiert (Formel 5). Liegt der Wert im positiven Bereich, ist die Valenz ebenfalls positiv. Für die ganze Stimulus Laufzeit, wie auch für die detaillierten Analysezeiträume (Abb. 3-27) wurde jeweils der Mittelwert aller Valenz-Werte betrachtet.

**Formel 4** | MVC Normalisierung Zygomaticus und Corrugator

$$MVC_{Zygomaticus} = \frac{RMS_{Zygomaticus}}{RMS_{MAX Zygomatic}} \quad MVC_{Corrugator} = \frac{RMS_{Corrugator}}{RMS_{MAX Corrugator}}$$

**Formel 5** | Berechnung Valenz

$$Valenz = MVC_{Zygomaticus} - MVC_{Corrugator}$$

Zusätzlich wurden mit der Funktion «*locate muscle activation*» jene Bereiche ermittelt, welche eine besonders starke Aktivität des *Zygomaticus* wie auch des *Corrugators* aufwiesen. Die Aktivitätsbereiche innerhalb ausgewählter Stimulus Bereiche wurden gezählt und deren Auftretens Zeitpunkt zugeordnet.

### 3.6.3 Auswertung ausgewählter Stimulus Bereiche

AUC<sub>NORM</sub> aus den EDA Daten und die Valenz aus den EMG Daten wurden auf zwei zeitliche kurze Abschnitte (6 s) innerhalb der Stimuli ausgewertet (Abb. 3-27, grün markiert). Dies war für die Beantwortung der Forschungsfrage vier notwendig. Die Mittelwerte über die ganzen Stimuli Laufzeiten (60 s) wurden für die Beantwortung der anderen drei Forschungsfragen betrachtet.

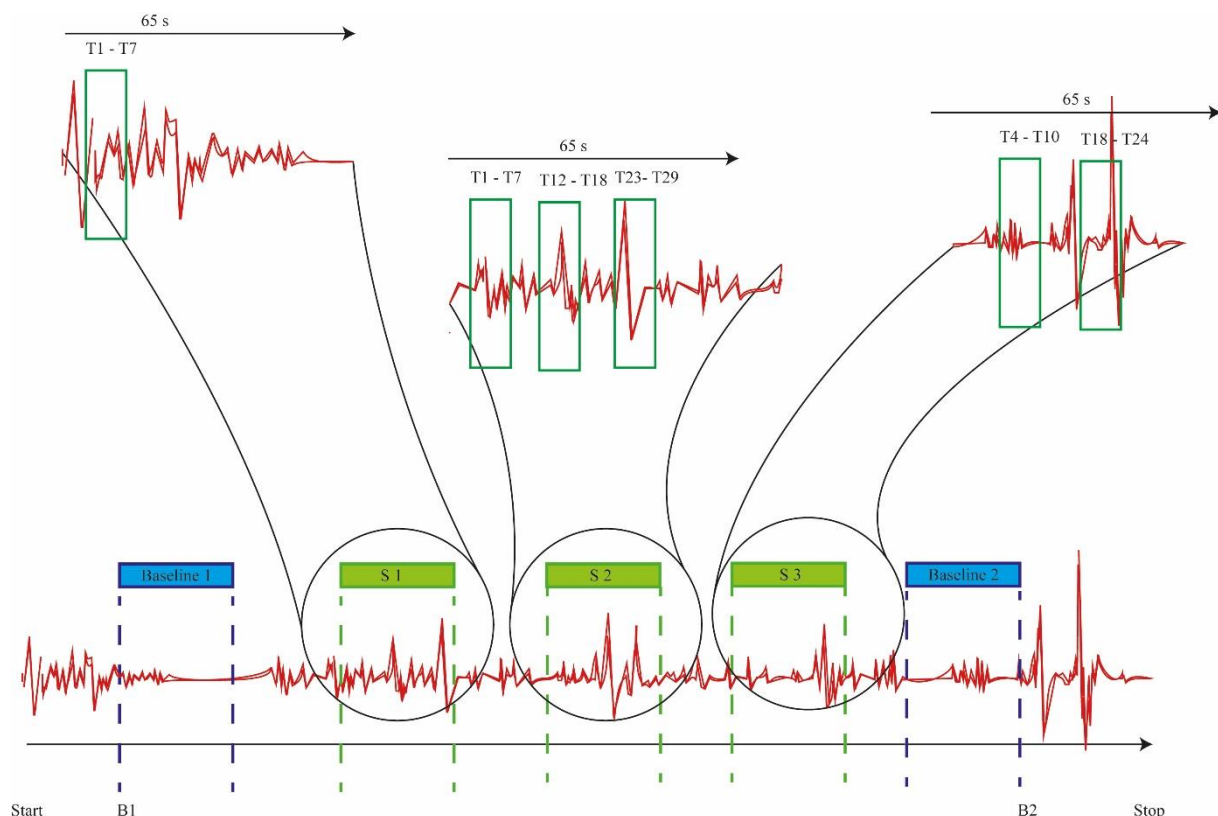


Abb. 3-27 | Analysebereiche EDA und EMG

#### Stimuli Anfang (onset)

Innerhalb der Stimuli S1 und S2 wurde von Sekunde 1 bis Sekunde 7 (T1-T7 in Abb. 3-27) die EDA und EMG Veränderung auf das Erscheinen des Stimulus (*engl. onset*) betrachtet. FIGNER & MURPHY (2011) zeigen auf, dass nach dem Erscheinen des Stimulus mit einer Latenzzeit von 1-2 Sekunden gerechnet werden muss, bis sich der EDA Wert verändert. Nach weiteren 2-3 Sekunden wird ein EDA Peak überschritten. S3 konnte diesbezüglich nicht ausgewertet werden, da sich die Onset Periode mit dem Erscheinen der Hintergrundsiedlung überschneidet.

#### Siedlungsentwicklung im Hintergrund

Um die emotionale Reaktion auf die Siedlungsentwicklung im Hintergrund der 3D-Landschaftsvisualisierung zu analysieren, wurden die Bereiche *T12-T18* in *S2* (Abb. 3-28) sowie *T4-T10* in *S3* (Abb. 3-29) betrachtet. Diese Bereiche stellen die Erscheinungszeitpunkte der neuen Gebäude im Hintergrund der Landschaft in der Talsohle dar.



**Abb. 3-28** | Erscheinen der Hintergrundgebäude (*T12 - T18*) in *S2*



**Abb. 3-29** | Erscheinen der Hintergrundgebäude (*T4 - T10*) in *S3*

### Siedlungsentwicklung im Vordergrund

In den Stimuli dreht die Kamera nach der Hintergrundbetrachtung zum Dorfrand hin und die im Vordergrund gelegenen Gebäude werden sichtbar. In *S2* ist das der Bereich *T23-T29* (Abb. 3-30), in *S3* der Bereich *T18-T24* (Abb. 3-31). Diese Gebäude sind grösser und deutlich näher beim Betrachter, als die Gebäude im Hintergrund.



**Abb. 3-30** | Erscheinen der Vordergrundgebäude (*T23-T29*) in *S2*



**Abb. 3-31** | Erscheinen der Vordergrundgebäude (*T18-T24*) in *S3*

# 4 Resultate

Die Präsentation der Resultate richtet sich nach der Reihenfolge der Forschungsfragen (s. Kapitel 2.5). Die statistischen Auswertungen wurden mit *IBM SPSS Statistics 24*<sup>48</sup> gemacht. Generell sind alle Ergebnisse mit Whisker Boxplots grafisch aufbereitet. Median, Interquartilbereich (IQR), unterer- sowie oberer Whisker ( $1.5 \cdot \text{IQR}$ ), Ausreisser und Extremwerte können direkt aus den Grafiken abgelesen werden. Resultate welche auf dem 95% Konfidenzintervall signifikant sind, wurden mit (\*) in den Grafiken markiert. Ausreisser sind mit °, Extremwerte mit \* dargestellt. Informationen über Mittelwert ( $M$ ) und Standardabweichung ( $SD$ ) sind jeweils tabellarisch ergänzt. Emotionale Reaktionen im zweidimensionalen Valenz-Erregungsmodell, sind als X/Y Punktdiagramme dargestellt. Zur Erkennung von Unterschieden zwischen nur zwei unabhängigen oder abhängigen Datensätzen, wurde ein *T-Test* für abhängige resp. unabhängige Variablen durchgeführt. Um Unterschiede in verbundenen Stichproben zu erkennen, wurde eine *einfaktorische Varianzanalyse* durchgeführt. Bei *T-Test* Ergebnissen ist der *T-Wert* ( $T$ ) aufgeführt, bei den Ergebnissen der Varianzanalysen der *F-Wert* ( $F$ ). Um Zusammenhänge zu erkennen, wurde die *Rangkorrelation nach Spearman* angewandt, wobei jeweils der Korrelationskoeffizient ( $r_s$ ) angegeben ist. Bei allen Resultaten ist zudem der Signifikanzwert ( $p$ ) angegeben. Zur Beurteilung der Signifikanz wurde das 95% Konfidenzniveau gewählt. Somit sind jene Resultate deren  $p < 0.05$  liegen signifikant. Bei auftretender Signifikanz, wurde zusätzlich die *Effektstärke* ( $r$ ) nach COHEN (1992) berechnet.

## 4.1 Emotionale Reaktion auf Stimuli und subjektive Bewertung

### Gemessene Erregung (EDA)

Die Erregung stellt die prozentuale Veränderung der Hautleitfähigkeit im Verhältnis zur Baseline ( $AUC_{\text{NORM}}$ ) dar (s. Kapitel 3.6.1). Die resultierenden Erregungswerte liegen im Schnitt bei allen drei Stimuli (S1-S3) im leicht negativen Bereich, wobei es keine positiven Ausreisser gab. Die generelle Erregung der Probanden ist während der Stimuli Betrachtung also leicht höher als während der Baseline Messung, nimmt bei S2 etwas zu und bei S3 leicht ab (Abb. 4-1).

<sup>48</sup> <https://www.ibm.com/analytics/us/en/technology/spss/> (letzter Zugriff: 05.03.2017)

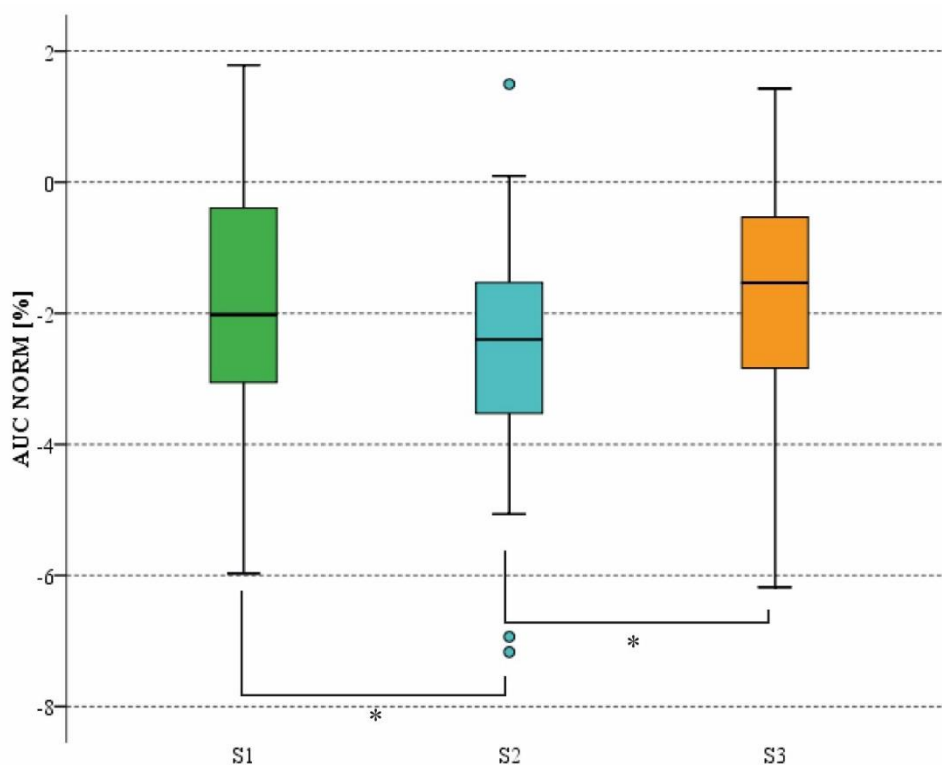


Abb. 4-1 | Durch EDA ermittelte AUC Werte Stimuli S1 - S3

Ein *T-Test für abhängige Stichproben* zeigt, dass sich die mittlere Erregung über jeweils 60 Sekunden Stimulus Laufzeit zwischen S1 und S2 signifikant unterscheidet ( $T=2.07$ ,  $p=0.047$ ,  $d=0.377$ ). Die Signifikanz weist einen kleinen Effekt nach Cohen aus. Zwischen S2 und S3 ( $T=2.11$ ,  $p=0.044$ ,  $d=0.383$ ) besteht ebenfalls ein signifikanter Unterschied mit einer geringen Effektstärke. Zwischen S1 und S3 ( $T=-0.149$ ,  $p=0.883$ ) lässt sich keine Signifikanz im Unterschied der mittleren Erregung festhalten. Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der Erregung (Tab. 7) zwischen S1 und S2 sowie zwischen S3 und S2 unterscheiden, kann angenommen werden. Für den Unterschied zwischen S1 und S3 muss die Testhypothese verworfen werden.

Tab. 7 | *M* und *SD* der AUC NORM Werte

	S1	S2	S3
<i>M</i> [%]	-1.868	-2.571	-1.819
<i>SD</i> [%]	1.789	1.929	1.994

### Gemessene Valenz (EMG)

Die Valenz stellt die prozentuale Veränderung der Muskelaktivität im Verhältnis zum MVC dar (s. Kapitel 3.6.2). Die mittleren Valenzen über jeweils 60 Sekunden Stimulus Laufzeit liegen bei allen drei Stimuli (S1-S3) im gering negativen Bereich. Die Probanden sind tendenziell zunehmend negativer gestimmt. Bei allen Stimuli gibt es lediglich positive Ausreisser (Abb. 4-2).

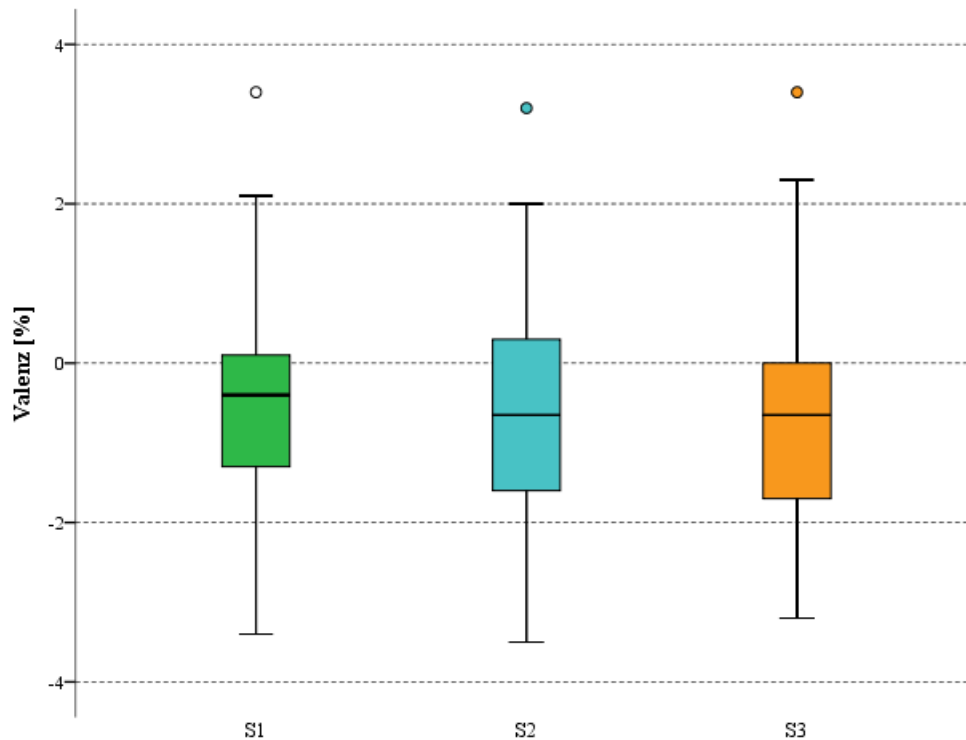


Abb. 4-2 | Durch EMG ermittelte Valenzwerte Stimuli S1-S3

Ein *T-Test für abhängige Stichproben* zeigt, dass zwischen S1 und S2 ( $T=1.252$ ,  $p=0.221$ ) wie auch zwischen S2 und S3 ( $T=0.515$ ,  $p=0.611$ ) keine signifikanten Unterschiede in der mittleren Valenz bestehen. Zwischen S1 und S3 lässt sich ein leichter Unterschied der Valenzwerte erkennen ( $T=-1.899$ ,  $p=0.068$ ). Dieser ist jedoch mit 6.8% zu hoch, um auf dem 95% Konfidenzniveau als signifikant akzeptiert zu werden. Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der Valenzen (Tab. 8) über die drei Stimuli unterscheiden, muss demnach verworfen werden.

Tab. 8 | *M* und *SD* der Valenzwerte

	S1	S2	S3
<i>M</i> [%]	-0.407	-0.593	-0.693
<i>SD</i> [%]	1.460	1.566	1.600

### Gemessene Valenz und Erregung im zweidimensionalen Emotionsmodell

Erregungs- und Valenzwerte sind nachfolgend auf einem zweidimensionalen Emotionsmodell aufgetragen (s. Kapitel 3.4). Für jeden Stimulus sind die Valenzwerte auf der X-Achse (Valenz [%]) und die Erregungswerte ( $AUC_{NORM}$  [%]) auf der Y-Achse dargestellt (Abb. 4-3). Es gilt zu beachten, dass die Skalen jeweils von -6% - 6% aufgetragen sind. Der Grund liegt in der Normalisierung da die Werte immer ein Verhältnis zur maximalen Kontraktion (Valenz) und zur Baseline Erregung

( $AUC_{NORM}$ ) wiedergeben. Man könnte beide Werte auch noch über ihren jeweiligen Wertebereich zwischen 0 und 1 standardisieren, dies ergibt aber für den grafischen Vergleich keinen Mehrwert.

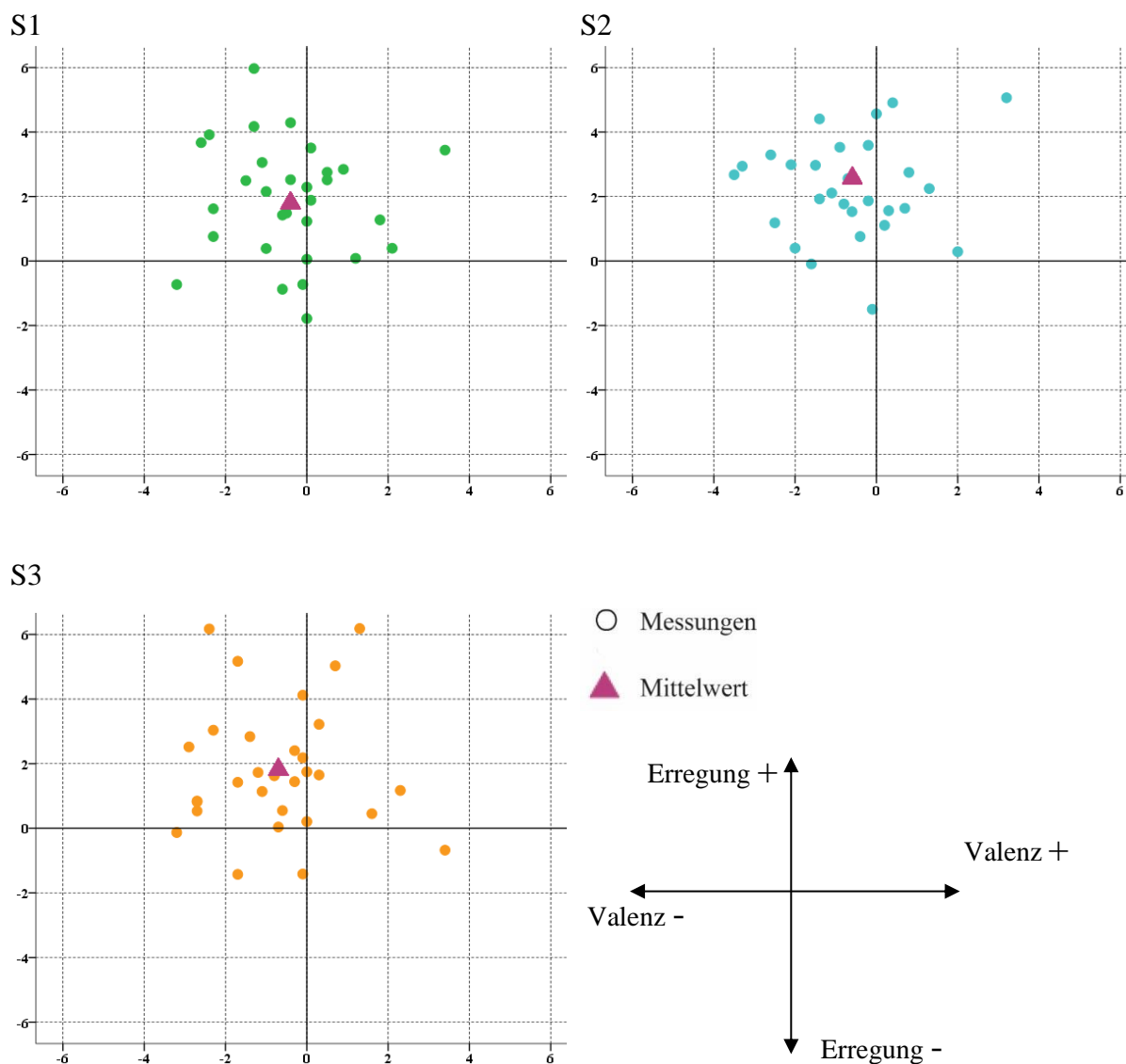


Abb. 4-3 | Gemessene Emotionen S1 (oben links), S2 (oben rechts), S3 (unten links)

Zwischen der Valenz und der Erregung wurden mittels *Spearman Rangkorrelation* keine Zusammenhänge gefunden.

### SAM

Die beiden mit SAM abgefragten Dimensionen Erregung und Valenz, wurden auf einer Neun-Punkte-Skala erfasst, wobei 1 = ruhig, unglücklich und 9 = erregt, glücklich bedeutete. Der Vergleich beider Dimensionen sind mit einem *T-Test für abhängige Variablen* durchgeführt worden.



### Entwicklung Erregung nach SAM über die drei Stimuli

Die SAM Angaben der Erregung verändern sich zwischen S1 und S2 nicht. Bei S3 liegt eine grössere Streuung der Erregungsangaben vor, wobei der Durchschnitt aller Erregungswerte bei 4.25 liegt. Die Probanden geben also keine besondere Erregungssteigerung an (Abb. 4-4).

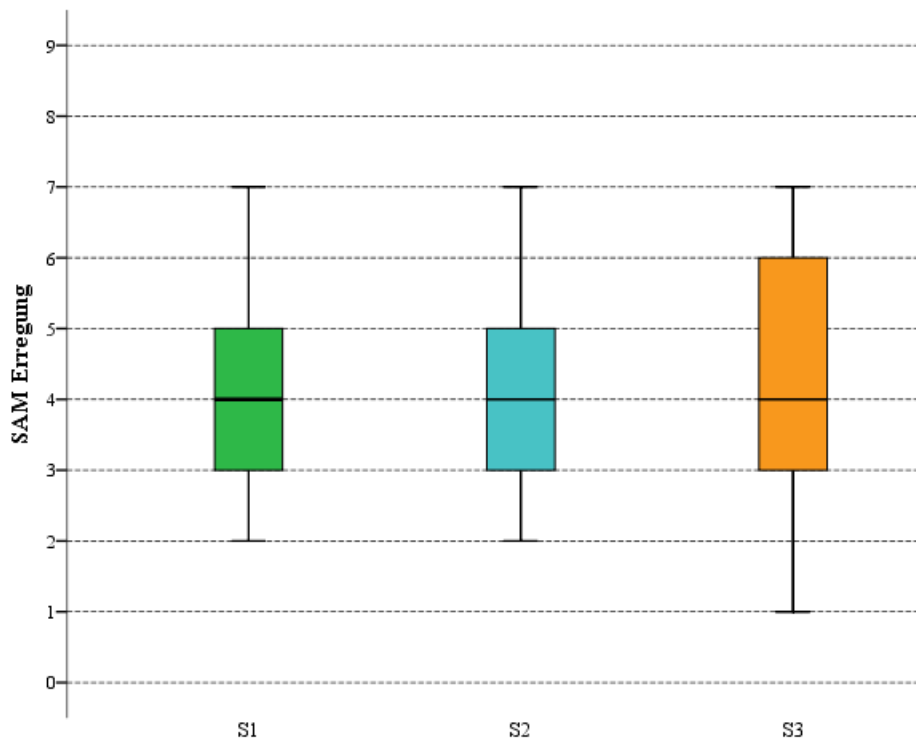


Abb. 4-4 | Durch SAM ermittelte Erregungswerte

Zwischen S1 und S2 ( $T=-0.551$ ,  $p=0.586$ ), zwischen S1 und S3 ( $T=-0.379$ ,  $p=0.708$ ) und zwischen S2 und S3 ( $T=0$ ,  $p=1$ ) bestehen keine signifikanten Unterschiede in den Erregungsangaben mit SAM. Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der Erregung nach SAM (Tab. 9) über die drei Stimuli unterscheidet, muss verworfen werden.

Tab. 9 | M und SD der SAM Erregungswerte

	S1	S2	S3
<i>M</i>	4.2	4.3	4.3
<i>SD</i>	1.584	1.368	1.466

### Entwicklung Valenz nach SAM über die drei Stimuli

Die Valenz nach SAM liegt über alle Stimuli hinweg im positiven Bereich. Am negativsten geben die Probanden ihre Valenz nach der Betrachtung von Stimulus S3 an (Abb. 4-5).

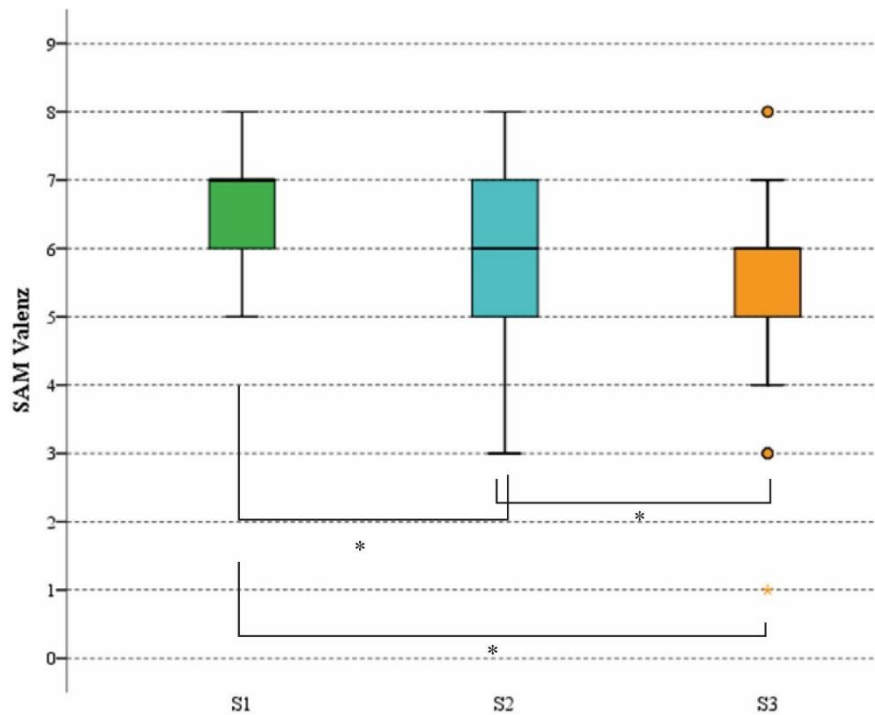


Abb. 4-5 | Durch SAM ermittelte Valenz

Zwischen S1 und S2 ( $T=2.475$ ,  $p=0.019$ ,  $d=0.422$ ) besteht ein signifikanter Unterschied der durch SAM angegebenen Valenzen, wobei ein mittlerer Effekt beobachtet werden kann. Zwischen S1 und S3 ( $T=3.973$ ,  $p=0$ ,  $d=0.834$ ) besteht mit einem grossen Effekt ein signifikanter Unterschied in den Valenzangaben. Zudem besteht ebenfalls ein signifikanter Unterschied der Valenzen zwischen S2 und S3 ( $T=-2.473$ ,  $p=0.019$ ,  $d=0.452$ ). Die Effektstärke kommt ebenfalls einem mittleren Effekt gleich. Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der mit SAM erhobenen Valenzen (Tab. 10) über die drei Stimuli unterscheiden, kann angenommen werden. Es lässt sich eine signifikante Abnahme der angegebenen Valenz von S1 bis S3 feststellen.

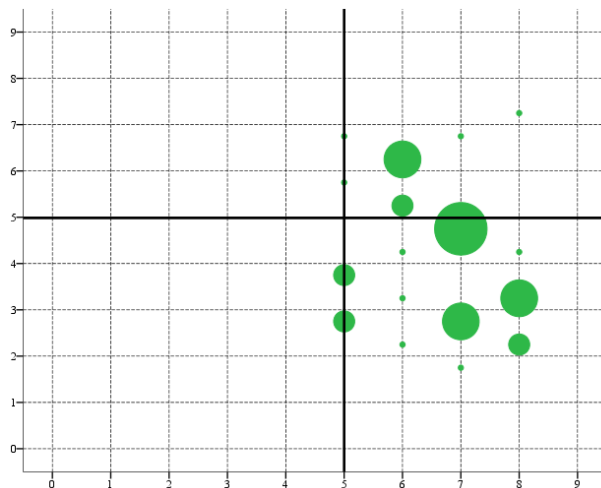
Tab. 10 |  $M$  und  $SD$  der SAM Valenzwerte

	S1	S2	S3
$M$	6.57	6.07	5.47
$SD$	1.073	1.285	1.525

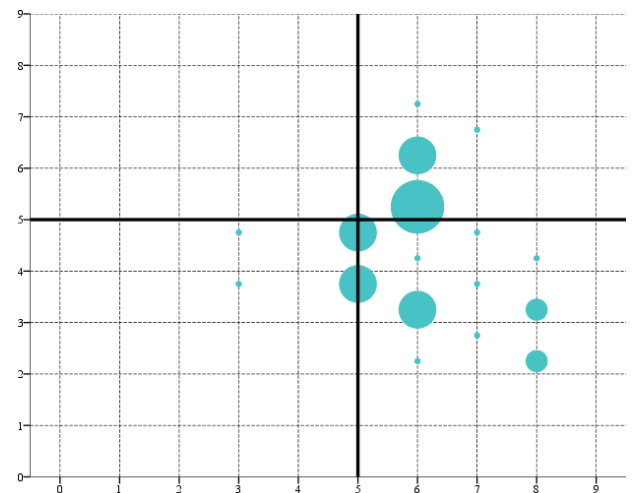
### SAM Emotionen

Auch die Valenz und Erregungswerte, welche mittels der SAM Methode erhoben wurden, sind nachfolgend für jeden Stimulus im zweidimensionalen Emotionsmodell abgebildet. Auf der X-Achse ist wieder die Valenz, auf der Y-Achse die Erregung aufgetragen. Die Achsen gehen jeweils über den gesamten Wertebereich der Neun-Punkte-Skala des Fragebogens, je grösser der Kreis desto mehr Antworten liegen auf derselben Valenz-Erregungskombination (Abb. 4-6).

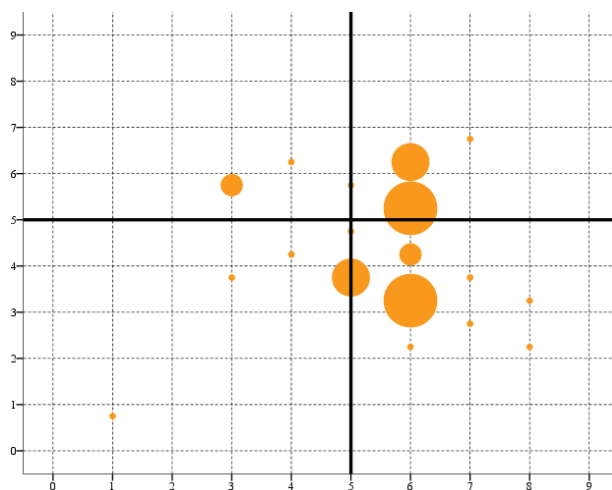
S1



S2



S3



Anzahl Probanden

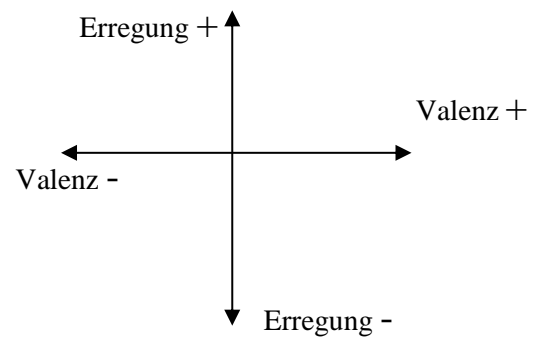
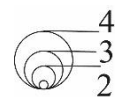


Abb. 4-6 | Emotionen nach SAM S1 (oben links), S2 (oben rechts), S3 (unten links)

Die angegebenen Valenzen liegen mehrheitlich im positiven Bereich. Die Erregung liegt beim Stimulus S1 tiefer als bei S2 und S3. Zwischen den erhobenen Valenzen und den Erregungswerten ergeben sich mit der *Rangkorrelation nach Spearman* keine signifikanten Zusammenhänge. Ein leicht negativer, aber nicht signifikanter Zusammenhang liegt bei S2 vor ( $r_s = -0.324$ ,  $p = 0.081$ ).

## Vergleich Emotion biophysische Messungen und SAM

Es sollen kurz die *Korrelationen nach Spearman* zwischen den durch SAM erhobenen Daten und den physiologischen Messungen aufgezeigt werden.

### Valenz

**Tab. 11** | *Korrelationen zwischen SAM Valenzen und gemessenen Valenzen*

	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
$r_s$	0.099	0.08	-0.008
$p$	0.602	0.674	0.967

### Erregung

**Tab. 12** | *Korrelationen zwischen SAM Erregungswerten und gemessener Erregung*

	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
$r_s$	-0.65	-0.175	0.152
$p$	0.366	0.178	0.211

Sowohl bei der Valenz wie auch bei den Erregungswerten bestehen keine Korrelationen zwischen den durch SAM erhobenen Emotionen und den gemessenen emotionalen Reaktionen (Tab. 11; Tab. 12).

### Subjektive Bewertung des Landschaftsbildes

Mit dem begleitenden Fragebogen, wurden die Probanden nach ihrer subjektiven Bewertung der gezeigten Landschaften gefragt. Die Skala reicht von 1= Landschaft gefällt mir überhaupt nicht, bis 5= gefällt mir sehr gut. Die Landschaft im ersten Stimuli S1 gefiel den Probanden am besten, mit einer geringen Streuung und keinen Ausreißern. Die Landschaften in S2 und S3 werden als weniger schön beurteilt, wobei die Streuung der Antworten deutlich grösser ausfällt (Abb. 4-7). Um Unterschiede in der Bewertung zu finden wurde auch hier ein *T-Test für abhängige Variablen* durchgeführt.

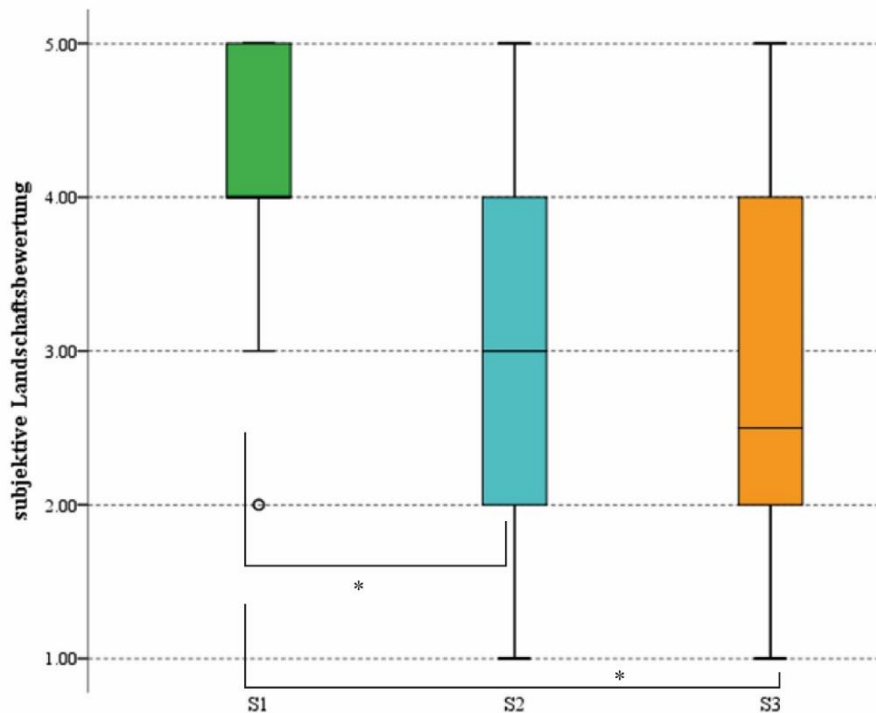


Abb. 4-7 | Subjektive Bewertung der Landschaftsqualität

Zwischen der subjektiven Landschaftsbewertung von S1 und S2 besteht ein signifikanter Unterschied ( $T=3.885$ ,  $p=0.001$ ). Die Effektstärke beträgt  $d= 0.929$ , was einem starken Effekt nach Cohen entspricht. Auch zwischen S1 und S3 lässt sich ein deutlich signifikanter Unterschied ( $T=5.410$ ,  $p=0$ ) mit einer Effektstärke  $d= 1.212$  erkennen. Auch hier liegt ein starker Effekt vor. S2 und S3 unterscheiden sich hinsichtlich der Bewertung nicht signifikant ( $T=1.469$ ,  $p=0.153$ ). Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der subjektiven Landschaftsbewertung (Tab. 13) zwischen S1 und S2 sowie zwischen S1 und S3 unterscheidet, kann angenommen werden. Hingegen muss die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der subjektiven Landschaftsbewertung von S2 und S3 unterscheiden, verworfen werden.

Tab. 13 |  $M$  und  $SD$  der subjektiven Landschaftsbewertung

	S1	S2	S3
$M$	4.03	3.13	2.83
$SD$	0.85	1.07	1.12

### Vergleich subjektive Bewertung mit Valenz-, und Erregungswerten

Um die subjektive Bewertung der Landschaft mit den Emotionen in Verbindung zu setzen, wurden die Werte der Landschaftsbewertung mit den SAM und biophysischen Valenzwerten sowie Erregungswerten verglichen. Eine *Rangkorrelation nach Spearman* zeigt, dass die Valenzwerte der SAM und der physiologischen Messung innerhalb S1 signifikant mit einer mittleren Effektstärke korrelieren (Tab. 14). Die gemessenen Erregungswerte korrelieren in S3 signifikant mit einer mittleren

Effektstärke zur subjektiven Landschaftsbewertung (Tab. 14). Alle anderen Vergleiche zeigen keine Korrelationen.

**Tab. 14** | Zusammenhang zwischen subjektiver Landschaftsbewertung und Emotionen

	<b>S1</b> (r <sub>s</sub> , p)	<b>S2</b> (r <sub>s</sub> , p)	<b>S3</b> (r <sub>s</sub> , p)
<i>Valenz SAM – subj. Bewertung</i>	0.410, p=0.025 (*)	-0.021, p=0.914	0.248, p=0.187
<i>Valenz biophysisch – subj. Bewertung</i>	0.446, p=0.014 (*)	-0.121, p=0.526	0.121, p=0.525
<i>Erregung SAM – subj. Bewertung</i>	-0.163, p=0.388	-0.12, p=0.528	0.116, p=0.543
<i>Erregung biophysisch – subj. Bewertung</i>	-0.1, p=0.299	-0.510, p=0.002 (*)	0.012, p=0.474

## 4.2 Emotionale Reaktion von Planungslaien und Raumplanern

### Gemessene Erregung (EDA)

Die gemessene durchschnittliche AUC<sub>NORM</sub> über die ganzen 60 Sekunden Stimuli Laufzeiten, liegen bei den Planungslaien etwas höher als bei den Raumplanern. Die Werte der Planungslaien streuen jedoch etwas mehr als jene der Raumplaner (Abb. 4-8).

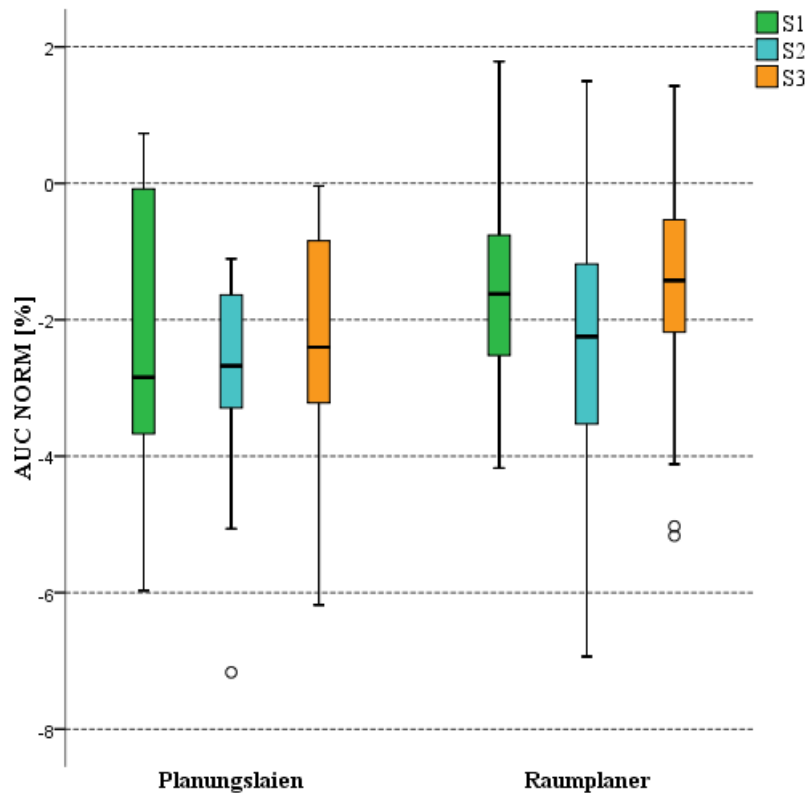


Abb. 4-8 | Gemessene AUC Mittelwerte von Planungslaien und Raumplaner

Mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) wurden die beiden Probandengruppen auf Unterschiede in der gemessenen Erregung untersucht. Bei der Betrachtung von S1 besteht kein signifikanter Unterschied in der Erregung zwischen Laien und Raumplanungsfachleuten ( $F=1.420$ ,  $p=0.243$ ). Auch bei den anderen beiden Stimuli S2 ( $F=0.635$ ,  $p=0.432$ ) und S3 ( $F=2.430$ ,  $p=0.13$ ) können keine signifikanten Unterschiede in der Erregung zwischen Planungslaien und Raumplaner erkannt werden. Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der  $AUC_{NORM}$  (Tab. 15) zwischen Planungslaien und Raumplanungsexperten unterscheiden, muss verworfen werden.

Tab. 15 |  $M$  und  $SD$  der AUC NORM Werte von Laien und Raumplaner

	S1	S2	S3
$M_{\text{(Raumplaner)}} [\%]$	-1.615	-2.381	-1.456
$SD_{\text{(Raumplaner)}} [\%]$	1.557	1.931	1.800
$M_{\text{(Laien)}} [\%]$	-2.458	-3.002	-2.665
$SD_{\text{(Laien)}} [\%]$	2.232	1.966	2.272

### Gemessene Valenz (EMG)

Die mittleren Valenzwerte über die gesamte Stimuli Laufzeiten der Planungslaien liegen leicht höher als jene der Raumplaner und streuen wiederum etwas stärker. Tendenziell zeigen die Raumplaner eine leicht negativere Emotion als die Planungslaien (Abb. 4-9).

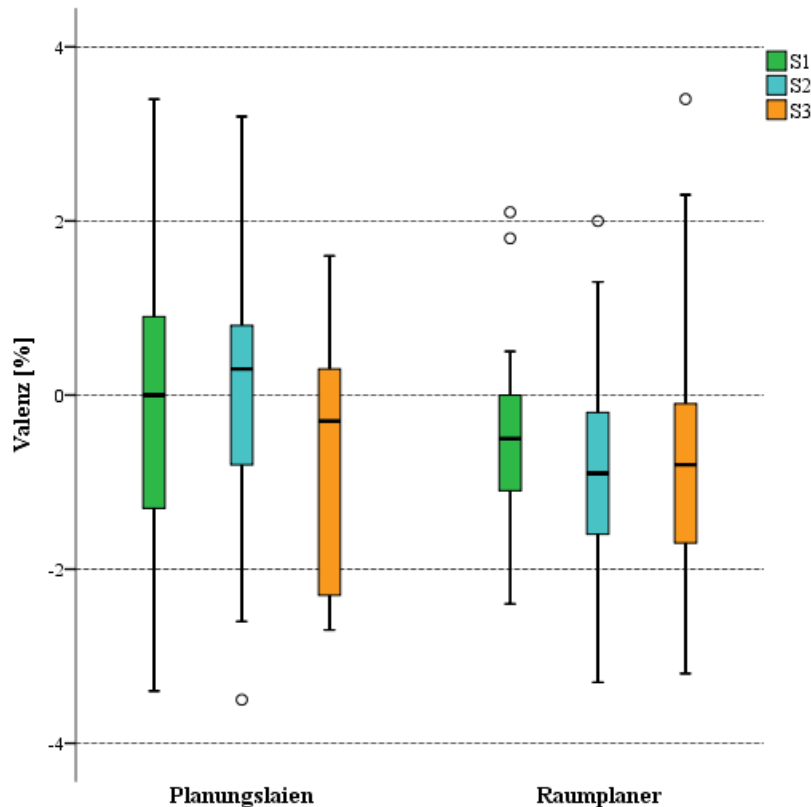


Abb. 4-9 | Gemessene Valenz Mittelwerte von Planungslaien und Raumplaner

Im ersten Stimulus S1 unterscheiden sich die Raumplaner nicht von den Planungslaien ( $F=0.279$ ,  $p=0.602$ ). Bei der Betrachtung von S2 gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen Planungslaien und Raumplanern ( $F=2.141$ ,  $p=0.155$ ). Auch innerhalb von S3 ( $F=0.108$ ,  $p=0.744$ ) können keine signifikanten Unterschiede erkannt werden. Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der Valenzen (Tab. 16) zwischen Planungslaien und Raumplanungsexperten unterscheiden, muss verworfen werden.

Tab. 16 |  $M$  und  $SD$  der Valenzwerte von Laien und Raumplaner

	S1	S2	S3
$M_{\text{(Raumplaner)}} [\%]$	-0.50	-0.86	-0.76
$SD_{\text{(Raumplaner)}} [\%]$	1.17	1.24	1.62
$M_{\text{(Laien)}} [\%]$	-0.19	0.03	-0.69
$SD_{\text{(Laien)}} [\%]$	2.06	2.09	1.60



## Emotion

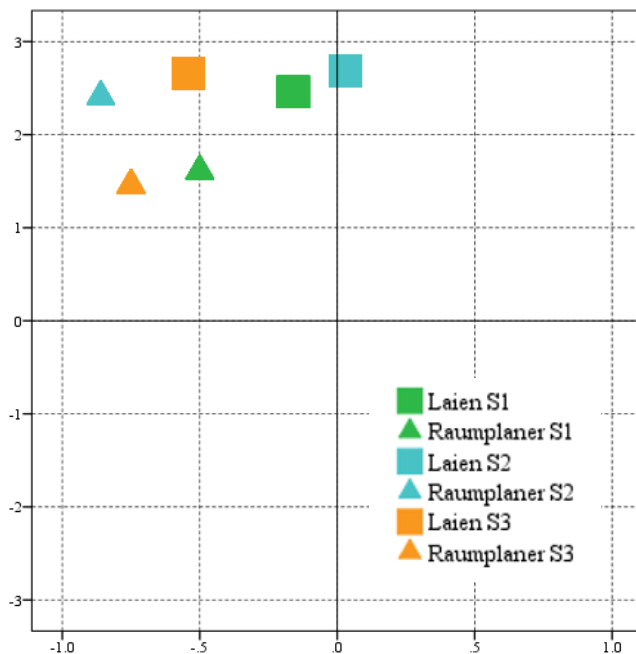


Abb. 4-10 | Durchschnittliche Emotionen unterschieden nach Laien und Raumplanern S1 - S3

Folgend sind die mittleren Emotionen von Laien und Raumplaner im zweidimensionalen Emotionsmodell über alle drei Stimuli aufgetragen (Abb. 4-10). Die X-Achse stellt wiederum die gemessene Valenz und die Y-Achse die gemessene Erregung dar.

Es lässt sich erkennen, dass die Laien im Durchschnitt weniger erregt sind als die Raumplaner, dafür tendenziell positiver auf die Stimuli reagieren. Die Reaktion auf S2 ist bei den Laien am positivsten, bei den Raumplanern ist dies S1.

Vergleicht man die beiden Gruppen auf ihre Angaben zur subjektiven Bewertung der gezeigten Landschaften in den drei Stimuli, lassen sich durch die *einfaktorielle Varianzanalyse* keine signifikanten Unterschiede zwischen Raumplanern und Planungslaien feststellen.

## SAM Erregung

Bei der Betrachtung von S1 und S2 geben die Raumplaner an, weniger stark erregt zu sein als die Planungslaien. Die Angaben der Raumplaner streut aber stärker als jene der Planungslaien. Im Stimulus S3 sind die Planungslaien erregter und die Werte streuen stärker als jene der Raumplaner (Abb. 4-11).

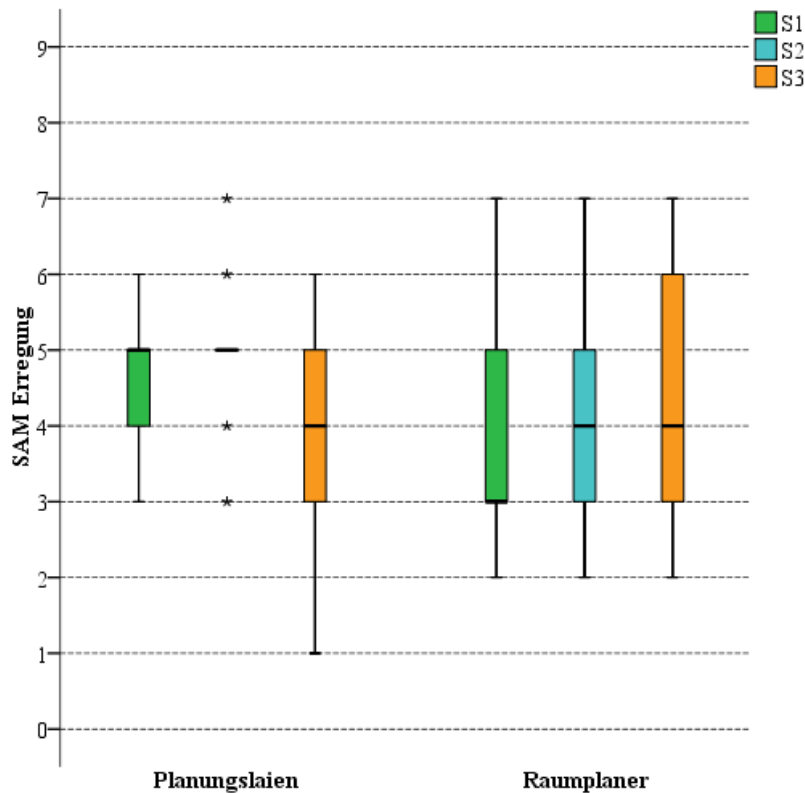


Abb. 4-11 | SAM Erregung Planungslaien und Raumplaner

Mit einer *einfaktoriellem Varianzanalyse (ANOVA)* wurden die Unterschiede der Erregungsmittelwerte nach SAM zwischen den beiden Gruppen untersucht. Im ersten Stimulus S1 unterscheiden sich die Raumplaner nicht von den Planungslaien ( $F=1.120$ ,  $p=0.299$ ). Bei der Betrachtung von S2 gibt es einen leichten aber auf dem 95% Konfidenzintervall nicht signifikanten Unterschied zwischen Planungslaien und Raumplanern ( $F=3.675$ ,  $p=0.065$ ). Auch innerhalb von S3 ( $F=0.531$ ,  $p=0.473$ ) können keine signifikanten Unterschiede erkannt werden. Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der Erregung nach SAM (Tab. 17) zwischen Planungslaien und Raumplaner unterscheiden, muss verworfen werden.

Tab. 17 |  $M$  und  $SD$  der SAM Erregung von Planungslaien und Raumplaner

	S1	S2	S3
$M$ (Raumplaner) [%]	4.00	4.00	4.43
$SD$ (Raumplaner) [%]	1.73	1.38	1.47
$M$ (Laien) [%]	4.67	5.00	4.00
$SD$ (Laien) [%]	1.12	1.12	1.50

### SAM Valenz

Die Laien schätzen ihre Valenz auf die Stimuli S2 und S3 tendenziell tiefer ein als die Raumplaner. Die Streuung der angegebenen Valenz ist bei den Raumplaner etwas grösser als bei den Planungslaien (Abb. 4-12).

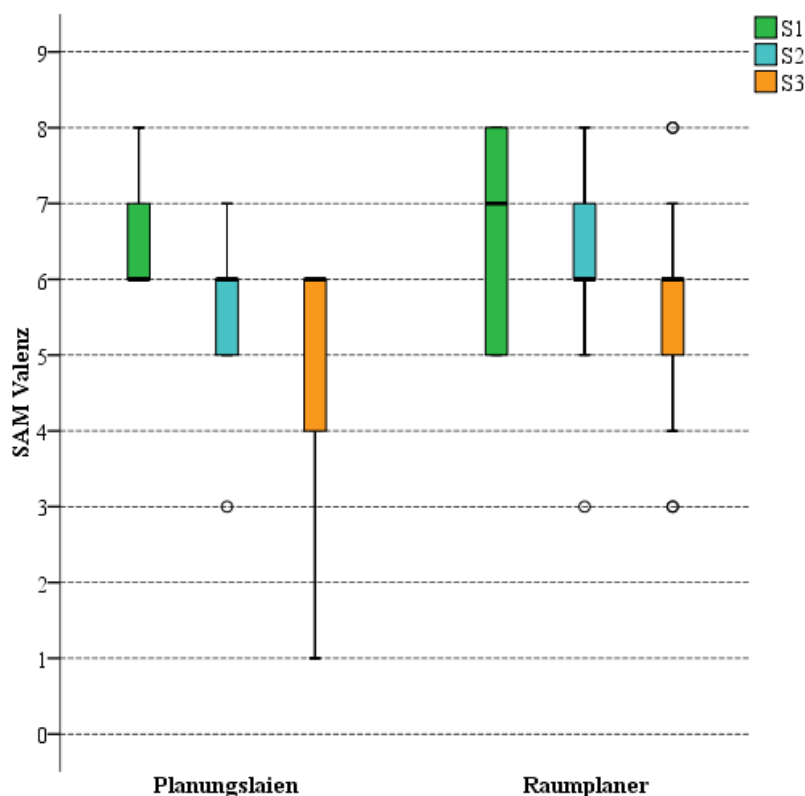


Abb. 4-12 | SAM Valenz Planungslaien und Raumplaner

Ebenfalls mit einer *einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA)* wurden die Unterschiede der Valenzmittelwerte nach SAM zwischen den beiden Gruppen untersucht. Im Stimulus S1 unterscheiden sich die Raumplaner nicht von den Planungslaien ( $F=0.001$ ,  $p=0.971$ ). Bei der Betrachtung von S2 kann ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen Planungslaien und Raumplanern ( $F=2.113$ ,  $p=0.157$ ) festgestellt werden. Auch innerhalb von S3 ( $F=2.784$ ,  $p=0.106$ ) können keine signifikanten Unterschiede erkannt werden. Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der Valenz nach SAM (Tab. 18) zwischen Planungslaien und Raumplanungsexperten unterscheiden, muss verworfen werden.

Tab. 18 |  $M$  und  $SD$  SAM Valenz Planungslaien und Raumplaner

	S1	S2	S3
$M$ (Raumplaner) [%]	6.57	6.29	5.76
$SD$ (Raumplaner) [%]	1.21	1.30	1.34
$M$ (Laien) [%]	6.56	5.56	4.78
$SD$ (Laien) [%]	0.73	1.13	1.34

### 4.3 Emotionale Reaktion von Landmenschen versus Stadtmenschen

#### Gemessene Erregung (EDA)

Die  $AUC_{NORM}$  über die ganzen 60 Sekunden Stimuli Laufzeiten, liegen im Schnitt im negativen Bereich, die Erregung ist also gegenüber der Baseline Messung generell gestiegen. Die  $AUC_{NORM}$  der Landmenschen streut etwas mehr als jene der Stadtmenschen. Die grösste Erregung zeigen die Landmenschen und die Stadtmenschen durchschnittlich beim Stimulus S2 (Abb. 4-13).

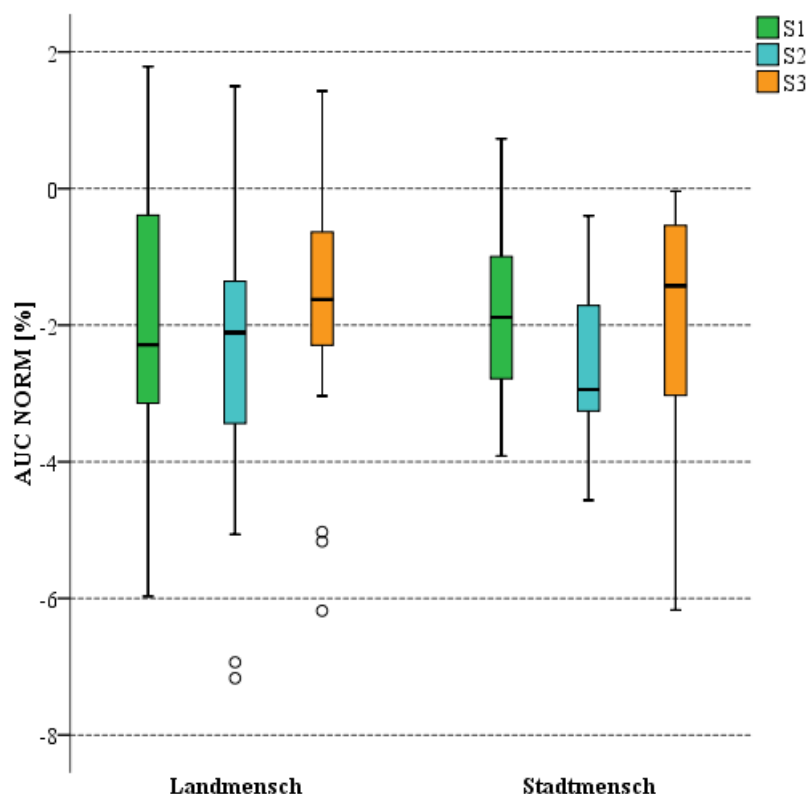


Abb. 4-13 | Gemessene AUC Mittelwerte Landmenschen und Stadtmenschen

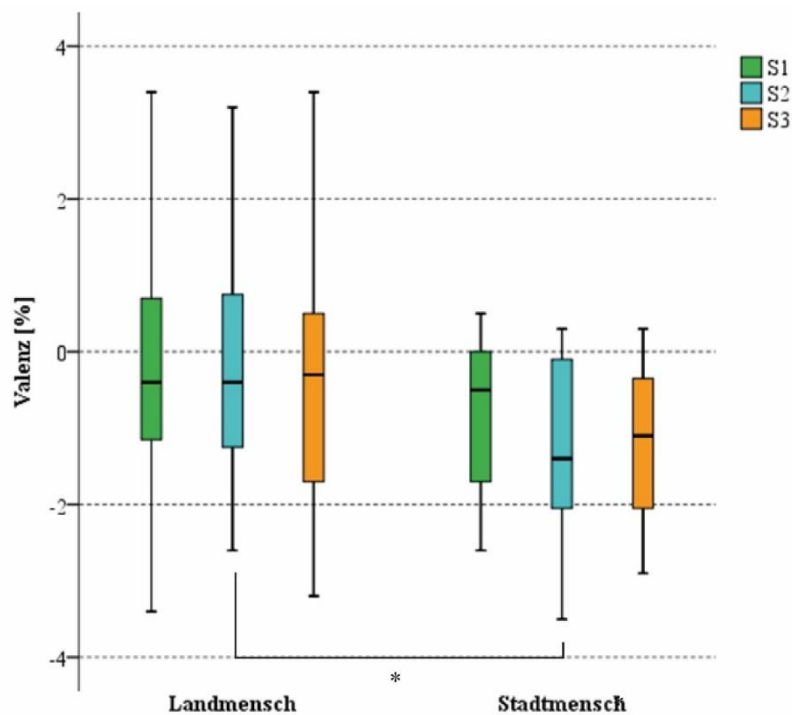
Mit einer *einfaktoriellem Varianzanalyse (ANOVA)* wurden die Unterschiede bezüglich den Erregungswerten von Land- und Stadtmenschen untersucht. Bei der Betrachtung von S1 ( $F=0.014$ ,  $p=0.908$ ) und S2 ( $F=0.020$ ,  $p=0.889$ ) können keine Unterschiede in den Mittelwerten der Erregung zwischen Landmenschen und Stadtmenschen festgestellt werden. Auch S3 zeigt diesbezüglich keine signifikanten Differenzen zwischen Landmenschen und Stadtmenschen ( $F=0.264$ ,  $p=0.611$ ). Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der gemessenen Erregung (Tab. 19) zwischen Landmenschen und Stadtmenschen unterscheiden, muss verworfen werden.

Tab. 19 | *M und SD der AUC NORM Werte von Landmenschen und Stadtmenschen*

	S1	S2	S3
$M$ (Stadtmensch)	-1.817	-2.636	-2.068
$M$ (Landmensch)	-1.898	-2.532	-1.675
$SD$ (Stadtmensch)	1.454	1.301	1.913
$SD$ (Landmensch)	1.995	2.246	2.076

### Gemessene Valenz (EMG)

Tendenziell sind sowohl Land- wie auch Stadtmenschen leicht negativ eingestellt beim Betrachten der Stimuli. Die Landmenschen streuen wiederum deutlich mehr, zeigen aber generell eine leicht positivere Reaktion (Abb. 4-14).

Abb. 4-14 | *Gemessene Valenz Mittelwerte Landmenschen und Stadtmenschen*

Durch eine *einfaktorische Varianzanalyse* können zwischen den Land- und Stadtmenschen keine signifikanten Unterschiede in den Valenzen bei S1 festgestellt werden ( $F=1.672$ ,  $p=0.207$ ). Für S2 zeigt sich ein signifikanter Unterschied der Valenzwerte zwischen Stadt- und Landmenschen auf dem 95%-Konfidenzniveau ( $F=4.007$ ,  $p=0.05$ ). Die Effektstärke  $d=0.526$  kann als mittlerer Effekt betrachtet werden. Die Betrachtung von S3 bringt wiederum keine signifikanten Unterschiede der Valenzwerte ( $F=1.867$ ,  $p=0.183$ ). Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der gemessenen Valenz (Tab. 20) zwischen Landmenschen und Stadtmenschen unterscheiden, muss für S1 und S3 verworfen werden. Für S2 besteht ein signifikanter Unterschied und die Testhypothese kann angenommen werden.

Tab. 20 | *M und SD der Valenzwerte von Landmenschen und Stadtmenschen*

	S1	S2	S3
$M$ (Stadtmensch)	-0.86	-1.31	-1.21
$SD$ (Stadtmensch)	1.18	1.13	1.11
$M$ (Landmensch)	-0.15	-0.18	-0.36
$SD$ (Landmensch)	1.6	1.57	1.78

## Emotion

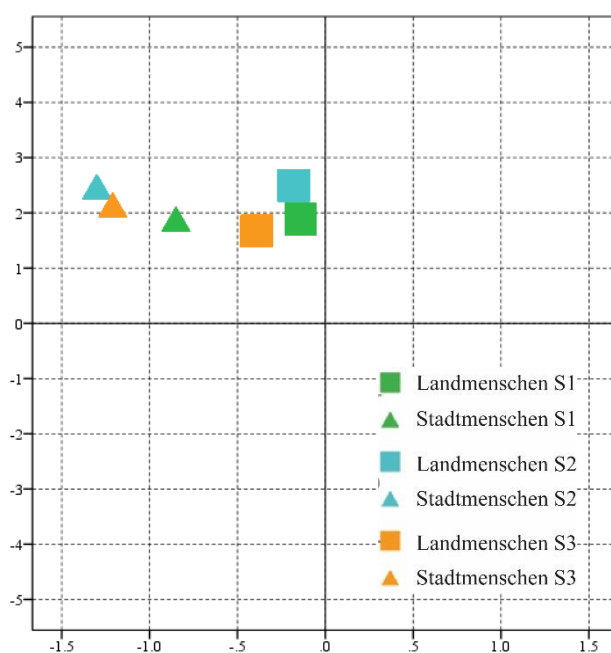


Abb. 4-15 | *Durchschnittliche Emotionen unterschieden nach Stadt- und Landmenschen S1 - S3*

Folgend sind wiederum die durchschnittlichen Emotionen von Stadt- und Landmenschen im zweidimensionalen Emotionsmodell aufgetragen (Abb. 4-15). Die X-Achse stellt die gemessene Valenz und die Y-Achse die gemessene Erregung dar.

Die durchschnittlichen gemessenen emotionalen Reaktionen der Landmenschen liegen sehr nahe beisammen, im leicht negativen Bereich. Die Stadtmenschen streuen diesbezüglich etwas mehr und liegen im negativeren Valenz Bereich. Die Erregung auf die Stimuli ist bei beiden Gruppen ähnlich,

leicht weniger erregt als während der Baseline Messung. Vergleicht man die Beiden Gruppen ebenfalls auf ihre Angaben zur Bewertung der drei Stimuli, lassen sich durch die *einfaktorische Varianzanalyse* keine signifikanten Unterschiede feststellen.

## SAM Erregung

Die Stadtmenschen geben an, bei der Betrachtung von Stimulus S1 etwas erregter zu sein als die Landmenschen. Bei Stimuli S2 und S3 sind die Stadtmenschen weniger erregt als die Landmenschen. Grundsätzlich streuen die Erregungswerte der Stadtmenschen etwas stärker als die Erregungsangaben der Landmenschen (Abb. 4-16).

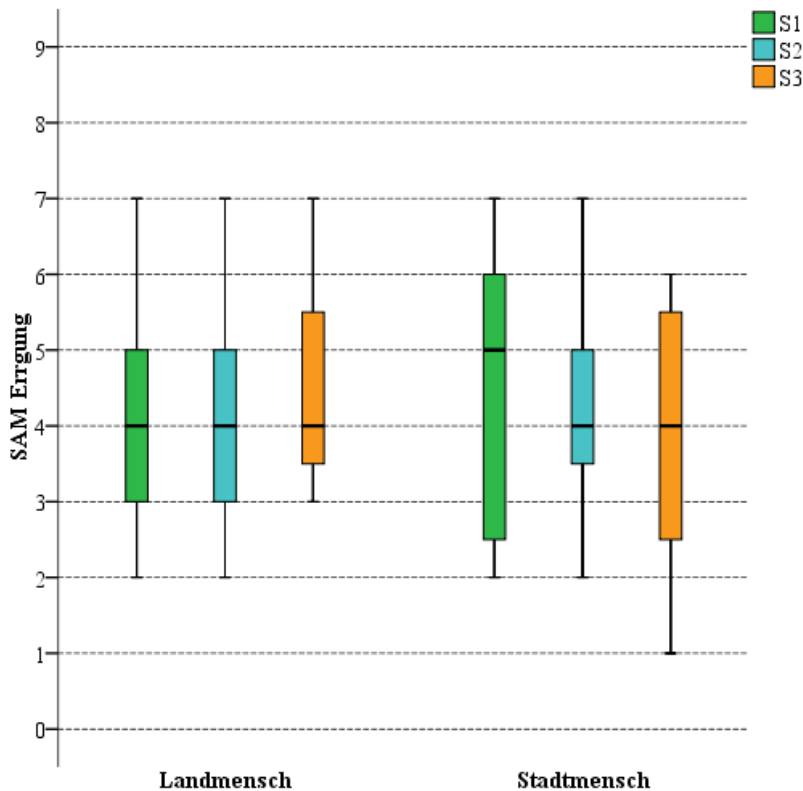


Abb. 4-16 | SAM Erregung von Land- und Stadtmenschen

Mit einer *einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA)* wurden die Unterschiede bezüglich den SAM Erregungswerten von Land- und Stadtmenschen untersucht. Bei der Betrachtung von S1 ( $F=0.035$ ,  $p=0.852$ ) und S2 ( $F=0.007$ ,  $p=0.936$ ) können keine Unterschiede in den Mittelwerten der Erregung zwischen Land- und Stadtmenschen festgestellt werden. Auch S3 zeigt diesbezüglich keine signifikanten Differenzen zwischen Landmenschen und Stadtmenschen ( $F=1.246$ ,  $p=0.274$ ). Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der SAM Erregung (Tab. 21) zwischen Land- und Stadtmenschen unterscheiden, muss verworfen werden.

Tab. 21 |  $M$  und  $SD$  der SAM Erregung von Landmenschen und Stadtmenschen

	S1	S2	S3
$M$ (Stadtmensch)	4.27	4.27	3.91
$SD$ (Stadtmensch)	1.90	1.55	1.76
$M$ (Landmensch)	4.16	4.32	4.53
$SD$ (Landmensch)	1.43	1.29	1.26

### SAM Valenz

Beim ersten Stimulus S1 ist die Valenz der Landmenschen positiver als jene der Stadtmenschen. Bei den Stimuli S2 und S3 sind die Stadtmenschen leicht positiver gestimmt als die Landmenschen (Abb. 4-17).

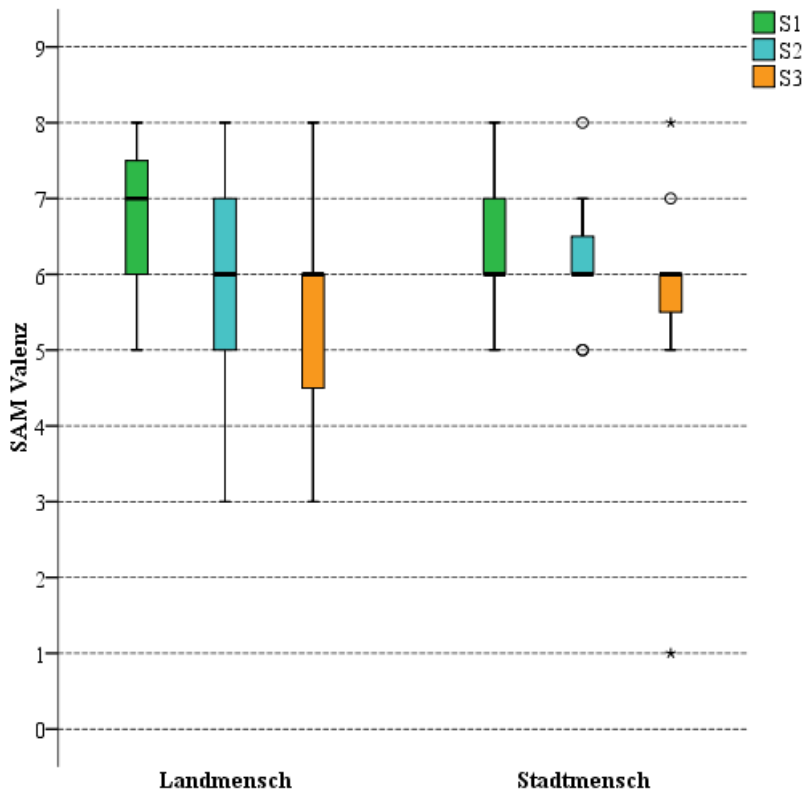


Abb. 4-17 | SAM Valenz Land- und Stadtmenschen

Durch eine *einfaktorielle Varianzanalyse* können zwischen den Land- und Stadtmenschen keine signifikanten Unterschiede bei S1 in den durch SAM erhobenen Valenzen festgestellt werden ( $F=0.184$ ,  $p=0.671$ ). Für S2 zeigt sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied der Valenzwerte zwischen Stadt- und Landmenschen ( $F=0.135$ ,  $p=0.716$ ). Die Betrachtung von S3 bringt auch keine signifikanten Unterschiede der Valenzwerte hervor ( $F=0.209$ ,  $p=0.651$ ). Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der SAM Valenzen (Tab. 22) zwischen Landmenschen und Stadtmenschen unterscheiden, muss verworfen werden.

Tab. 22 |  $M$  und  $SD$  der SAM Valenzwerte von Landmenschen und Stadtmenschen

	S1	S2	S3
$M$ (Stadtmensch)	6.45	6.18	5.64
$SD$ (Stadtmensch)	1.04	0.874	1.75
$M$ (Landmensch)	6.63	6.00	5.37
$SD$ (Landmensch)	1.12	1.49	1.75



## 4.4 Reaktion auf Erscheinen der hintergründigen und vordergründigen Siedlungen

In diesem Abschnitt sollen die beiden Stimuli S2 und S3 genauer auf die Reaktionen beim Erscheinen der neuen Siedlungen im Hintergrund und der neuen Siedlungen im Vordergrund ausgewertet werden. Stimulus S1 wird in dieser Analyse nicht berücksichtigt, da es in S1 keine Siedlungsentwicklung im Vorder- und Hintergrund der Visualisierung gibt. Um Unterschiede zwischen den verschiedenen Stimulus Phasen in der Valenz oder der Erregung zu erkennen, wurde jeweils ein *T-Test für verbundene Stichproben* durchgeführt.

### Stimulus S2

Für den Stimulus S2 ist die durchschnittliche Reaktion über die gesamte Stimulus Laufzeit (*Durchschnitt 60 s*), die Reaktion bei Stimuli Start (*onset 1 s - 7 s*) sowie die Reaktionen beim Erscheinen der Gebäude im *Hinter-* und *Vordergrund* aufgetragen.

### Gemessene Erregung (EDA)

Die gemessenen Erregungswerte ( $AUC_{NORM}$ ) beim Stimulus *onset* sind deutlich höher als im Vergleich zum *Durchschnitt 60 s* und im Vergleich zum Erscheinen der *Hinter-* und *Vordergrundgebäude*. Die Erregungswerte beim Erscheinen der Gebäude im *Hintergrund* streuen etwas stärker als die Erregungswerte bei den Gebäuden im *Vordergrund* wobei sich beide Mittelwerte ähnlich sind (Abb. 4-18).

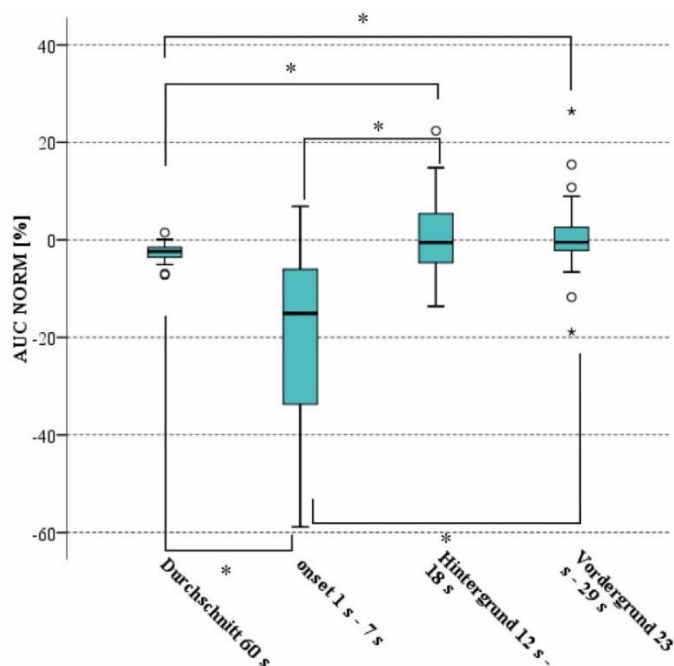


Abb. 4-18 | Durch EDA ermittelte AUC Werte von Analysebereichen in S2

Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der gemessenen Erregung (Tab. 23) zwischen *Stimulus Durchschnitt 60 s* und *onset* ( $T=5.801$ ,  $p=0$ ,  $d=0.902$ ) unterscheiden, kann mit einem starken Effekt angenommen werden. Auch angenommen werden, kann die Hypothese, dass sich die Mittelwerte des *Stimulus Durchschnittes 60 s* und die Mittelwerte des *Vordergrundes* ( $T=-2.267$   $p=0.031$ ,  $d=0.571$ ) sowie die Mittelwerte des *Hintergrundes* ( $T=-2.269$ ,  $p=0.031$ ,  $d=0.508$ ) unterscheiden. Beide Unterschiede weisen einen mittleren Effekt auf. Zudem kann auch die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte *onset* von den Mittelwerten des *Hintergrundes* ( $T=-5.634$ ,  $p=0$ ,  $d=1.383$ ) unterscheiden, wie auch das sich *onset* und *Vordergrund* ( $T=-5.827$ ,  $p=0$ ,  $d=1.479$ ) unterscheiden angenommen werden. Beide Effekte sind als stark zu klassieren. Hingegen muss die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der Erregung zwischen *Hintergrund* und *Vordergrund* unterscheiden ( $T=-0.241$ ,  $p=0.811$ ), verworfen werden.

Tab. 23 |  $M$  und  $SD$  der AUC NORM von Analysebereichen in S2

	Durchschnitt	onset	Hintergrund	Vordergrund
$M$ [%]	-2.570	-19.192	0.496	0.839
$SD$ [%]	1.929	16.826	7.639	7.891

### Gemessene Valenz (EMG)

Die Valenzwerte der einzelnen Analysebereiche liegen alle im ähnlichen Bereich und streuen vergleichbar stark. Beim Einblenden der Häuser im Vordergrund gibt es einen positiven Extremwert, beim Stimulus onset einen negativen Extremwert (Abb. 4-19).

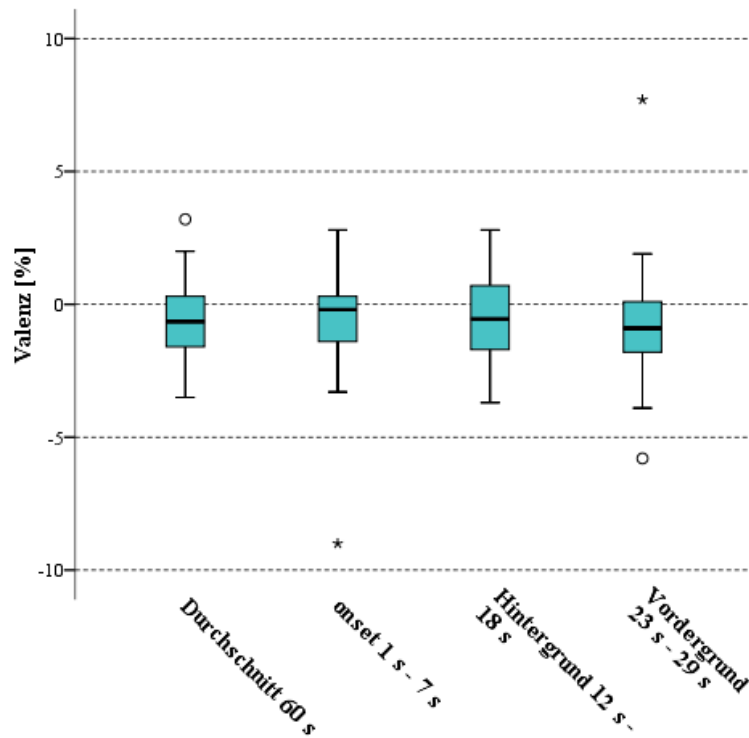


Abb. 4-19 | Durch EMG ermittelte Valenzwerte von Analysebereichen in S2

Zwischen der Valenz des *Durchschnitts 60 s* und dem *onset* ( $T=0$ ,  $p=1$ ), dem *Hintergrund* ( $T=-0.158$ ,  $p=0.876$ ) und dem *Vordergrund* ( $T=0.599$ ,  $p=0.554$ ) lassen sich keine signifikanten Unterschiede erkennen. Auch die Unterschiede in der Valenz zwischen *onset* und dem *Hintergrund* ( $T=-0.089$ ,  $p=0.929$ ) sowie dem *Vordergrund* ( $T=0.385$ ,  $p=0.703$ ) sind nicht signifikant. Ebenfalls nicht signifikant ist auch der Unterschied zwischen *Vorder-* und *Hintergrund* ( $T=0.743$ ,  $p=0.464$ ). Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der Valenzen zwischen den verschiedenen Betrachtungszeitpunkten (Tab. 24) unterscheiden, muss verworfen werden.

Tab. 24 |  $M$  und  $SD$  der Valenzwerte von Analysebereichen in S2

	60 s	onset	Hintergrund	Vordergrund
$M$ [%]	-0.593	-0.593	-0.567	-0.74
$SD$ [%]	1.57	2.16	1.62	2.31

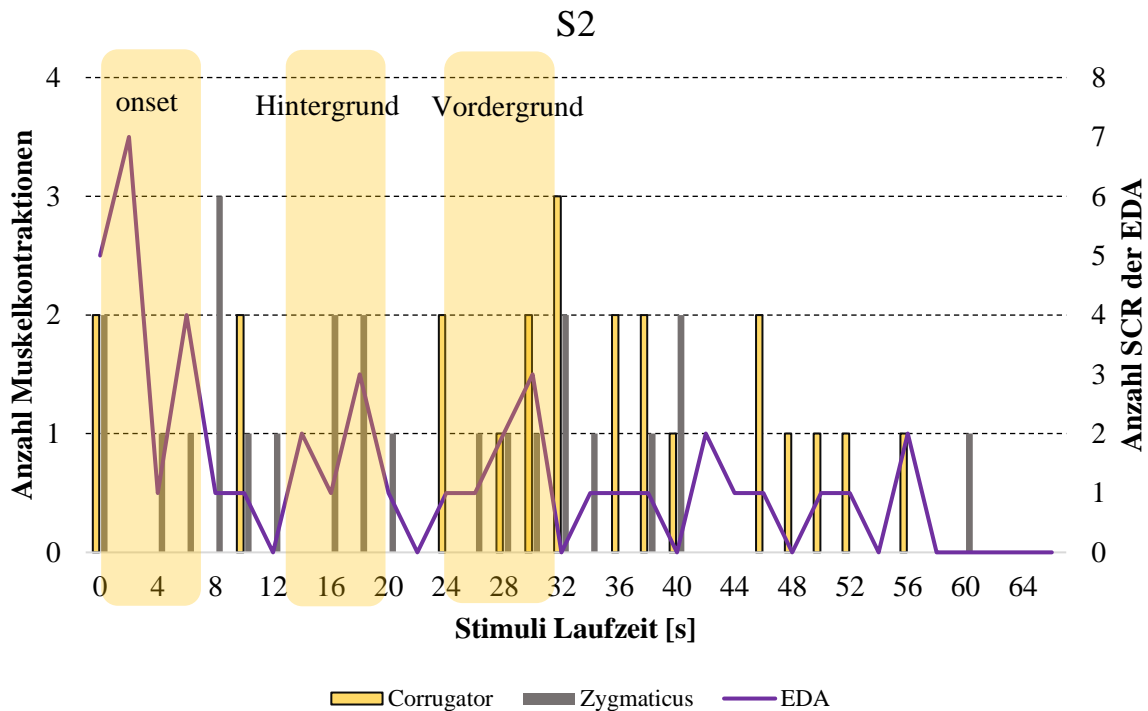


Abb. 4-20 | Muskelkontraktionen und SCR im Stimulus S2 Verlauf

Über die ganze Laufzeit von S2 (Abb. 4-20) lässt sich erkennen, dass gegen Ende des Stimulus die EDA Spitzen (SCR) und die Anzahl der gemessenen Muskelkontraktionen abnehmen. Beim *onset* gibt es relativ viele SCR Spitzen. Bei der Einblendung der im Hintergrund gelegenen Siedlungen (12 s – 18 s) ist eine leichte Zunahme der SCR zu erkennen. Bei der Einblendung der im Vordergrund gelegenen Gebäude (23 s – 29 s) nimmt die Anzahl SCR ebenfalls nochmals zu. Muskelkontraktionen treten nach der Betrachtung der vordergründigen Gebäude um 30 Sekunden am häufigsten auf. Generell werden mehr *Corrugator* als *Zygomaticus* Kontraktionen gezählt.

### Stimulus S3

Für den Stimulus S3 ist die durchschnittliche Reaktion über die gesamte Stimulus Laufzeit (*Durchschnitt 60 s*) sowie die Reaktionen beim Erscheinen der Gebäude im *Hinter-* und *Vordergrund*, aufgetragen. Der *onset* wird nicht betrachtet, da sich dieser mit dem Erscheinen der hintergründigen Siedlungen überschneidet.

### Gemessene Erregung (EDA)

Die Erregungswerte in S3 über den ganzen Stimulus betrachtet, sind nahe beim neutralen Zustand der Baseline Messung. Das heißt die Erregung ist gering und streut wenig im Vergleich zu den Erregungswerten beim Betrachten des Hintergrundes. Die Erregung beim Erscheinen der im

Vordergrund gelegenen Gebäude ist hingegen wieder positiver was einem Erregungsrückgang gleichkommt (Abb. 4-21).

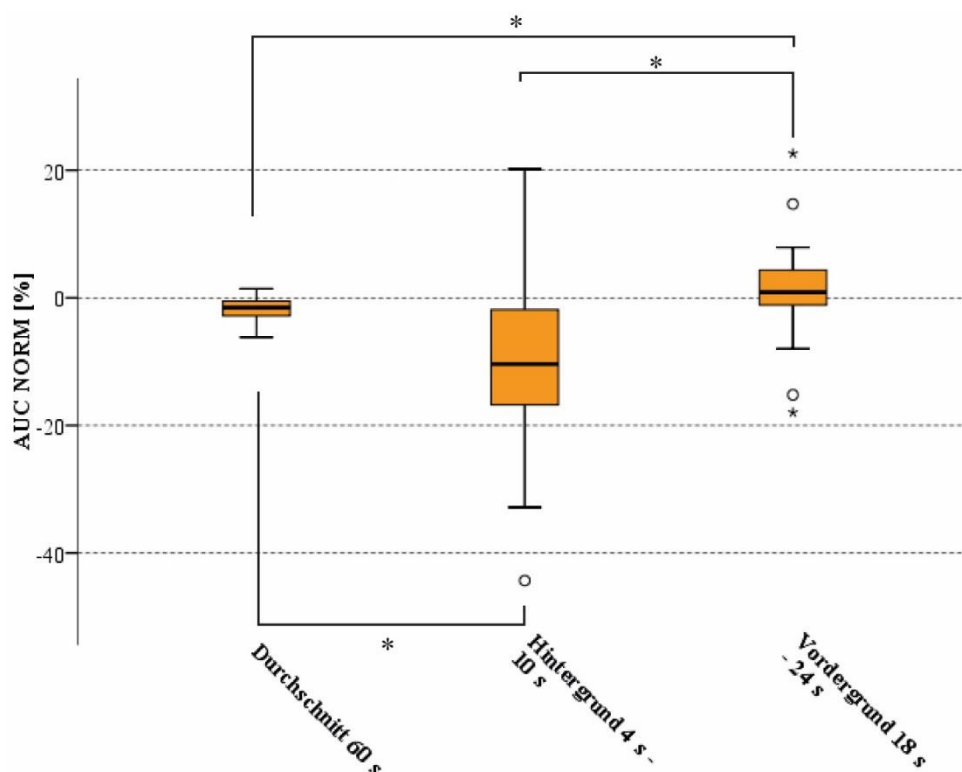


Abb. 4-21 | Durch EDA ermittelte AUC Werte von Analysebereichen in S3

Die Mittelwerte der Erregung *Durchschnitt 60 s* unterscheiden sich signifikant von der Erregung beim Erscheinen der *Hintergrundsiedlung* ( $T=4.364$ ,  $p=0$ ,  $d=0.863$ ) was einer grossen Effektstärke entspricht. Zwischen dem *Durchschnitt 60 s* und der Erregung auf den *Vordergrund* kann ebenfalls ein signifikanter Unterschied mit einer mittleren Effektstärke gezeigt werden ( $T=-2.386$ ,  $p=0.024$ ,  $d=0.486$ ). Zwischen den Erregungswerten von *Hinter-* und *Vordergrundbetrachtung* herrscht auch ein deutlich signifikanter Unterschied ( $T=-4.920$ ,  $p=0$ ,  $d=1.139$ ) was ebenfalls einem starken Effekt gleichkommt. Die Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der Erregung (Tab. 25) zwischen allen Analyseperioden unterscheiden, kann angenommen werden.

Tab. 25 |  $M$  und  $SD$  der AUC NORM von Analysebereichen in S3

	<b>60 s</b>	<b>Hintergrund</b>	<b>Vordergrund</b>
$M$ [%]	-1.819	-10.871	1.248
$SD$ [%]	1.994	12.529	7.548

### Gemessene Valenz (EMG)

Die gemessenen Valenzen auf Vorder- und Hintergrund liegen im leicht negativen Bereich. Auf den Hintergrund wird tendenziell etwas weniger negativ reagiert als im Stimulus Durchschnitt und bei der Betrachtung des Vordergrundes (Abb. 4-22).

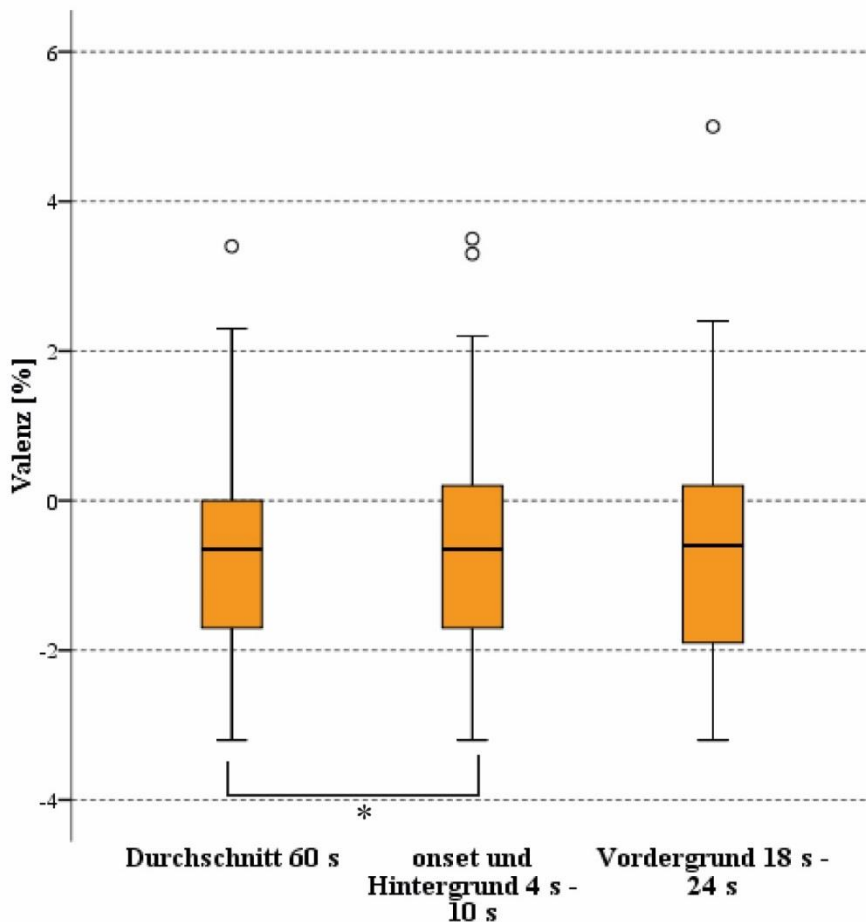


Abb. 4-22 | Durch EMG ermittelte Valenzwerte von Analysebereichen in S3

Zwischen der Valenz *Durchschnitt 60 s* (Tab. 26) und der Valenz bei der Betrachtung der im *Hintergrund* gelegenen Siedlungen lässt sich ein signifikanter Unterschied ( $T=2.395$ ,  $p=0.023$ ,  $d=0.127$ ), mit einem schwachen Effekt erkennen. Dies führt zur Annahme der Testhypothese, dass sich die Mittelwerte der Valenzwerte zwischen *Durchschnitt 60 s* und *Hintergrund* unterscheiden. Zwischen der Valenz *Durchschnitt 60 s* und der Valenz auf die *vordergründigen Gebäude* ( $T=1.067$ ,  $p=0.295$ ) sowie zwischen der Valenz bei *Hinter-* und *Vordergrundbetrachtung* ( $T=1.3$ ,  $p=0.204$ ) können keine signifikanten Unterschiede der Mittelwerte festgestellt werden. Hier muss die Testhypothese abgelehnt werden.

Tab. 26 |  $M$  und  $SD$  der Valenzwerte von Analysebereichen in S3

	60 s	Hintergrund	Vordergrund
$M$ [%]	-0.693	-0.49	-0.62
$SD$ [%]	1.59	1.61	1.7

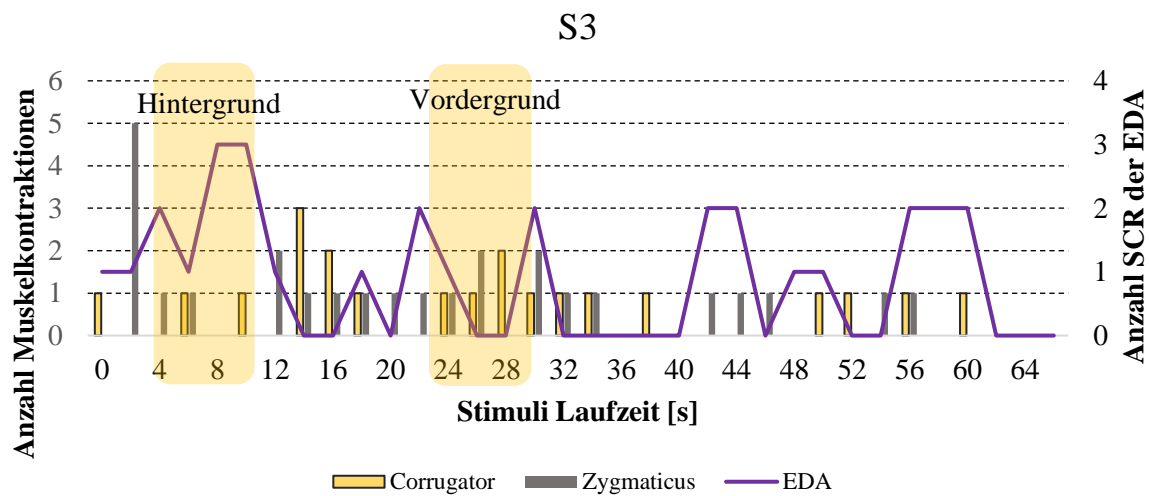


Abb. 4-23 | Muskelkontraktionen und SCR im Stimulus S3 Verlauf

Auch im Stimulus S3 (Abb. 4-23) lässt sich erkennen, dass die EDA Spitzen (SCR) zu Beginn häufiger auftreten als gegen das Ende. Sowohl bei der Einblendung der im Hintergrund gelegenen Bauten als auch beim Erscheinen der vordergründigen Gebäude werden sehr wenige Muskelkontraktionen gezählt. Die Anzahl der Kontraktionen von *Zygomaticus* und *Corrugator* sind in etwa gleich, jedoch lässt sich ganz zu Beginn eine Häufung an *Zygomaticus* Kontraktionen feststellen.

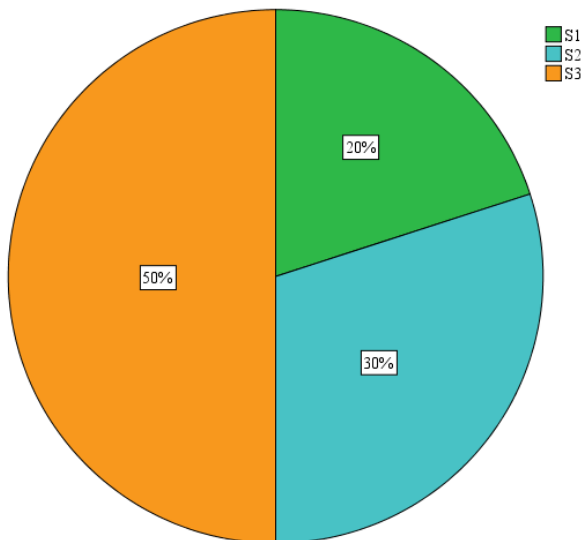
### Vergleich zwischen S2 und S3

Eine *Rangkorrelation nach Spearman* zeigt, dass die Erregungswerte auf den *Vordergrund* in S2 mit einem mittleren Effekt signifikant ähnlich sind zu den Erregungswerten auf den *Vordergrund* in S3 ( $r_s=0.591$ ,  $p=0.001$ ). Die Valenzwerte beim Betrachten des *Vordergrundes* in S2 und in S3 weisen ebenfalls eine signifikante Korrelation mit einer grossen Effektstärke zueinander auf ( $r_s=0.902$ ,  $p=0$ ). Auf das Erscheinen der im *Hintergrund* gelegenen Gebäude besteht bei der Valenz eine hohe Korrelation mit einem starken Effekt zwischen S2 und S3 ( $r_s=0.86$ ,  $p=0$ ). Bei den Erregungswerten hingegen besteht keine Korrelation ( $r_s=0.081$ ,  $p=0.336$ ).

### Auswertung der drei Abschlussfragen des Fragebogens

A: In welcher Visualisierung hatte es am wenigsten Vegetation im Vordergrund?

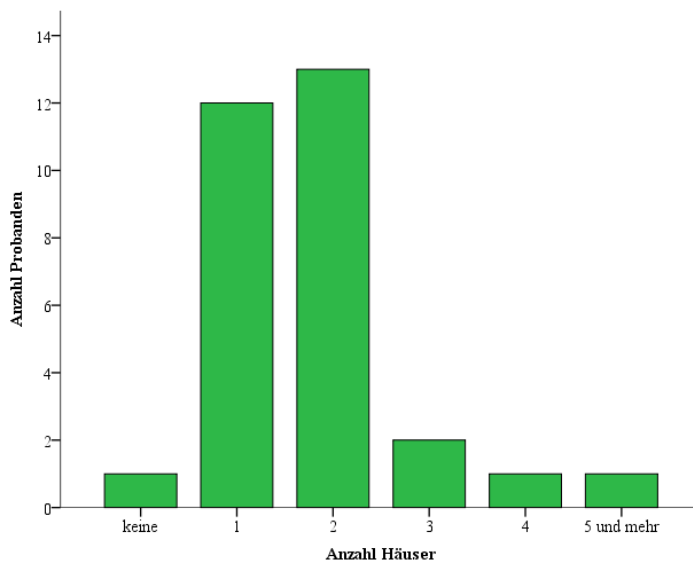
Die Antwort auf diese Frage lautete: S3.



**Abb. 4-24** | Antwortverteilung Abschlussfrage A

Die Hälfte aller Probanden bemerkte diesen Unterschied korrekt (Abb. 4-24).

*B: Wie viele neu erstellte Häuser hatte es in der zweiten Szene zu ihrer linken Seite, während Sie den Hügel hinuntergegangen sind?* Die korrekte Antwort auf diese Frage lautete: 1 Haus.



**Abb. 4-25** | Antwortverteilung Abschlussfrage B

Knapp die Hälfte der Probanden konnte auf diese Frage die richtige Antwort geben. Weitere 13 Probanden gaben an zwei Häuser zu sehen (Abb. 4-25). Dies ist insofern nicht ganz falsch, als das es sich um zwei verbundene Einfamilienhäuser handelte. Die anderen Antworten sind definitiv als falsch zu klassieren.

*C: Alle drei Szenen folgen exakt demselben Pfad. Trifft zu – trifft nicht zu?* Die korrekte Antwort lautete trifft zu. Wobei 26 Probanden dies ebenfalls gemerkt haben und lediglich vier das Gefühl hatten der Pfad veränderte sich über die drei Stimuli.



# 5 Diskussion

In diesem Kapitel werden die vier Forschungsfragen (Kapitel 2.5) auf die erhaltenen Resultate hin diskutiert. Die Ergebnisse sollen erläutert, interpretiert und begründet werden. Am Schluss dieses Kapitels folgt zudem eine kritische Auseinandersetzung mit den angewandten Methoden der Arbeit und den Ergebnissen.

## 5.1 Vergleich subjektive Bewertung und emotionale Reaktion

In diesem ersten Teil der Arbeit ging es darum herauszufinden, ob es zwischen der visuellen ästhetischen Landschaftsbewertung (DANIEL & VINING 2014) und der gemessenen emotionalen Reaktion Zusammenhänge gibt. Dafür wurde in Kapitel 2.5 folgende Forschungsfrage formuliert: *«Inwiefern hängt die subjektive Bewertung der visualisierten Siedlungsentwicklungsstadien mit den gemessenen emotionalen Reaktionen zusammen?»* Die These besteht darin, dass, je ästhetischer die Landschaft in den 3D-Visualisierung bewertet wird, desto positiver die gemessenen Reaktionen ausfallen sollten.

Die subjektive Bewertung der Landschaft, welche in den 3D-Visualisierungen dargestellt wurde, zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen dem Stimulus S1, welcher die aktuelle Situation darstellt und den beiden Stimuli S2 und S3, welche zukünftige Siedlungsentwicklungen beinhalten. In S1 wird die Landschaft demnach als signifikant schöner bewertet als die Landschaften in S2 und S3. Zwischen S2 und S3 kann jedoch kein Unterschied in der subjektiven Landschaftsbewertung festgestellt werden. Die physiologischen Messungen der Erregung zeigen, dass diese bei der Betrachtung des Stimulus S2 signifikant zunimmt und dann bei S3 wieder signifikant zurückgeht. Die mittels SAM erhobene Erregung zeigt zwischen den drei Stimuli keine Unterschiede. Tendenziell jedoch nicht signifikant wird die gemessene Valenz über die drei Stimuli negativer. Die mittels SAM erhobene Valenz unterstützt diesen Trend mit deutlich signifikanten Unterschieden zwischen den drei Stimuli. Bei der Betrachtung von S1 geben die Probanden an, positiver eingestellt zu sein als bei S2 und bei S2 positiver als bei S3. Nun können in zwei Fällen die Valenzen mit der subjektiven Bewertung in Verbindung gebracht werden. Die Korrelationen der gemessenen Valenz und der SAM Valenz mit der subjektiven Landschaftsbewertung treten in S1 auf und sind positiv. Zudem kann für S2 gezeigt werden, dass die physiologisch gemessene Erregung mit der Landschaftsbewertung korreliert. Für S3 kann keine Korrelation zwischen der subjektiven Bewertung der Landschaft und der Emotion gefunden werden.

Mit diesem Ergebnis ist es schwierig, eine generelle Verbindung zwischen der emotionalen Reaktion und der subjektiven, visuell-ästhetischen Landschaftsbewertung herzustellen. Dennoch können einige Punkte herausgestrichen werden. Es scheint, als ob primär die Valenzdimension der Emotion mit der subjektiven, visuell-ästhetischen Landschaftsbewertung zusammenhängt. Je stärker die Landschaften in den 3D-Visualisierungen mit Siedlungen verbaut werden, desto negativer sind tendenziell die

emotionalen Reaktionen und desto weniger schön wird die Landschaft bewertet. Sowohl die SAM ermittelten Valenzen als auch die gemessenen Valenzen streuen mit zunehmender Siedlungsentwicklung stärker. Auf die landschaftliche Entwicklung wurde also mannigfacher reagiert als auf die aktuelle Situation der Landschaft. Die signifikante Zunahme der gemessenen Erregung bei S2, lässt sich damit erklären, dass der Proband in diesem Stimulus die neuen, modellierten Häuser das erste Mal zu sehen bekommt. Die Erregungsdimension könnte also nur mit dem ersten Auftreten der Siedlungsentwicklung zusammenzuhängen. Dies würde auch die Korrelation zwischen der Erregung und der subjektiven Bewertung in S2 erklären.

Die 3D-Landschaftsvisualisierungen haben teilweise eine subjektive Bewertung der Siedlungsentwicklung ermöglicht. Der Unterschied zwischen dem unveränderten Stimulus S1 und den veränderten Stimuli S2 und S3 ist deutlich. Jedoch ist nicht abschliessend nachvollziehbar, warum die Landschaftsbewertung zwischen S2 und S3 gleich ausfällt. Ein möglicher Grund wäre eine Art Schock-Effekt, welcher die Bewertung prägt, in dem Moment, in welchem der Proband die modellierten Häuser zum ersten Mal sieht. Danach könnte sich ein Konditionierungseffekt einstellen, welcher die Bewertung trotz zunehmender Verbauung nicht negativer werden lässt. Dieses Muster lässt sich auch in den Messungen der Erregung sehen, welche bei S2 deutlich grösser ist als in den anderen beiden Stimuli. Es wäre also möglich, dass die generelle Bewertung zwar im Zusammenhang mit der Valenz steht, die wahrgenommenen landschaftlichen Veränderungen in den Stimuli kurzzeitig aber auch die Erregung ansteigen lassen.

Die in S2 und S3 grössere Streuung der Valenzwerte könnte mit der Art wie die neuen Gebäude modelliert wurden zusammenhängen. Das insbesondere die modellierten Gebäude zur Diskussion anregten und polarisierten, zeigt sich auch in den typischen Aussagen aus der unstrukturierten Nachfrage am Ende des Experimentes. Den Stimulus S1 beschrieben die Probanden oft als *«fühlte sich heimisch an»*, *«war ländlich angenehm»* oder *«eine typische Schweizer Gemeinde»*. Zu den Stimuli S2 und S3 kamen dann eher Aussagen wie *«grässliche Bauten»*, *«absolut tolle, futuristische Architektur»*, *«leider in der Schweiz Realität»* oder *«gefällt mir nicht, aber es geht halt nicht ohne Siedlungsentwicklung»*. Während der Betrachtung findet eine Wertung des Gesehenen statt.

Die These kann grundsätzlich angenommen werden. Je höher die Valenz ist, desto positiver fällt die Landschaftsbewertung aus. Die emotionalen Reaktionen und die subjektive Bewertung der Landschaften scheinen aber insbesondere darauf zu erfolgen, dass sich die Landschaft verändert (S1 zu S2) und weniger darauf wie stark sich die Landschaft verändert (S2 zu S3).

**Antwort auf die Forschungsfrage 1:**

Zwischen der Valenz und der subjektiven Bewertung der Landschaft besteht in dieser Arbeit ein Zusammenhang. Tendenziell lässt sich sagen, dass je positiver die Valenz ist, desto schöner wird die Landschaft bewertet.

**5.2 Emotionale Reaktion in Abhängigkeit des raumplanerischen Fachwissens**

Bei der zweiten Forschungsfrage ging es darum herauszufinden, ob und wie das Fachwissen über raumplanerische Sachverhalte die emotionale Reaktion auf die visualisierten Siedlungsentwicklungen beeinflusst. Die Forschungsfrage dazu lautet: «*Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem raumplanerischen Fachwissen der Probanden und der emotionalen Reaktion auf die dargestellte Siedlungsentwicklung?*» Es wird von der These ausgegangen, dass die Erregung auf die Siedlungsentwicklung bei Raumplanungsexperten geringer ist als die Erregungswerte der Raumplanungslaien.

Sowohl bei der gemessenen Erregung wie auch bei der gemessenen Valenz lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Planungslaien und Raumplanern feststellen. Tendenziell sind die gemessenen Erregungswerte der Raumplaner aber tiefer als jene der Planungslaien, was die These unterstützt. Die gemessene Valenz zeigt, dass die Planungslaien leicht positiver auf die auf die dargestellte Siedlungsentwicklung reagierten als die Raumplaner. Mit den durch SAM erhobenen Erregungswerte lässt sich die Tendenz der Messungen bestätigen, da sich die Raumplaner als weniger erregt einschätzten als die Planungslaien. Die SAM Valenz hingegen bestätigt die Messung der Valenz nicht. Die Raumplaner schätzten ihre Valenz positiver ein als die Planungslaien. Mit diesen Ergebnissen kann die aufgestellte These, wenn auch ohne Signifikanz, angenommen werden. Die subjektive Bewertung der visualisierten Landschaften lässt zwischen Planungslaien und Raumplanern keine signifikanten Unterschiede feststellen.

Die geringere Erregung der Raumplanungsexperten kann sich einerseits dadurch erklären, dass diese mit Visualisierungen schon in Kontakt gekommen sind. Andererseits haben die Raumplaner durch ihre Ausbildung und Erfahrung eher eine Vorstellung davon, wie sich Siedlungen in Zukunft in der Landschaft manifestieren. Die Planungslaien ohne Erfahrungen und Vorstellungen reagieren beeindruckter auf die Darstellungen was sich in der grösseren Erregung auswirkt. Auf der Valenzdimension ist eine Erklärung schwieriger, zumal die gemessenen Valenzen sich genau gegenteilig zu den SAM Valenzwerten verhalten. Dieser Umstand kann ein Hinweis darauf sein, dass die Valenz nicht primär mit der Expertise zu tun hat. Vielmehr könnte die Valenz ähnlich wie bei der Forschungsfrage 1 mit der Art und Weise zusammenhängen, wie die neuen Siedlungen gestaltet wurden. Ein Grund für die tendenziell negativere gemessene Valenz der Raumplanungsexperten könnte das

Vorwissen bezüglich möglicher negativer Auswirkungen der Siedlungsausdehnung sein. Im Gegensatz dazu kennen die Planungslaien diese Auswirkungen und Effekte gegebenenfalls zu wenig.

#### **Antwort auf die Forschungsfrage 2:**

Tendenziell reagieren Raumplaner weniger erregt auf die Landschaftsvisualisierungen als die Planungslaien. Die Abhängigkeit der Valenz vom raumplanerischen Fachwissen kann nicht gezeigt werden.

### **5.3 Emotionale Reaktion in Abhängigkeit der Siedlungsaffinität**

Ähnlich wie bei der vorangegangenen Forschungsfrage wurden die Probanden auch für diese Analyse in zwei Gruppen eingeteilt. Die eine Gruppe wurde als Landmenschen klassiert, welche sich eher in weniger dichter, ländlicher Umgebung wohlfühlen. Die andere Gruppe, die Stadtmenschen, suchen eher die Siedlungszentren auf und fühlen sich in dichter besiedelten Gebieten wohl. Ob diese Einstellung einen Einfluss auf die Reaktion beim Betrachten der Visualisierungen hat, sollte die folgende Forschungsfrage klären: *«Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Einstellung der Probanden gegenüber Siedlungsentwicklung und der emotionalen Reaktion auf die 3D-Darstellungen?»* Die These besteht darin, dass die Stadtmenschen weniger erregt und positiver auf die Visualisierungen der Siedlungsentwicklungen reagieren als die Landmenschen.

Zwischen Land- und Stadtmenschen zeigen sich keine Unterschiede in der gemessenen Erregung auf die Siedlungsentwicklung. Die gemessene Valenz zeigt für den Stimulus S2 einen signifikanten Unterschied zwischen Land- und Stadtmenschen. Allerdings reagieren die Landmenschen positiver als die Stadtmenschen auf die neu erstellten Siedlungen. Tendenziell haben die Landmenschen auch bei Stimuli S1 und S3 positiver reagiert als die Stadtmenschen. Dies zeigt das Gegenteil der These, dass eine stärker verbaute Landschaft die Stadtmenschen weniger negativ oder gar positiv reagieren lässt. Betrachtet man jedoch die nach der SAM Methode ermittelten Erregungs- und Valenzwerte zeigen sich zwar keine signifikanten Unterschiede zwischen Land- und Stadtmenschen, die Tendenzen bestätigen jedoch die These. So geben die Stadtmenschen bei S1 an, erregter zu sein als die Landmenschen. Bei S2 und S3 sind die Stadtmenschen dann weniger erregt als die Landmenschen. Die Valenzdimension der Emotion zeigt, dass die Landmenschen in S1 positiver, in S2 und S3 dann aber negativer eingestellt waren als die Stadtmenschen.

Es ist relativ schwierig zu sagen, warum die gemessenen emotionalen Reaktionen nur sehr geringe, zur These gegenteilige Unterschiede zwischen Land- und Stadtmenschen zeigten. Einerseits könnten sich die Probanden trotz Einteilung zu ähnlich gewesen sein. Andererseits wäre es möglich, dass die Art der Operationalisierung dieser Charakteristiken nicht angemessen ausgewählt wurde. Es wäre aber auch

denkbar, dass das SCR Signal, welches unbewusst durch das sympathische Nervensystem angesteuert wird (NAGAI et al. 2004), nicht auf diese grundlegende Einstellung und Haltung der einzelnen Probanden reagiert. Im Gegensatz dazu zeigten die mit SAM ermittelten Valenz- und Erregungswerte eine Tendenz, welche die aufgestellte These unterstützt. Dieser gegenläufige Effekt und das Ausbleiben von signifikanten Unterschieden kann aber auch ein Hinweis darauf sein, dass kein Zusammenhang zwischen Siedlungsaffinität und emotionaler Reaktion auf die Siedlungsentwicklung besteht.

#### **Antwort auf die Forschungsfrage 3:**

Tendenziell lässt sich erkennen, dass die Darstellungen der neuen Siedlungen in den 3D-Visualisierungen bei den Landmenschen eine erhöhte Erregung auslösen. Die Landmenschen sind denn auch bei der aktuellen Landschaftssituation positiver gestimmt als bei den Darstellungen mit mehr Siedlungen. Da die gemessenen Emotionen aber das Gegenteil zeigen ist eine Abhängigkeit der emotionalen Reaktion von der Einstellung gegenüber der Siedlungsentwicklung fraglich.

### **5.4 Zusammenhang emotionale Reaktion und dem Ort der Siedlungsentwicklung in den Visualisierungen**

Um besser zu verstehen, wie auf einzelne Teilbereiche der 3D-Landschaftsvisualisierungen reagiert wird, wurden einzelne Ausschnitte der 3D-Landschaftsvisualisierungen genauer analysiert. Die Forschungsfrage dazu lautet: *«Welche Unterschiede bestehen zwischen der emotionalen Reaktion beim Betrachten der Siedlungsentwicklung im Hintergrund der Visualisierung und der emotionalen Reaktion auf die Siedlungsentwicklung im Vordergrund der Visualisierung?»* Dazu wurden zwei Thesen entwickelt. Einerseits ist die emotionale Reaktion in dem Moment am stärksten, indem die Veränderung der Siedlungsentwicklung in der Visualisierung wahrgenommen wird. Zudem zeigt sich eine stärkere emotionale Reaktion auf das Erscheinen von neuen Siedlungen im Vordergrund als auf Siedlungsentwicklung im Hintergrund der Visualisierungen.

Zwischen der Phase des Stimulus Beginn (*onset*), der Phase mit den hintergründigen Gebäuden und der Phase mit den Bauten im Vordergrund lassen sich signifikante Unterschiede in der gemessenen Erregung feststellen. Am stärksten ist die Erregung zum Zeitpunkt des Stimulus *onset* sowohl im Stimulus S2 wie auch in S3. Die gemessene Erregung bei S2 und S3 geht bei der Betrachtung von *Hinter-* und *Vordergrund* im Vergleich zum *onset*. stark zurück. Bei Stimulus S2 zeigen sich in der gemessenen Erregung keine signifikanten Unterschiede zwischen Hintergrund und Vordergrund. In S3 liegt die Erregung signifikant tiefer bei der Vordergrundbetrachtung im Vergleich zur Hintergrundbetrachtung. Die Valenzwerte auf die Unterschiedlichen Phasen weisen grundsätzlich keine signifikanten Unterschiede auf. Tendenziell ist die gemessene Valenz bei S2 und S3 negativer während

der Betrachtung der Gebäude im Vordergrund als bei der Betrachtung der Bauten im Hintergrund. Vergleicht man den Vordergrund zwischen S2 und S3, so lässt sich eine signifikante Korrelation sowohl der gemessenen Erregung als auch der gemessenen Valenz feststellen. Die Reaktionen auf den Vordergrund fallen also in beiden Stimuli sehr ähnlich aus. Bei der Betrachtung des Hintergrundes trifft dies nur auf die Valenz zu, die Erregungswerte lassen zwischen S2 und S3 keine signifikante Korrelation zu.

Die Ergebnisse könnten damit zusammenhängen, dass von einer schwarzen Leinwand in ein bewegtes Video gewechselt wird. Dieser Umstand lässt die Erregungswerte im Verhältnis viel stärker ansteigen als das Erscheinen neuer Gebäude im Vorder- oder Hintergrund in der Landschaftsvisualisierung. Die tendenziell negativere Valenz auf den Vordergrund könnte mit der Nähe der Gebäude zum Betrachter erklärt werden. Im Vergleich zum Hintergrund wirken die Gebäude sehr viel grösser und allenfalls unästhetischer als die Gebäude im Hintergrund. Dies zeigen auch einige Aussagen aus der unstrukturierten Nachfrage. *«Die Gebäude im Hintergrund fand ich gut in die Landschaft integriert»* im Gegensatz dazu *«Die zwei grossen Gebäude zu meiner linken waren riesig und überragten den Dorfrand»*. Die Probanden konnten also wohl zwischen Vorder- und Hintergrund differenzieren.

Auch die Auswertung der Abschlussfragen zeigt, dass die Probanden den Vordergrund aktiv wahrgenommen haben. Die Hälfte aller Probanden bemerkte, dass im Stimulus S3 im Vordergrund einige Obstbäume entfernt wurden. Zudem erkannten die meisten Probanden, dass es sich beim Stimulus S2 um ein oder zwei Häuser handelte, welche neu am Dorfrand im Vordergrund entstanden sind.

Die erste Hypothese muss auf Grund der Ergebnisse abgelehnt werden. Die Erregung ist nicht bei der Wahrnehmung der Siedlungsveränderung am stärksten, sondern deutlich grösser beim Stimulus onset. Auch die zweite Hypothese muss abgelehnt werden, da keine Unterschiede in den Erregungswerten zwischen Vorder- und Hintergrund festgestellt werden können. Nicht signifikant aber in der Tendenz lässt sich sagen, dass die Valenz auf den Vordergrund negativer ist als auf die Betrachtung des Hintergrundes. Zusammen mit der Abschlussfrage nach der vordergründigen Vegetation lässt sich die Aussage von APPLETON & LOVETT (2003) bestätigen, dass der Vegetation im Vordergrund innerhalb der Visualisierung eine grosse Aufmerksamkeit geschenkt wird. Dies kann auch erklären, warum die Valenz auf die Gebäude im Vordergrund negativer ausgefallen ist als auf die Gebäude im Hintergrund, da diese mehr beachtet werden.

**Antwort auf die Forschungsfrage 4:**

Zwischen der emotionalen Reaktion auf die Betrachtung der Siedlungsentwicklung im Vordergrund der Visualisierung und auf die Betrachtung der Siedlungsentwicklung im Hintergrund der Visualisierung besteht kein Unterschied. Tendenziell reagieren die Betrachter negativer auf die Gebäude im Vordergrund als auf die Bauten im Hintergrund. Die Reaktionen auf den Stimulus onset sind jeweils deutlich stärker und unterscheiden sich signifikant von den anderen Phasen.

**5.5 Kritische Beurteilung der Studie**

Die drei Variablen, an denen das ganze Studiendesign folgt, brachten verschiedene Unsicherheitsfaktoren in die Arbeit.

**Die unabhängige Variable**

Die Landschaftsspaziergänge als Videos sind auch nach grossem Arbeitsaufwand nicht einwandfrei gestaltet. So ruckelt jedes Video ab der Sekunde 45 bis zum Schluss, was sich teilweise auch in den gemessenen Valenz- und Erregungswerten widerspiegelt. Man beachte dazu beispielsweise die steigende Anzahl SCR ab der Sekunde 50 in Abb. 4-23. Zudem konnte aus Zeitgründen der Vertonung der Szenen zu wenig Beachtung geschenkt werden. Die Implementierung der generisch erstellten Siedlungen in die LiDAR Daten gestaltet sich als schwierig, da die ursprünglich polygonalen Daten der Gebäudemodelle einen grossen visuellen Unterschied zu den Punkten der LiDAR Daten aufweisen. Selbst nach der Umwandlung der Gebäude in Punkte konnte mit den Messungen nicht abschliessend gezeigt werden, ob die Erregung aufgrund der zunehmenden Siedlung erfolgte, oder aufgrund der Art und Weise wie die neuen Gebäude gestaltet und integriert wurden.

Ein grosser Vorteil in der selbständigen Erstellung der Stimuli bestand, neben dem Erlernen neuer Methoden, in der Erkenntnis, wie die LiDAR Daten gut zu kombinieren sind. Dabei bedeutet gut ein Optimum zwischen Detailgrad/Auflösung und der Datenmenge zu finden. Zu Beginn war vorgesehen, das Studiengebiet lediglich mit TLS Daten zu repräsentieren, was eine sehr hohe Auflösung und einen grossen Detailgrad gebracht hätte. Die Menge der Punkte wäre aber mit den verwendeten Softwareprodukten nicht mehr angemessen zu verarbeiten gewesen. Eine mögliche Lösung dieses Zielkonfliktes präsentiert Lange (2001). Der Autor beschreibt, dass es nicht nötig ist, alle Elemente in einer Visualisierung mit der höchsten Auflösung zu repräsentieren. Für den realistischen Eindruck genügt es, wenn die Objekte im Vordergrund mit einer höheren, die Objekte im Hintergrund mit einer geringeren Auflösung dargestellt sind. Genau diese Aussage wurde mit der Kombination von TLS und ALS LiDAR Daten erfolgreich umgesetzt.

### Die Moderatorvariable

Die Idee, die Teilnehmer des Experimentes aufgrund eines vorgängigen Fragebogens auszuwählen, funktionierte nicht einwandfrei. Zwar wäre die Methode der online Umfrage durchaus sehr geeignet, da man in relativ kurzer Zeit viele Personen erreichen kann und einen Überblick über die potentiellen Probanden erhält. Eine Klassierung der Umfrageteilnehmer in die Gruppen Planungslaien/Raumplaner und Landmenschen/Stadtmenschen auf Basis der Antworten dieser Umfrage gestaltete sich aber dennoch als schwierig. Diese Einteilungen erfolgten lediglich durch eine Clusteranalyse der relevanten Antworten, was bei der Gruppenbildung in Planungslaien und Raumplaner gut funktionierte, da die Berufsangabe mit den Antworten auf die fachlichen Fragen gut korrelierte. Bei der Einteilung in Land- oder Stadtmensch konnte lediglich über die Aussagen von Präferenzen eine Gruppierung vorgenommen werden. Nach der Klassierung wäre das Ziel gewesen, die Personen einzuladen, welche deutlich in die eine oder andere Gruppe eingeteilt wurden. Aus organisatorischen Gründen konnten aber nicht alle Wunschkandidaten für das Experiment gewonnen werden. Die Probanden unterschieden sich zum Teil zu wenig stark aufgrund ihres Fachwissens oder ihrer Siedlungspräferenz voneinander.

Die durch den Fragebogen erhobenen Daten wurden nicht weiter ausgewertet, obwohl dies sicherlich auch interessant gewesen wäre. Auch besteht Potential darin, Verbindungen zwischen online abgefragten Sachverhalten und Emotionsmessungen herstellen, was in dieser Arbeit nicht gemacht wurde.

### Die abhängige Variable

Das Studiendesign sah die Messung der abhängigen Variable unter Laborbedingungen vor. Diese Bedingungen bieten eine präzise Kontrolle der Umstände und genaue Messungen sind möglich. Dies macht die Reaktion der Probanden gut vergleichbar (MARTIN 2008). Als Nachteile der Laborumgebung führt (MARTIN 2008) aber aus, dass es sich um eine künstliche Umgebung handelt, wobei Reaktionen anders ausfallen könnten als wenn der Proband auf einem Hügel steht und die Siedlungsentwicklung seines Heimatdorfes betrachtet. Zudem führt der Autor aus, dass es schwierig ist, im Labor komplexes Verhalten zu messen. Die Laborbedingungen boten für dieses Experiment dennoch die Möglichkeit nur den Inhalt der 3D-Landschaftsvisualisierung zu verändern und die restlichen Einflüsse zu minimieren. Das «*within-subject design*» kritisiert MARTIN (2008) insofern, als dass eine Konditionierung der Probanden vom einen zum anderen Stimulus stattfindet. Für dieses Experiment wollte man aber genau diesen Grad der Konditionierung messen, denn er findet auch draussen statt, wenn jemand eine neue Siedlung betrachtet. Sowohl die online Umfrage als auch die Gespräche mit dem Probanden stützten diese Idee, da häufig die Antwort kam «*Zuerst dachte ich schrecklich, doch man gewöhnt sich dran.*» Mit diesem Studiendesign ist es möglich, die Stärke der Änderung einer Reaktion zwischen der Betrachtung von zwei unterschiedlichen Siedlungsstadien eines Probanden zu messen.



Eine grosse Unsicherheit bestand in der Technologie zur Messung der Erregung und der Valenz. Vom Aufkleben der Elektroden über die Aufnahme der Daten bis hin zur Datenprozessierung gibt es in der Literatur zwar Empfehlungen, doch widersprechen sich diese zum Teil auch. Trotz verschiedener möglicher Fehlerquellen bei der Daten Akquisition konnte durch den konsequent identischen Experimentablauf die Vergleichbarkeit der Daten unter den Probanden sichergestellt werden. Das Erlernen dieser Methoden war dennoch höchst interessant und bietet viel Potential für weitere Projekte in der Geovisualisierung. Etwas im Unklaren blieb bis zum Schluss, ob für die Messung der Erregung das SCR angemessen war oder ob man besser das tonische SCL analysiert hätte, denn beide Anteile sind wichtig für die gesamte EDA und werden von unterschiedlichen Regionen im Hirn ausgelöst (NAGAI et al. 2004). Die SAM Methode zur Befragung des emotionalen Zustandes und die physiologischen Messungen der Emotion zeigen zum Teil gegensätzliche Resultate. Da diese Arbeit kein Methodenvergleich zum Ziel hatte, kann nicht gesagt werden welche der beiden Methoden die besseren Resultate liefert. Eine kombinierte Anwendung verschiedener Methoden zur Annäherung an die emotionale Reaktion auf landschaftliche Entwicklungen ist aber wichtig.

## 5.6 Arbeitsablauf zur Erstellung der 3D-Visualisierungen

Eine Übersicht über den angewandten Prozess von der Datenaufnahme bis zur Stimulus Erstellung soll in Tab. 27 gegeben werden. Zudem werden abschliessend wichtige Punkte, die es für zukünftige Arbeiten mit LiDAR Daten zu beachten gilt aufgeführt.

Tab. 27 | Übersicht Arbeitsablauf

Prozessschritt	Verwendete Software (+ Vorteile) (- Nachteile)	Zeitangaben <sup>49</sup> (% Zeitanteil an Gesamtzeit)	Wichtige Punkte
<b>Aufnahme TLS Daten</b>		Pro Standort rund 45 min	
<b>A) Verarbeitung TLS Daten</b>	<i>Riegl RiSCAN Pro</i> +++ Datenübersicht +++ Navigation +++ Kolorierung + Bildreferenzierung	100h (20%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Von Anfang an gute Datenstruktur erstellen</li> <li>• Wenn möglich alle Datensätze in gleichem Koordinatensystem</li> </ul>

<sup>49</sup> Die Zeitangaben sind eine ungefähre Abschätzung und beziehen sich auf die Fallstudie Erlinsbach. Mit den Angaben soll insbesondere das Zeitverhältnis im ganzen Workflow wiedergegeben werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass diese Zeiten inklusive der Einarbeitungszeit in die jeweiligen Softwarepakete angegeben sind.

	- Filter		bearbeiten (kein manuelles Referenzieren nötig) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotos in Bildbearbeitungsprogramm nachbearbeiten</li> </ul>
<b>B) Kantonale ALS Daten</b>	<i>SAGA GIS (LIS PRO)</i> ++ Sehr viele verschiedene Datenformate ++ Geoanalysen +Georferenzierung und Einfärbung der LiDAR Daten - unübersichtliche Datenstruktur - - - Navigation und Betrachtungsfunktionen	15h (5%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordinatensystem von Orthofoto und LiDAR Daten abgleichen</li> <li>• Für die Weiterverwendung in diversen Programmen, Output als ASCII speichern</li> </ul>
<b>C) Datenbereinigung, Zusammensetzen</b>	<i>Bentley Pointools</i> +++ guter Umgang mit vielen Punkten ++ Bearbeitung (Ausschneiden, Transformieren Einsetzen, Export) - Layerstruktur - - Einfärbung - - Rendersettings - - - Navigation	200h (35%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuelles Zusammenfügen von verschiedenen Datenquellen</li> <li>• Nachbereinigung von Punkten</li> <li>• Ausschneiden und Einsetzen</li> </ul>
<b>D) Szenenerstellung</b>	<i>Maxxon Cinema4D (LAZPOINT)</i> +++ Videopfadfunktionen +++ Rendering ++ Licht und Wetter + Navigation	175h (30%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polygonale Daten zu Punkten (<i>LAZPOINT</i>)</li> <li>• Kamerapfad erstellen</li> <li>• Szenengestaltung (Licht, Schatten, Wetter)</li> <li>• Rendering</li> </ul>

	-- Verhalten von LiDAR Punkten im Rendering nicht nachvollziehbar		
<b>E)</b> <b>Nachbearbeitung,</b> <b>Ton</b>	<i>Adobe Premiere Pro CS5</i>	25h (10%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilder zu Videos in <i>full HD</i></li> <li>• Tonaufnahmen zufügen</li> </ul>

Die Arbeit mit dem Studiengebiet Erlinsbach hat in Bezug auf den Prozess «Datenaufnahme -3D-Landschaftsvisualisierung von Siedlungsentwicklung» folgende Erkenntnisse gebracht.

Für die Datenaufnahme mittels TLS muss vor Ort pro Standort 45 Minuten einberechnet werden. Diese Zeit wird für Aufbau, das Einrichten und das Scannen benötigt.

Für grossflächige Landschaftsvisualisierungen eignen sich TLS Daten nicht. Die Aufnahme und Verarbeitung ist für grosse Gebiete sehr zeitintensiv und die resultierende Datenmenge zu gross. Zudem ist die Einfärbung der Punkte aufgrund unterschiedlicher Kamerastandorte inhomogen.

Die grossflächige Landschaftsrepräsentation sollte mit ALS Daten erfolgen. Die Punktdichte ist geringer und die Punkteverteilung regelmässiger. Mit Orthofotos lassen sich die LiDAR Punkte homogen einfärben.

Die LiDAR Daten sollten automatisch klassiert werden (KEDZIERSKI & FRYSKOWSKA 2015), (JOCHEM et al. 2012). Dies führt zu einer effizienteren Weiterverarbeitung der Daten in einer automatisch generierten Layerstruktur.

Die Kombination von TLS und ALS Daten eignet sich besonders zur Visualisierung von Landschaftsspaziergängen. Vordergrundelemente wie Vegetation oder Bauten können hochdetailliert mit TLS Daten visualisiert werden. Der Hintergrund und die Topografie kann mit weniger dichten ALS Daten repräsentiert werden.

Bei der Integration von polygonalen 3D-Modellen in LiDAR Daten ist es nötig, die polygonalen Daten in Punkte umzuwandeln, sofern die Visualisierung für visuell-ästhetische Zwecke erstellt wird.

Je nach Visualisierungsanforderung kann es nötig sein, aus den ALS Daten ein DEM oder DOM zu generieren, um den Eindruck einer «*hard surfaces*» zu erhalten und nicht in den LiDAR Punkten zu «fliegen».

## 6 Schlussfolgerung

Die übergeordnete Forschungsfrage der Arbeit lautet: «*Welche emotionalen Reaktionen auf unterschiedliche Siedlungsentwicklungen in einer Landschaft lassen sich mit audiovisuellen bewegten 3D-Landschaftsvisualisierungen hervorrufen?*» Das entsprechende Ziel der Arbeit, die emotionalen Reaktionen auf zukünftige Landschaftsentwicklungen zu messen und in Bezug zur Bewertung der Landschaftsästhetik zu setzen, konnte nur teilweise erreicht werden.

Die Wahrnehmung von Landschaftsveränderungen emotionale gesteuerte Prozesse sind (BALAKRISHNAN et al. 2006), kann mit dieser Arbeit nachvollzogen werden, da mit der Beantwortung der Forschungsfrage 1 Unterschiede sowohl in der Valenz- wie auch in der Erregungsdimension gemessen wurden. Die gemessenen Valenz- und Erregungswerte lassen zwar lediglich Tendenzen erkennen, die durch SAM erhobenen Emotionen zeigen aber teilweise signifikante Unterschiede. Ein vergleichbares Resultat erhielten auch (MAEHR et al. 2015), welches keine Unterschiede zwischen den Stimuli mit den physiologischen Messungen zeigte, in den SAM Erhebungen allerdings Unterschiede auftraten. ULRICH et al. (1991) beschreiben, dass die visuell-ästhetische Landschaftsbewertung durch spontane emotionale Reaktionen gesteuert wird, was ebenfalls im Rahmen der Forschungsfrage 1 zumindest tendenziell bestätigt wird. Die subjektiven Bewertungen der dargestellten Landschaft unterscheiden sich signifikant. Die aktuelle Landschaft wird grundsätzlich als schöner bewertet als die beiden Landschaften mit zunehmender Siedlung. Mit der Beantwortung der Forschungsfrage 1 wurde gezeigt, dass die subjektive Bewertung der Landschaft im Zusammenhang mit der Valenzdimension der Emotion steht.

Es lässt sich daher die Aussage bestätigen, dass realistische 3D-Visualisierungen für die Bewertung von Landschaften geeignet sind (WALZ et al. 2008; SHEPPARD 2001). Die Valenzdimension scheint tendenziell mit der subjektiven Bewertung der Landschaft zusammenzuhängen, die Erregungsdimension zeigt in dieser Arbeit keinen Zusammenhang zur subjektiven Landschaftsbewertung.

Mit dieser Arbeit kann aber nicht belegt werden, worauf diese Unterschiede in den gemessenen emotionalen Reaktionen genau zurückzuführen sind. WISSEN (2009: 56) zeigt, dass individuelle Eigenschaften von Visualisierungsnutzern auf die verbalen Reaktionen einen Einfluss haben. In dieser Arbeit wurden explizit die emotionalen Reaktionen auf zwei individuelle Eigenschaften der Betrachter, nämlich das raumplanerische Fachwissen und die Einstellung gegenüber Siedlungsentwicklung gemessen. Die Beantwortung der Forschungsfrage 2 und 3 zeigt eine geringe Abhängigkeit der Erregung bezüglich des Fachwissens. Keine Abhängigkeit kann zwischen der emotionalen Reaktion und der persönlichen Einstellung gegenüber Siedlungsentwicklung nachgewiesen werden.

Kritisch betrachtet ist nicht geklärt, ob die gemessenen emotionalen Reaktionen tatsächlich aufgrund der landschaftlichen Veränderung in den Visualisierungen zustande gekommen sind. Die Reaktionen könnten auch aufgrund der Art und Weise, wie Visualisierungen und die Veränderungen der Siedlungsstruktur in den Visualisierungen gestaltet wurden, erfolgt sein. Mit dieser Arbeit bestätigt werden kann die Aussage, dass die Vegetation im Vordergrund eine hohe Aufmerksamkeit innerhalb von 3D-Landschaftsvisualisierungen genießt (APPLETON & LOVETT 2003). Das Fehlen der Vegetation im Vordergrund des dritten Stimulus wurde von den Probanden häufig richtig erkannt. Auch lässt sich eine leichte Tendenz bezüglich der Valenz feststellen, dass auf neue Gebäude im Vordergrund der Visualisierung negativer reagiert wird als auf neue Gebäude im Hintergrund. Diese Detailanalyse zeigte jedoch auch, dass die Erregung beim Start der visuellen Stimuli deutlich höher war, als beim Erscheinen der Landschaftsveränderung.

Neben den Messungen der Emotionen kann durch die Aussagen der Probanden im Rahmen der informellen Nachfrage gezeigt werden, dass die verwendeten 3D-Landschaftsvisualisierungen gut geeignet sind, um die Motivation am Planungsprozess teilzunehmen zu steigern (WISSEN 2009). Das gezeigte Siedlungsentwicklungsszenario konnte zu Diskussionen anregen und die Probanden zur Meinungsbildung zum Thema Siedlungsentwicklung in periurbanen Schweizer Gemeinden animieren. Die Arbeit hat aber auch aufgezeigt, dass es schwierig ist, eine wahrnehmungsbasierte Bewertung (DANIEL & VINING 2014) von virtuellen Landschaften lediglich auf Grund der emotionalen Reaktion zu erheben und daraus eine ästhetisch-visuelle Präferenz abzuleiten (ULRICH 1986). Dennoch ist diese Arbeit ein erster Schritt dahin, die emotionale Reaktion auf ganz bestimmte inhaltliche Elemente in 3D-Visualisierungen wie Landschaftsveränderungen besser zu verstehen. Weiterer Forschungsaufwand ist jedoch nötig, um eine Verbindung zwischen gemessenen, spontanen emotionalen Reaktionen und visuell-ästhetischen Präferenzen von Landschaften herzuleiten. Dieses Verständnis wird nötig sein, um 3D-Landschaftsvisualisierungen als ergänzendes Instrument zu Umfragen bezüglich Landschaftsbewertung einzusetzen. So kann dem visuell-ästhetischen Ansatz zur Landschaftsbewertung mehr Gewicht gegeben werden, wie es DUPONT et al. (2015) fordern.

### **Ausblick**

Von der Seite der Visualisierungen gilt es die Arbeitsabläufe insbesondere zu automatisieren. Diese Arbeit konnte lediglich einen manuellen Arbeitsablauf im Umgang mit LiDAR Daten präsentieren. Zudem müssen 3D modellierten Landschaftsveränderungen, sei es von Siedlung oder anderen Objekten noch besser in die LiDAR Punktmodelle der Scannerdaten integriert werden. Die Visualisierungen automatisch oder gar interaktiv zu verändern, aber das Erscheinungsbild der Landschaft dennoch nicht zu generisch wirken zu lassen, ist eine Gratwanderung bei welcher es noch Forschungsaufwand bedarf. Es müsste noch besser verstanden werden wie die Geometrie und die Textur von solchen generischen Siedlungen auszusehen hat, um eine emotionale Reaktion auf die Siedlungsentwicklung und nicht auf die Architektur zu erhalten.

Probanden in verschiedene Gruppen einzuteilen und hinsichtlich der unterschiedlichen Reaktion zu untersuchen, braucht noch mehr Aufwand in der Operationalisierung der individuellen Eigenschaften. Hier gilt es herauszufinden, mit welchen Methoden und welchen Fragen die potentiellen Probanden gruppiert werden könnten. Eine sicherlich sehr interessante Gruppierung wäre zwischen lokalen Anwohnern und auswärtigen Personen zu unterscheiden, was auch MAEHR et al. (2015) vorschlagen.

Im Rahmen der Landschaftsbewertung sind sowohl affektive wie auch kognitive Prozesse involviert (ULRICH 1986). In dieser Arbeit wurde lediglich die emotionale Reaktion in Zusammenhang mit der unmittelbaren Bewertung untersucht. Ausgedehnt werden sollten diese Untersuchungen auf spezifische mentale Prozesse (SHEETS & MANZER 1991), um besser zu verstehen, warum die gemessenen emotionalen Reaktionen zu Stande gekommen sind und was sich Personen dabei überlegt haben. Zudem wurde lediglich mit dem sich schnell ändernden SCR Signal der EDA gearbeitet. Dieses Signal macht jedoch einen sehr geringen Anteil an der ganzen EDA aus (BRAITHWAITE et al. 2013). Gerade für längere Stimuli mit Landschaftsveränderungen wäre es nötig zu untersuchen, wie sich das langsam verändernde SCL Signal auf Landschaftsveränderungen in 3D-Visualisierungen verhält und ob auf Grund dieses Signals eine Verbindung zur subjektiven Bewertung einer Landschaft hergestellt werden kann. Auch müsste geprüft werden ob individuelle Eigenschaften der Probanden einen Zusammenhang zum SCL Signal aufweisen.

Bestimmte Aspekte von Visualisierungen, wie beispielsweise verschiedene Perspektiven, unterschiedliche Geschwindigkeiten der Kamerafahrten oder der Einfluss der Geräuschkulissen müssen noch detaillierter betrachtet und ausgewertet werden. Weitere Untersuchungen können andere Arten von Landschaftsveränderung miteinbeziehen. In dieser Studie wurden ausschliesslich die emotionalen Reaktionen auf die Siedlungsveränderungen betrachtet, es könnten aber auch Vegetationsveränderungen, Gewässerkorrekturen oder Infrastrukturbauten analysiert werden.

Schliesslich sollte untersucht werden, wie eine geeignete Kombination von Emotionsmessungen mit qualitativen Methoden aussehen könnte. Das Ziel dabei muss sein, dass Potential von realistischen 3D-Landschaftsvisualisierungen als Instrumente für die Bewertung von Landschaftsveränderungen besser auszuschöpfen.

# 7 Literatur

- AL-KODMANY, K. (1999), Using visualization techniques for enhancing public participation in planning and design: process, implementation, and evaluation. In: *Landscape and Urban Planning* (45), 37–45.
- ANTONENKO, P., PAAS, F., GRABNER, R. & VAN GOG, T. (2010), Using Electroencephalography to Measure Cognitive Load. In: *Educational Psychology Review*, 22 (4), 425–438, doi: 10.1007/s10648-010-9130-y.
- ANTROP, M. (2005), Why landscapes of the past are important for the future. In: *Landscape and Urban Planning*, 70 (1-2), 21–34, doi: 10.1016/j.landurbplan.2003.10.002.
- APPLETON, K. & LOVETT, A. (2003), GIS-based visualisation of rural landscapes. Defining ‘sufficient’ realism for environmental decision-making. In: *Landscape and Urban Planning*, 65 (3), 117–131, doi: 10.1016/S0169-2046(02)00245-1.
- BACKHAUS, N. (2010), Landschaften wahrnehmen und nachhaltig entwickeln. Ein transdisziplinäres Modell für Forschung und Praxis. In: *Geographica Helvetica*, 65 (1), 48–58.
- BACKHAUS, N., REICHLER, C. & STREMLow, M. (2007), Alpenlandschaften. Von der Vorstellung zur Handlung ; thematische Synthese zum Forschungsschwerpunkt I "Prozesse der Wahrnehmung und Darstellung von Landschaften und Lebensräumen der Alpen" ; Nationales Forschungsprogramm 48 "Landschaften und Lebensräume der Alpen" des Schweizerischen Nationalfonds ; [Synthesebericht NFP 48]. vdf Hochsch.-Verl. an der ETH, Zürich.
- BALAKRISHNAN, B., KALISPERIS, L. N. & SUNDAR, S. S. (2006), Capturing Affect in Architectural Visualization. A Case for integrating 3-dimensional visualization and psychophysiology. In: *digital design media: application*, 664–669.
- BISHOP, I. (1998), Planning support: hardware and software in search of a system. In: *Computers, Environment and Urban Systems*, 22(3), 189–202.
- BOUCSEIN, W. (2012), *Electrodermal activity*. Springer, New York, NY.
- BRADLEY, M. M. & LANG, P. J. (1994), MEASURING EMOTION: THE SELF-ASSESSMENT MANIKIN AND THE SEMANTIC DIFFERENTIAL. In: *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* (25), 49–59.
- BRAITHWAITE, J. J., WATSON, D. G., JONES, R. & ROWE, M. (2013), *A Guide for Analysing Electrodermal Activity (EDA) & Skin Conductance Responses (SCRs) for Psychological Experiments*. Technical Report, UK.
- BUHMANN, E. & ERVIN, S. M. (2003), Trends in landscape modeling. Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences 2003. Wichmann, Heidelberg.



- BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG ARE (2014), Trends der Siedlungsflächenentwicklung in der Schweiz. Auswertungen aus raumplanerischer Sicht auf Basis der Arealstatistik Schweiz 2004/09 des Bundesamts für Statistik.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK (2000), Statistischer Atlas der Schweiz. Gemeindetypologie der Schweiz in 22 Klassen. [https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/map/mapIdOnly/0\\_de.html](https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/map/mapIdOnly/0_de.html) (30.11.16).
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK (2016a), Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Kantone. 2015 - 2045, Neuchâtel. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/zukuenftige-entwicklung/schweiz-szenarien.assetdetail.350477.html> (12.1.17).
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK (2016b), Statistische Grundlagen und Übersichten / Raum und Umwelt Arealstatistik: Nomenklatur, Bern (13.01.17).
- BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (Hrsg.) (2003), Landschaft 2020 - Leitbild, Bern.
- COHEN, J. (1992), Statistical Power Analysis. In: Current Directions in Psychological Science (3), 98–101.
- DANIEL, T. C. (2001), Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21 st century. In: Landscape and Urban Planning (54), 267–281.
- DANIEL, T. C. & VINING, J. (2014), Methodological Issues in the Assessment of Landscape Quality. In: ALTMAN, I. & WOHLWILL, J. F. (Hrsg.), Behavior and the natural environment. Plenum Press, New York and London, 39–84.
- DAWSON, M. E., SCHELL, A. M. & FILION, D. L. (2007), The electrodermal System. In: CACIOPPO, J. T., TASSINARY, L. G. & BERNTSON, G. G. (Hrsg.), Handbook of psychophysiology. Cambridge University Press, Cambridge [England], New York, 200–223.
- DIMBERG, U. & PETERSON, M. (2000), Facial reactions to happy and angry facial expressions: Evidence for right hemisphere dominance. In: Psychophysiology (37), 693–696.
- DOWNES, M. & LANGE, E. (2015), What you see is not always what you get. A qualitative, comparative analysis of ex ante visualizations with ex post photography of landscape and architectural projects. In: Landscape and Urban Planning, 142, 136–146, doi: 10.1016/j.landurbplan.2014.06.002.
- DUPONT, L., ANTROP, M. & VAN EETVELDE, V. (2015), Does landscape related expertise influence the visual perception of landscape photographs? Implications for participatory landscape planning and management. In: Landscape and Urban Planning, 141, 68–77, doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.05.003.
- EIDGENÖSSISCHE FORSCHUNGSANSTALT WSL (Hrsg.) (2010), Landschaftsqualität. Konzepte, Indikatoren und Datengrundlagen.
- ERVIN, S. M. (2001), Digital landscape modeling and visualization: a research agenda. In: Landscape and Urban Planning (54), 49–62.
- FABRIKANT, S. I., MONTELLO, D. R. & NEUN, M. (2008), Evaluating 3D point-display spatializations. s.n.

- FELDMANN BARETT, L. (1997), The Relationships Among Momentary Emotion Experiences, Personality Descriptions, and Retrospective Ratings of Emotion. In: *Personality & Social Psychology Bulletin* (23), 1–14.
- FIGNER, B. & MURPHY, R. O. (2011), Using skin conductance in judgment and decision making research. In: SCHULTE-MECKLENBECK, M., KÜHBERGER, A. & RANYARD, R. (Hrsg.), *A handbook of process tracing methods for decision research. A critical review and user's guide*. Psychology Pr, New York, NY.
- FOWLES, D. C., EDELBERG, R. & LYKKEN, D. T. (1981), Publication Recommendations for Electrodermal Measurements. In: *Psychophysiology* (18), 232–240.
- FRIDLUND, A. J. & CACIOPPO, J. T. (1986), Guidelines for Human Electromyographic Research. In: *Psychophysiology* (23), 567–589.
- GEMEINDE ERLINSBACH AARGAU (2007a), Zonenordnung. <http://www.erlinsbach-ag.ch/documents/BNO1457967442103.pdf> (9.2.17).
- GEMEINDE ERLINSBACH AARGAU (2007b), Zonenplan. <http://map.lienhard-ag.ch/erlinsbachag>.
- GEMEINDE ERLINSBACH SOLOTHURN (2000), Zonenplan. <http://www.erlinsbach-so.ch/documents/Zonenplan-OES-low.pdf>.
- GILL, L. & LANGE, E. (2015), Getting virtual 3D landscapes out of the lab. In: *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 356–362, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2015.09.012.
- GRÊT-REGAMEY, A., CELIO, E., KLEIN, T. M. & WISSEN HAYEK, U. (2013), Understanding ecosystem services trade-offs with interactive procedural modeling for sustainable urban planning. In: *Landscape and Urban Planning*, 109 (1), 107–116, doi: 10.1016/j.landurbplan.2012.10.011.
- HOWLEY, P., DONOGHUE, C. O. & HYNES, S. (2012), Exploring public preferences for traditional farming landscapes. In: *Landscape and Urban Planning*, 104 (1), 66–74, doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.09.006.
- JAEGER, J., BERTILLER, R., SCHWICK, C. & KIENAST, F. (2007), *Landschaftszerschneidung Schweiz. Zerschneidungsanalyse 1885-2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung: Kurzfassung*. Vertrieb Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel.
- JOCHEM, A., HÖFLE, B., WICHMANN, V., RUTZINGER, M. & ZIPF, A. (2012), Area-wide roof plane segmentation in airborne LiDAR point clouds. In: *Computers, Environment and Urban Systems*, 36 (1), 54–64, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2011.05.001.
- JORGENSEN, A. (2011), Beyond the view. Future directions in landscape aesthetics research. In: *Landscape and Urban Planning*, 100 (4), 353–355, doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.02.023.
- KALTENBORN, B. P. & BJERKE, T. (2002), Associations between environmental value orientations and landscape preferences. In: *Landscape and Urban Planning* (59), 1–11.
- KEDZIERSKI, M. & FRYSKOWSKA, A. (2015), Methods of laser scanning point clouds integration in precise 3D building modelling. In: *Measurement*, 74, 221–232, doi: 10.1016/j.measurement.2015.07.015.

- KERN, F. (2003), Automatisierte Modellierung von Bauwerksgeometrien aus 3D-Laserscanner-Daten. Techn. Univ., Diss.--Braunschweig, 2002. Inst. für Geodäsie und Photogrammetrie TU, Braunschweig.
- KILLINGER, D. K. (Hrsg.) (1983), Optical and laser remote sensing. Springer, Berlin.
- KOSOW, H., GABNER, R., ERDMANN, L. & LUBER, B.-J. (2008), Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. IZT, Berlin.
- LANGE, E. (2001), The limits of realism: perceptions of virtual landscapes. In: *Landscape and Urban Planning* (54), 163–182.
- LANGE, E. (2005), Issues and Questions for Research in Communicating with the Public through Visualizations. In: BUHMANN, E. (Hrsg.), *Trends in real-time landscape visualization and participation. Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences 2005*; [International Conference on Information Technologies in Landscape Architecture, held in Dessau, Germany, May 26 - 28, 2005 ; 6th International Conference on New Technologies in Landscape Architecture]. Wichmann, Heidelberg.
- LANGE, E. & HEHL-LANGE, S. (2005), Combining a participatory planning approach with a virtual landscape model for the siting of wind turbines. In: *Journal of Environmental Planning and Management*, 48 (6), 833–852, doi: 10.1080/09640560500294277.
- LAPATKI, B., STEGEMAN, D. & JONAS, I. (2003), A surface EMG electrode for the simultaneous observation of multiple facial muscles. In: *Journal of Neuroscience Methods*, 123 (2), 117–128, doi: 10.1016/S0165-0270(02)00323-0.
- LARSEN, J. T., BERNSTON, G. G., POEHLMANN, K. M., ITO, T. A. & CACIOPPO, J. T. (2008), The Psychophysiology of Emotion. In: LEWIS, M. (Hrsg.), *Handbook of emotions*. Guilford Press, New York, 180–195.
- LARSEN, J. T., NORRIS, C. J. & CACIOPPO, J. T. (2003), Effects of positive and negative affect on electromyographic activity over zygomaticus major and corrugator supercilii. In: *Psychophysiology* (40), 776–785.
- LINDQUIST, M. & LANGE, E. (2014), Sensory Aspects of Simulation and Representation in Landscape and Environmental Planning: A Soundscape Perspective. In: CONTIN, A., PAOLINI, P. & SALERNO, R. (Hrsg.), *Innovative Technologies in Urban Mapping*. Springer International Publishing, Cham, 93–106. 10.1007/978-3-319-03798-1.
- LINDQUIST, M., LANGE, E. & KANG, J. (2016), From 3D landscape visualization to environmental simulation. The contribution of sound to the perception of virtual environments. In: *Landscape and Urban Planning*, 148, 216–231, doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.12.017.
- LOVETT, A., APPLETON, K., WARREN-KRETZSCHMAR, B. & HAAREN, C. von (2015), Using 3D visualization methods in landscape planning. An evaluation of options and practical issues. In: *Landscape and Urban Planning*, 142, 85–94, doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.02.021.
- MACFARLANE, R., STAGG, H., TURNER, K. & LIEVESLEY, M. (2005), Peering through the smoke? Tensions in landscape visualisation. In: *Computers, Environment and Urban Systems*, 29 (3), 341–359, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2004.05.006.

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. In: *Landscape and Urban Planning*, 142, 71–79, doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.05.011.

MANYOKY, M., WISSEN HAYEK, U., PIEREN, R., HEUTSCHI, K. & GRÊT-REGAMEY, A. (2016), Evaluating a visual-acoustic simulation for wind park assessment. In: *Landscape and Urban Planning*, 153, 180–197, doi: 10.1016/j.landurbplan.2016.03.013.

MARTIN, D. W. (2008), *Doing psychology experiments*. Wadsworth Cengage Learning, Belmont, Calif.

NAGAI, Y., CRITCHLEY, H. D., FEATHERSTONE, E., TRIMBLE, M. R. & DOLAN, R. J. (2004), Activity in ventromedial prefrontal cortex covaries with sympathetic skin conductance level: a physiological account of a "default mode" of brain function. In: *NeuroImage*, 22 (1), 243–251, doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.01.019.

NAKASONE, A., PRENDINGER, H. & ISHIZUKA, M. (2005), Emotion Recognition from Electromyography and Skin Conducance.

NIKON GMBH (2010), D700 Produktedetails. <http://www.nikon.ch/tmp/ch/2419865273/3760176746/2327365364/27184057/3927504560/3648979021/2027325250/2187440206/345115283/3656806987/4025682470.pdf> (20.12.2016).

NOVÁK, D. (2014), Photogrammetric generation and registration of point clouds. Zugl.: Zürich, Diss., Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Nr. 21743, 2014. ETH-Zürich / Institute of Geodesy and Photogrammetry, Zürich.

ORENSTEIN, D. E., ZIMRONI, H. & EIZENBERG, E. (2015), The immersive visualization theater. A new tool for ecosystem assessment and landscape planning. In: *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 347–355, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2015.10.004.

ORLAND, B., BUDTHIMEDHEE, K. & UUSITALO, J. (2001), Considering virtual worlds as representations of landscape realities and as tools for landscape planning. In: *Landscape and Urban Planning* (54), 139–148.

POSNER, J., RUSSELL, J. A. & PETERSON, B. S. (2005), The circumplex model of affect: an integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. In: *Development and Psychopathology*, 17 (3), 715–734, doi: 10.1017/S0954579405050340.

PRÜFER, P. & REXROTH, M. (2005), Kognitive Interviews. In: *Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen -ZUMA- How-to-Reihe* (15), 1–22.

PsychSoz. 7 Tabellen (2011). Thieme, Stuttgart.

RAUTENBACH, V., COETZEE, S. & ÇÖLTEKIN, A. (2016), INVESTIGATING THE USE OF 3D GEOVISUALIZATIONS FOR URBAN DESIGN IN INFORMAL SETTLEMENT UPGRADING IN SOUTH AFRICA. In: *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B2, 425–431, doi: 10.5194/isprs-archives-XLI-B2-425-2016.

REKITKE, J. & NINSALAM, Y. (2014), Head in Point Clouds-Foot on the Ground. In: *DLA*, 198–208.

- RICHTER, R. & DÖLLNER, J. (2014), Concepts and techniques for integration, analysis and visualization of massive 3D point clouds. In: *Computers, Environment and Urban Systems*, 45, 114–124, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2013.07.004.
- RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEMS GMBH (2016), RIEGL Firmengeschichte. Laser-Impulsradar-Entfernungsmessung und Laser Scanning Seit 1968. [http://www.riegl.com/uploads/tx\\_pxpriegldownloads/RIEGL-Firmengeschichte\\_seit-1968\\_Stand\\_30-06-2014\\_view.pdf](http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegldownloads/RIEGL-Firmengeschichte_seit-1968_Stand_30-06-2014_view.pdf) (30.12.16).
- RUSSELL, J. A. & BARRETT, L. F. (1999), Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion. Dissecting the elephant. In: *Journal of Personality and Social Psychology*, 76 (5), 805–819, doi: 10.1037//0022-3514.76.5.805.
- SCHMID, W. A. (2001), The emerging role of visual resource assessment and visualisation in landscape planning in Switzerland. In: *Landscape and Urban Planning* (54), 213–221.
- SCHROTH, O. (2007), From information to participation, interactive landscape visualization as a tool for collaborative planning. Zürich, ETH.
- SHAN, J. & TOTH, C. K. (Hrsg.) (2009), Topographic laser ranging and scanning. Principles and processing. CRC Press, Boca Raton, Fla.
- SHEARER, A. W. (2005), Approaching Scenario-Based Studies. Three Perceptions about the Future and Considerations for Landscape Planning. In: *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32 (1), 67–87, doi: 10.1068/b3116.
- SHEETS, V. L. & MANZER, C. D. (1991), Affect, Cognition, and Urban Vegetation. Some Effects of Adding Trees Along City Streets. In: *Environment and Behavior*, 23 (3), 285–304, doi: 10.1177/0013916591233002.
- SHEPPARD, S. R. (2001), Guidance for crystal ball gazers: developing a code of ethics for landscape visualization. In: *Landscape and Urban Planning* (54), 183–199.
- SHEPPARD, S. R. (2004), LASER-SCANNING FOR LANDSCAPE PLANNING: IMPLICATIONS FOR POLICY AND PRACTICE FROM AN END-USER'S PERSPECTIVE. In: *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36-8/W2, 235–245.
- SHEPPARD, S. R. (2005), Landscape visualisation and climate change. The potential for influencing perceptions and behaviour. In: *Environmental Science & Policy*, 8 (6), 637–654, doi: 10.1016/j.envsci.2005.08.002.
- STOCKÉ, V. (2004), Entstehungsbedingungen von Antwortverzerrungen durch soziale Erwünschtheit. Ein Vergleich der Prognosen der Rational-Choice Theorie und des Modells der Frame-Selektion. In: *Zeitschrift für Soziologie*, 33 (4), 303–321.
- THÉLIN, G. & ROTH, U. (2010a), Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES): Konzept für ein langfristiges Monitoring, 13–24.
- THÉLIN, G. & ROTH, U. (Hrsg.) (2010b), Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES): Konzept für ein langfristiges Monitoring.

- ULRICH, R. S. (1986), Human responses to vegetation and landscapes. In: *Landscape and Urban Planning* (13), 29–44.
- 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. In: *Journal of Environmental Psychology* (11), 201–203.
- UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2002), *GEO 3 Global environment outlook. 3. Past, Present and Future Perspectives*, Nairobi, Kenya.
- VAN BOXTEL, A. (2010), Facial EMG as a Tool for Inferring Affective States. In: *Proceedings of Measuring Behavior*, 105–108.
- VON HAAREN, C. (2002), Landscape planning facing the challenge of the development of cultural landscapes. In: *Landscape and Urban Planning* (60), 73–80.
- WALZ, A., GLOOR, C., BEBI, P., FISCHLIN, A., LANGE, E., NAGEL, K. & ALLGÖWER, B. (2008), *Virtuelle Welten - reale Entscheide? Die Alpen im Modellbaukasten ; thematische Synthese und Ausblick zum Forschungsschwerpunkt V "Virtuelle Repräsentation" ; Nationales Forschungsprogramm 48 "Landschaften und Lebensräume der Alpen" des Schweizerischen Nationalfonds*. vdf Hochschulverl., Zürich.
- WANARAT, K. & NUANWAN, T. (2013), Using 3D Visualisation to Improve Public Participation in Sustainable Planning Process. Experiences through the Creation of Koh Mudsum Plan, Thailand. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 91, 679–690, doi: 10.1016/j.sbspro.2013.08.469.
- WEICHBOLD, M., BACHER, J. & WOLF, C. (2009), *Umfrageforschung. Herausforderungen und Grenzen*. VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, Wiesbaden.
- WERGLES, N. & MUHAR, A. (2009), The role of computer visualization in the communication of urban design—A comparison of viewer responses to visualizations versus on-site visits. In: *Landscape and Urban Planning*, 91 (4), 171–182, doi: 10.1016/j.landurbplan.2008.12.010.
- WISSEN, U. (2009), *Virtuelle Landschaften zur partizipativen Planung. Optimierung von 3D Landschaftsvisualisierungen zur Informationsvermittlung*. Eidgenössische Techn. Hochsch., Diss.-- Zürich, 2007. vdf-Hochschulverl., Zürich.
- WISSEN HAYEK, U. (2011), Which is the Appropriate 3D Visualization Type for Participatory Landscape Planning Workshops? A Portfolio of Their Effectiveness. In: *Environment and Planning B: Planning and Design*, 38 (5), 921–939, doi: 10.1068/b36113.

# 8 Anhang

## 8.1 Daten Raumsituation Erlinsbach

Tab. 28 | Bodennutzung der Gemeinden im Vergleich zum Schweizer Durchschnitt<sup>50</sup>

Anteil ... an Gemeindefläche	Erlinsbach (AG)	Erlinsbach (SO)	Schweizer Durchschnitt
... Siedlungsfläche ... Veränderung [1985-2014]	12.6% +29 ha (+23%)	13.6% +24 ha	7.5% + 58422 ha (+23.4%)
... Gebäudeareal <sup>51</sup> ...	9.4%	7.6%	3.7%
... Industriefläche ...	0.1%	0.68%	0.53%
... Verkehrsfläche ...	2.2%	3.2%	2.3%
... Landwirtschaftsfläche ... Veränderung [1985-2014]	33% -31 ha	43.2% -20 ha	35.9%
... Waldfläche ...	53%	40.4%	31%
... unproduktiver Fläche ...	1.2%	2.8%	25.3%

Tab. 29 | Wohnsituation und Bautätigkeit

	Erlinsbach (AG)	Erlinsbach (SO)	Schweizer Durchschnitt
Leerwohnungsziffer [2016]	2.24%	3%	1.3%
Wohnfläche pro Person <sup>52</sup>			248.5m <sup>2</sup>
Ø Kanton [2009]	273m <sup>2</sup>	274m <sup>2</sup>	
Gemeinde [2009]	260m <sup>2</sup>	262m <sup>2</sup>	
Einfamilienhäuser Anteil [2015] <sup>53</sup>	78.7%	70.9%	57.4%
Veränderung [2006 – 2015]	+0.7%	-0.42%	-0.34%
Quote 3-4 Zimmer Wohnungen [2015]	47%	49.7%	54.5%

<sup>50</sup> Datenquelle: Bundesamt für Statistik, Statistischer Atlas der Schweiz

[https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/map/mapIdOnly/0\\_de.html](https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/map/mapIdOnly/0_de.html) (letzter Zugriff: 02.01.2017)

<sup>52</sup> Entspricht der Siedlungsfläche – Industriefläche – Verkehrsfläche, gem. BUNDESAMT FÜR STATISTIK (2016b), Arealstatistik (04-09), BfS

<sup>53</sup> Anteil von allen Wohnbauten innerhalb der Gemeinde

Veränderung [2006 – 2015]	-1.2%	-0.4%	+1.87%
Durchschnittlicher Mietpreis 3-4- Zimmer Wohnung [2014] <sup>54</sup>	1402.-	1233.-	1402.-
Veränderung [2006 – 2014]	+5.8%	+6.5%	+5.01%
Anzahl neu erstellter Wohnungen pro 1000 Einwohner [2012]	17.8	3.7	5.6
Anzahl neu erstellter Wohnungen pro 1000 Einwohner [2008]	5.5	24.5	5.7

Tab. 30 | Bevölkerungsstruktur

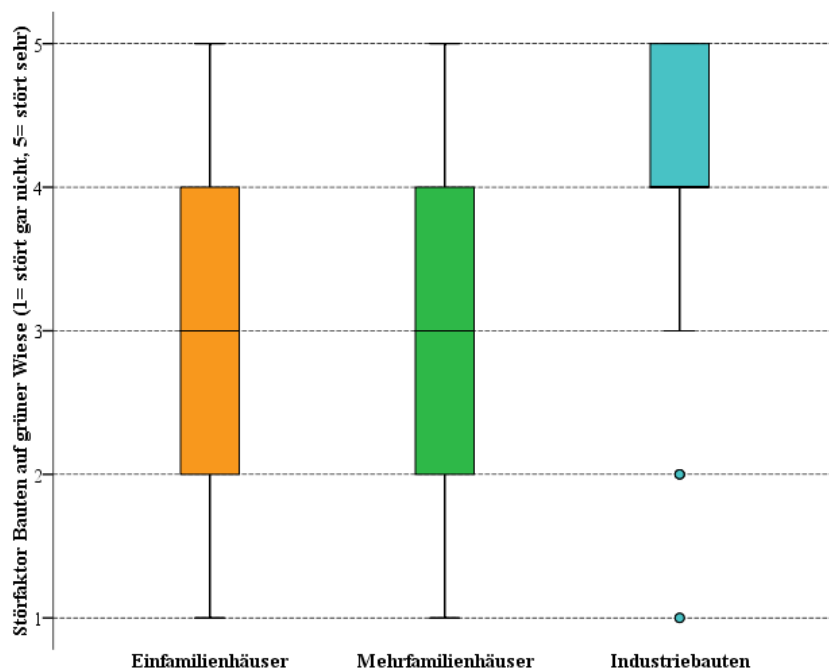
	Erlinsbach (AG)	Erlinsbach (SO)	Schweizer Durchschnitt
Einwohnerzahl [2014]	3973	3341	
Veränderung Einwohner [2010-2014]	+10.2%	+4.7%	+4.7%
Veränderung Einwohner [1981-2014]	+29%	+42%	+31%
Durchschnittliches Alter	44	41	41.4
Anteil Einpersonenhaushalte am Total der Privathaushalte [2014]	26.9%	31.6%	
Durchschnittliche Personen pro Haushalt [2014]	2.3	2.3	2.3

<sup>54</sup> Mietpreis exkl. Heiz- und Nebenkosten





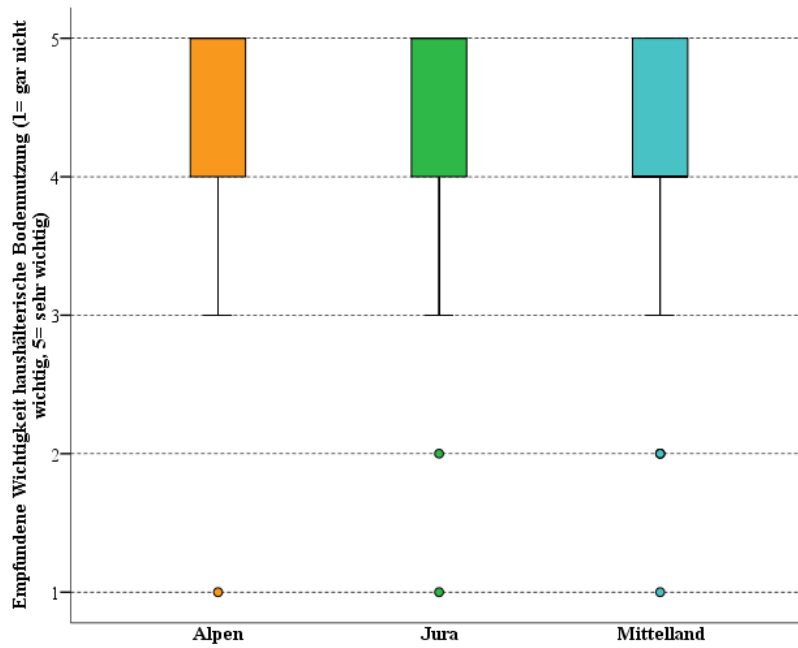
	stört mich gar nicht	stört mich wenig	weder noch	stört mich	stört mich sehr
Einfamilienhäuser (mit Umschwung)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mehrfamilienhäuser	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Industriebauten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



F4: Als wie wichtig empfinden Sie den häuslichen Umgang mit Boden in der Schweiz?

Zu der Alpenregion können Sie das Wallis, das Berneroberrland, Uri, Graubünden und Glarus zählen.

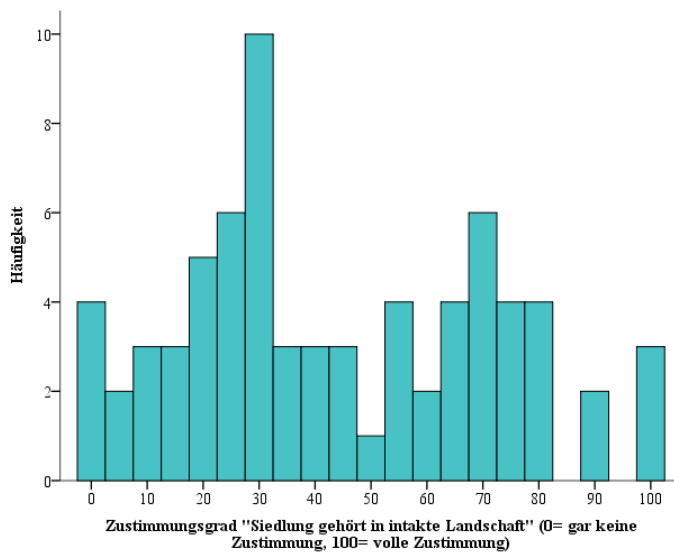
	überhaupt nicht wichtig	wenig wichtig	neutral	wichtig	sehr wichtig
Im Mittelland	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In den Alpen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im Jura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



F5: In ein intaktes, attraktives Landschaftsbild gehören auch Siedlungen?

Klicken Sie in den Balken um einen Wert von 0 (stimme absolut zu) bis 100 (stimme gar nicht zu) anzugeben. 50 = ist mir gleichgültig.

stimme absolut zu  stimme ganz und gar nicht zu

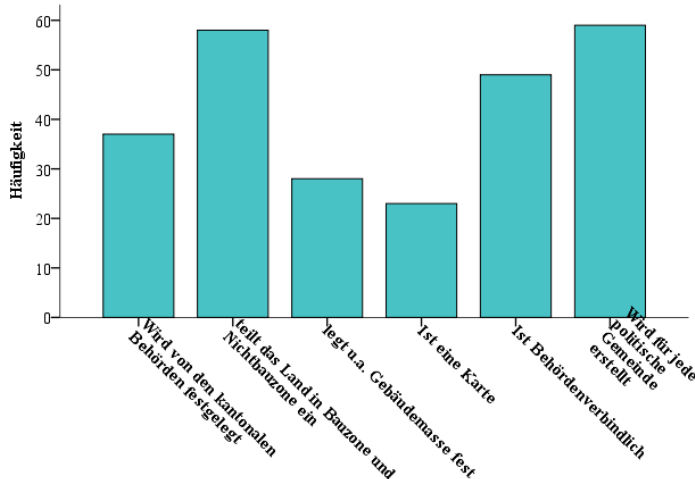


F6: Was trifft auf den Begriff Bauzonenordnung zu?

Bei dieser Frage sollten Sie spontan und ohne Recherche antworten.

Die Bauzonenordnung...

- ... wird von den kantonalen Behörden festgelegt
- ... teilt das Land in Bauzone und Nichtbauzone ein
- ... legt u.a. Gebäudemasse fest
- ... ist Grundeigentümer verbindlich
- ... ist eine Karte
- ... ist für die Behörden verbindlich
- ... wird für jede politische Gemeinde erstellt
- 



F7: Wie dicht würden Sie Ihre Wohnsituation, mit der Einteilung untenstehenden Darstellung, beschreiben?

Siedlungsdichten



Dichtotyp 1



Dichtotyp 2



Dichtotyp 3  grössere Dichte als 5

5

4



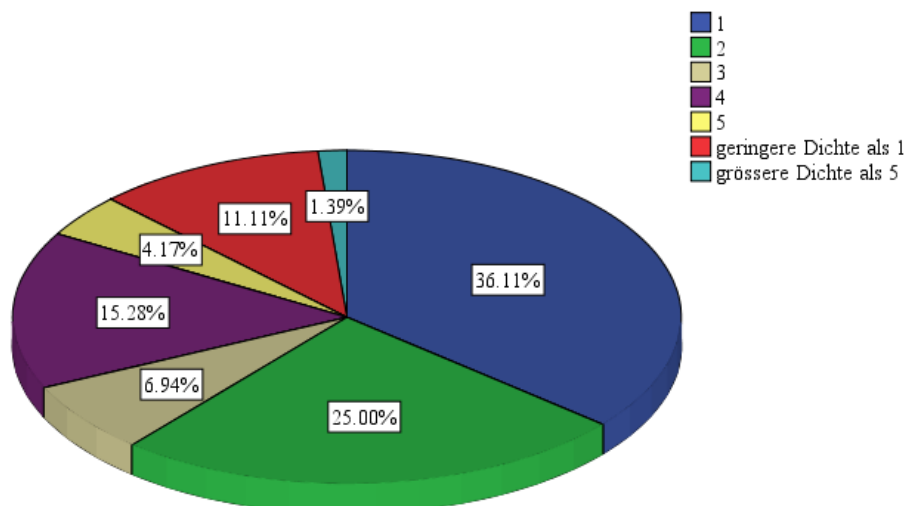
Dichtotyp 4  3

2



Dichtotyp 5  1

geringere Dichte als 1



F8: Stellen Sie sich vor, Sie hätten von Ihrem Wohnort die Aussicht wie auf dem Bild. Angenommen die Wiese sei Bauzone und es würden einige Mehrfamilienhäuser gebaut.

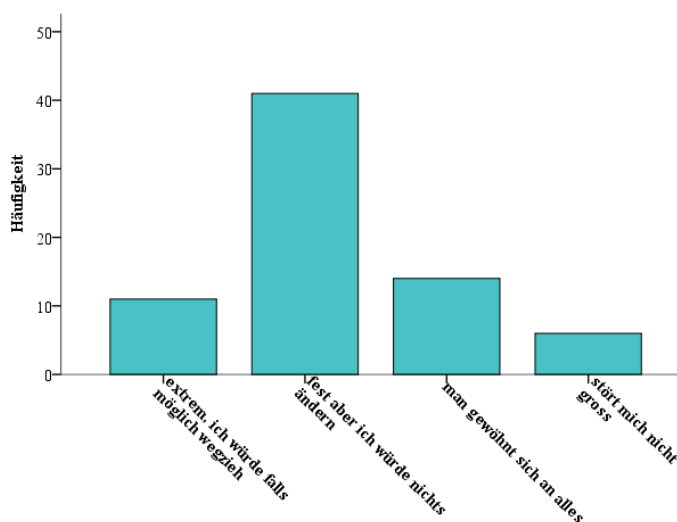
#### Aussicht



([www.land-oberoesterreich.gv.at](http://www.land-oberoesterreich.gv.at) 05.12.16)

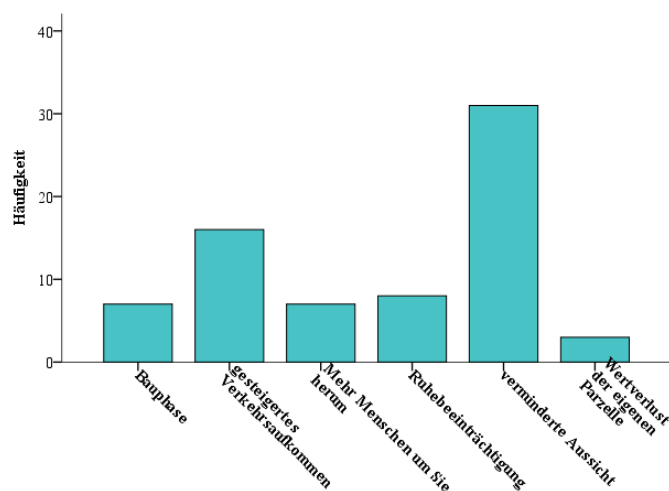
Wie stark würde Sie es stören, wenn auf dieser Wiese 5 Einfamilienhäuser und 3 Mehrfamilienhäuser gebaut werden?

- extrem, ich würde falls möglich wegziehen
- fest aber ich würde nichts ändern
- man gewöhnt sich an alles
- stört mich nicht gross
- stört mich gar nicht



F8.1: Anschlussfrage: Was wäre für Sie im Falle einer neuen Siedlung die einschneidendste Veränderung?

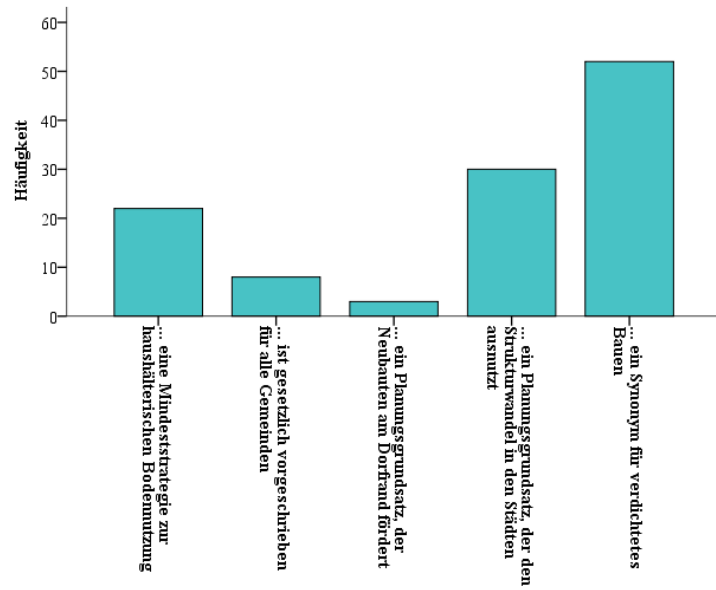
Antwortauswahl aus verminderte Aussicht, Ruhebeeinträchtigung, gesteigertes Verkehrsaufkommen, Bauphase, Wertverlust der eigenen Parzelle, Mehr Menschen im Quartier.



F9: Was verstehen Sie unter dem Begriff "Innenentwicklung" in der Raumplanung?

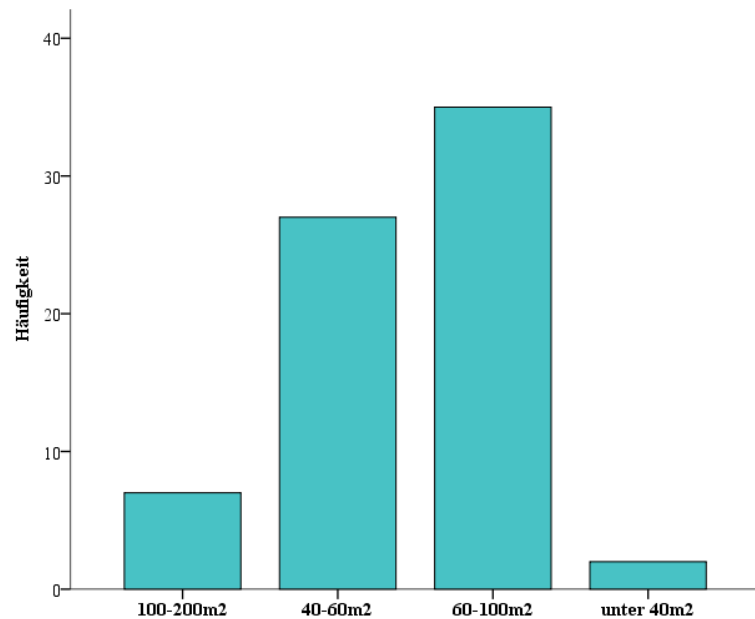
Beantworten Sie die Frage spontan ohne Recherche!  
Innenentwicklung ist...

- ... eine Mindeststrategie zur haushälterischen Bodennutzung
- ... ist gesetzlich vorgeschrieben für alle Gemeinden
- ... ein Planungsgrundsatz, der Neubauten am Dorfrand fördert
- ... ein Planungsgrundsatz der den Strukturwandel in den Städten ausnutzt
- ... ein Synonym für verdichtetes Bauen



F10: Wie hoch schätzen Sie den durchschnittlichen Platzbedarf, einer Person, für das Wohnen in der Schweiz?

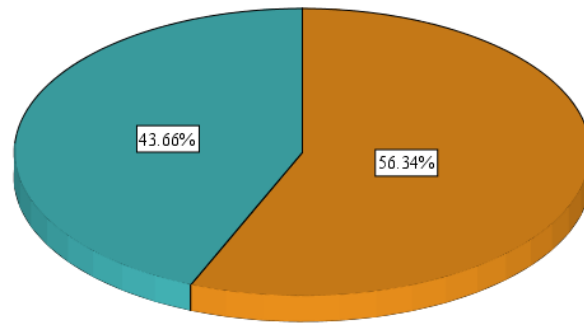
- über 200m<sup>2</sup>
- 100-200m<sup>2</sup>
- 60-100m<sup>2</sup>
- 40-60m<sup>2</sup>
- unter 40m<sup>2</sup>



F11: Aussage: Bis 2050 können wir in der Schweiz den Platzbedarf für Siedlung rein durch verdichtetes Bauen und bessere Ausnutzung von Brachen decken. Was denken Sie persönlich?

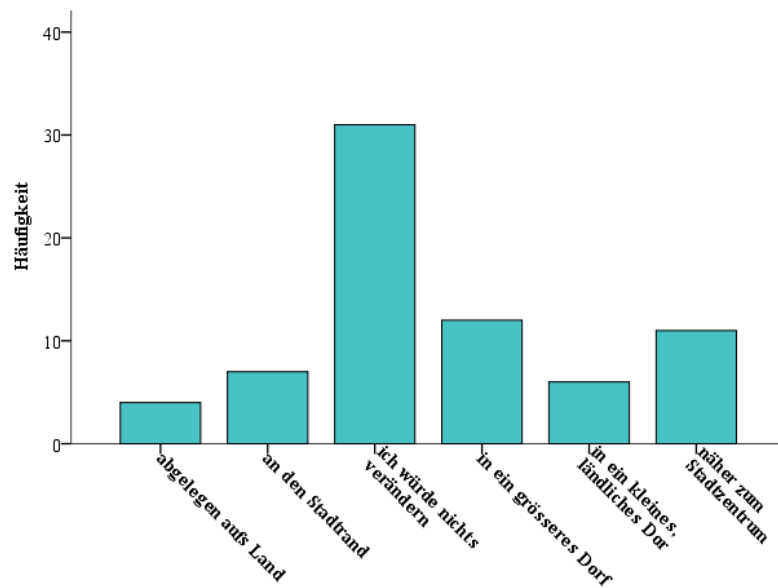
- Ja, stimmt absolut
- mindestens die Hälfte sollte möglich sein
- Nein, überhaupt nicht

- Ja, stimmt absolut
- mindestens die Hälfte sollte möglich sein



F12: Nochmals zu Ihrer eigenen Wohnsituation zurück. Wenn Sie absolut frei wählen könnten, wohin würden Sie ziehen?

- näher zum Stadtzentrum
- an den Stadtrand
- in ein grösseres Dorf
- in ein kleines, ländliches Dorf
- abgelegen aufs Land
- ich würde nichts verändern



F13: Weitere Angaben (freiwillig)

- a) Alter
- b) PLZ des Wohnortes
- c) Beruf
- d) Geschlecht



### 8.3 Zeitplan Experimentablauf

Phase	Inhalt	Zeit [min]
<b>START</b>	Begrüßung Erläuterung Experiment Ablauf Unterschrift Datenverwendung	7
<b>MONT</b>	Montage EMG /EDA	7
<b>BASE</b>	Baseline	2
<b>IRCHEL</b>	SEM_0	1
	Stimuli Irchel	2
<b>S1</b>	Stimuli_1 SEM_1 Fragen Inhalt_1	5
<b>S2</b>	Stimuli_2 SEM_2 Fragen Inhalt_2	5
<b>S3</b>	Stimuli_3 SEM_3 Fragen Inhalt_3	5
<b>SCHLUSS</b>	Abschlussfragen	2
<b>BASE</b>	Baseline_1	2
<b>DEMONT</b>	Verkabelung weg	3
<b>FIN</b>	Kognitives Interview «Gedankengänge während den Visualisierungen» Verabschiedung	10

## 8.4 Experimentablauf Probandenversion und Datenverzichtserklärung



# Emotionale Reaktion auf Landschaftsentwicklungsszenarien in 3D-Darstellungen

Masterarbeitsstudie

### *Allgemeine Information*

Geschätzte Teilnehmerin, geschätzter Teilnehmer

Herzlich willkommen im GEOVIS LAB des Geografischen Institut an der Universität Zürich. Vielen Dank für deine Teilnahme an dieser Studie.

Vorab kann ich aus methodischen Gründen nichts zu Inhalt des bevorstehenden Experiments sagen, da dies deine Reaktion unter Umständen beeinflussen könnte. Es geht aber darum deine bio-physische Reaktion auf Visualisierungen aufzunehmen.

### *Ablauf*

In den nächsten Minuten werden dir zwei Messgeräte angeschlossen. Das Messgerät an der Hand misst über die Hautleitfähigkeit den Grad deines Empfindens (*engl. arousal*). Das Messgerät an der Stirn ermittelt die Muskelaktivität an der Stirn und auf der Backe. Nach einigen Funktionstests gehen wir über zu eigentlichen Experiment. Das Experiment läuft in vier Phasen ab:

1. Zwei Minuten Augen schliessen und tief ein- und ausatmen
2. Erstes Video um sich an die Leinwand zu gewöhnen
3. Experiment
  - a. Erstes Video mit Fragen
  - b. Zweites Video mit Fragen
  - c. Drittes Video mit Fragen
  - d. Abschlussfragen
4. Zwei Minuten Augen schliessen und tief ein- und ausatmen

***Wichtig während der dritten Phase werden wir kein Wort miteinander sprechen.***

### *Dauer*

Der gesamte Ablauf dauert in der Regel nicht länger als 50 Minuten, Phase 3 ca. 8 Minuten.

*Entschädigung*

Für die Studienteilnahme kann ich dich leider nicht entschädigen, eine kleine Überraschung gibt es aber am Schluss dennoch.

*Daten*

Deine Daten fließen anonymisiert in die Studie ein, bei Interesse an den Ergebnissen kreuze bitte unten das entsprechende Feld an. Ich werde dir die Ergebnisse im Frühling 2017 zukommen lassen. Es werden keine personalisierten Daten in irgendeiner Form weitergegeben.

*Einverständniserklärung*

Ihre Entscheidung, an der Studie teilzunehmen oder nicht, wird zukünftige Beziehungen mit der Universität Zürich nicht beeinträchtigen. Entscheiden Sie sich für die Teilnahme, steht es Ihnen jederzeit frei, das Experiment ohne Begründung abubrechen. Sollten Sie Fragen haben, zögern Sie nicht diese zu stellen. Tauchen zu einem späteren Zeitpunkt Fragen auf, wird *Reto Spielhofer* (089 452 93 37, [reto.spielhofer@uzh.ch](mailto:reto.spielhofer@uzh.ch)) oder *Prof. Dr. Sara I. Fabrikant* (044 635 51 50, [sara@geo.uzh.ch](mailto:sara@geo.uzh.ch)) diese gerne beantworten.

Sie erhalten eine Kopie dieses Dokuments.

Mit Ihrer Unterschrift bestätigen Sie, alle obenstehenden Informationen gelesen und verstanden zu haben und willigen ein, unter den dort beschriebenen Bedingungen am Experiment teilzunehmen.

Unterschrift Teilnehmer

Unterschrift Studienleiter

---



---

Vor- Nachname in Blockschrift

Reto Spielhofer

---

Ort / Datum

---

-----bitte leerlassen-----

Widerruf der Einwilligung

Hiermit möchte ich meine Einwilligung, an der beschriebenen Studie teilzunehmen widerrufen und beantrage eine Löschung meiner Daten.

Unterschrift

Vor- Nachname

Ort / Datum

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Mit dem Widerruf der Einwilligung beeinträchtigen Sie in keiner Weise Ihre Beziehungen mit der Universität Zürich. Der Widerruf kann jederzeit und ohne Begründung beantragt werden. Senden Sie dazu das Formular an *Reto Spielhofer, Im Stutz 22, 9630 Wattwil*, oder gescannt an *reto.spielhofer@uzh.ch*.

## **Selbständigkeitserklärung**

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

Reto Spielhofer

Zürich, 21.04.2017