

**Geographisches Institut**

Geographische Informationsvisualisierung & Analyse (GIVA)

Masterarbeit GEO 511

---

# **Welche Wirkung hat Interaktivität auf die Emotion?**

**Eine Analyse mit Visualisierungen von Windenergieanlagen**

---

Verfasst von:

**Corin Meier**

corin.meier@uzh.ch

10-726-727

Betreuung:

**Prof. Dr. Sara I. Fabrikant** (Fakultätsmitglied)

Co-Betreuung:

**Dr. Ulrike Wissen Hayek** (ETH Zürich)

PLUS, Planung von Landschaft und Urbanen Systemen

IRL, HIL H 52.2

Stefano-Francini-Platz 5

CH - 8093 Zürich

wissen@nsl.ethz.ch

Abgabe:

27. Januar 2017



---

## Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht den Zusammenhang zwischen der Interaktivität einer Visualisierung und der Emotion des Betrachters. Um dies zu analysieren, wurde eine Studie durchgeführt. Dafür wurden vier sogenannte „Levels“ mit einem jeweils unterschiedlichen Grad an Interaktivität kreiert. Dazu wurden Visualisierungen einer Landschaft mit Windenergieanlagen verwendet, bei welchen Interaktivitätsmöglichkeiten implementiert wurden wie beispielsweise die Animation oder das Ein- und Ausblenden der Windturbinen. Die Emotion der Testpersonen wurde in der Studie jeweils während der Auseinandersetzung mit den Levels physiologisch anhand der Hautleitfähigkeit und der Gesichtsmuskelaktivität gemessen. Die Emotionsmessungen basieren auf dem zweidimensionalen Emotionsmodell mit den Dimensionen Valenz und Erregung. Direkt nach der Ansicht der Visualisierungen mussten die Testpersonen einen Fragebogen ausfüllen, um beispielsweise ihre momentane Emotion sowie ihre Haltung gegenüber Windenergie anzugeben.

Die Emotion wurde für die vier Levels verglichen und zeigte keine signifikanten Unterschiede, weder physiologisch gemessen, noch via Fragebogen. Der einzige Level ohne Interaktivitätsmöglichkeiten wies jedoch die tiefsten Erregungs- und Valenzwerte auf. Eine Analyse anhand verschiedener Einflüsse auf die Emotion konnte zeigen, dass die Erfahrung mit Videospiele und die Nutzung der Interaktivität einen Einfluss auf die Emotion haben. Versuchspersonen mit wenig Erfahrung mit Videospiele wiesen bei einem höheren Grad an Interaktivität höhere Werte der Erregung auf. Testpersonen mit einer hohen Nutzung der Interaktivität zeigten hingegen höhere Werte der Valenz. Die Resultate der physiologischen Emotionsmessung und jene des Fragebogens korrelieren in der Dimension Erregung, unterscheiden sich jedoch in der Valenz. Bei der Frage nach dem Favorit der Levels wählten über 60% der Testpersonen den Level mit dem höchsten Interaktivitätsgrad. Die Haltung der Testpersonen gegenüber Windenergie hat sich über die Studie hinweg nicht verändert. Windenergieanlagen wurden jedoch nach der Ansicht der Levels als signifikant ästhetischer als noch zuvor wahrgenommen.

### Schlagwörter

Emotion, Interaktivität, Landschaftsvisualisierung, Emotionsmessung, Windenergie, Gesichtsmuskelaktivität, Hautleitfähigkeit, Self-Assessment-Manikin



---

## Danksagung

Zum Gelingen dieser Arbeit haben unterschiedliche Personen beigetragen, denen ich dafür herzlichst danken möchte. Als erstes möchte ich mich bei meiner Hauptbetreuerin Prof. Dr. Sara I. Fabrikant für die Unterstützung und das Vertrauen während der gesamten Zeit sowie die anregenden Diskussionen bedanken. Bei meiner Co-Betreuerin Dr. Ulrike Wissen Hayek möchte ich mich ebenfalls für die Unterstützung sowie das zur Verfügung stellen der Visualisierungen bedanken. Im Zusammenhang mit den Visualisierungen bedanke ich mich auch herzlich bei Madeleine Manyoky und David Waltisberg für ihre Arbeit.

Ich möchte mich bei Sascha Credé für die Unterstützung beim Thema Emotion bedanken, die Tipps beim Umgang mit Emotionsmessungen haben mir sehr geholfen. Auch bei Benjamin Flück möchte ich mich für die Hilfe bei sowohl der Emotionsmessung als auch mit der CryENGINE bedanken. Ich bedanke mich ebenfalls bei Reto Fischer des physiologischen Instituts für die Unterstützung beim Elektroden-Kauf.

Ein riesiges Dankeschön geht an die Probanden und Probandinnen, welche sich die Zeit genommen haben, an meiner Studie teilzunehmen.

Die nächste Danksagung geht an meine Freunde, die mich bei der Arbeit entweder mit Korrekturlesen oder Tipps unterstützt haben. Lieben Dank Ladina Glaus, Tobias Cervenka, Lukas Gmünder und Jessica Püntener. Ein spezielles Dankeschön geht an Fabiola Kälin, ohne die ich an den langen Abenden an der Uni wohl verzweifelt wäre.

Das wohl grösste Dankeschön geht an Lars Mardfeldt, der mich nicht nur mit Korrekturlesen und Tipps unterstützt hat, sondern auch sonst immer für mich da war.

Schliesslich möchte ich mich bei meinen Eltern dafür bedanken, dass sie mir das Studium ermöglicht haben und meiner Familie insgesamt für die Unterstützung über die Jahre hinweg.

---

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen	2
1.3 Struktur der Arbeit	3
<b>2 Grundlagen und Forschungskontext</b>	<b>5</b>
2.1 Emotion	5
2.1.1 Emotionskonzepte	6
2.2 Emotionsmessung	7
2.2.1 Physiologische Emotionsmessung	8
2.2.2 Emotionsmessung mittels Fragebogen	12
2.3 Interaktive Visualisierungen	13
2.3.1 Landschaftsvisualisierungen	13
2.3.2 Interaktivität	14
2.4 Eingliederung dieser Arbeit	17
<b>3 Methodik</b>	<b>19</b>
3.1 Hypothesen	19
3.2 Studiendesign	20
3.2.1 Testpersonen	22
3.2.2 Ablauf	23
3.3 Visualisierungen	24
3.3.1 Konzeptualisierung der Interaktivitätslevels	25
3.3.2 Umsetzung in der CryENGINE	26
3.4 Physiologische Emotionsmessung	36
3.4.1 Messung der Gesichtsmuskelaktivität	38
3.4.2 Messung der Hautleitfähigkeit	40
3.5 Fragebogen	42
3.5.1 Vergleich der Methoden der Emotionsmessung	44
<b>4 Resultate</b>	<b>47</b>
4.1 Fragebogen	47
4.1.1 Persönliche Fragen	48
4.1.2 Fragen zur Emotion	50
4.1.3 Fragen zu Visualisierung und Interaktivität	55
4.2 Physiologische Emotionsmessung	60

---

---

4.2.1 Valenz (Gesichtsmuskelaktivität)	60
4.2.2 Erregung (Hautleitfähigkeit)	63
4.3 Interaktivitätsnutzung	66
4.3.1 Vergleich der Methoden der Emotionsmessung	68
<b>5 Diskussion</b>	<b>71</b>
5.1 Einfluss der Interaktivität auf die Emotion	71
5.1.1 Vergleich der Methoden der Emotionsmessung	75
5.2 Haltung gegenüber Windenergie	77
5.3 Kritische Betrachtung der Studie	78
<b>6 Schlussfolgerungen</b>	<b>81</b>
6.1 Ausblick	82
<b>7 Literatur</b>	<b>85</b>
<b>Anhang</b>	<b>93</b>
<b>Eigenständigkeitserklärung</b>	<b>105</b>

---



---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Circumplex Model of Affect (Posner, Russell und Peterson 2005).....	6
Abbildung 2: Entwicklung des Aktionspotenzials (Silbernagel 2012).....	9
Abbildung 3: Position des Zygomaticus major (links),.....	9
Abbildung 4: Die drei Dimensionen des Self-Assessment-Manikin (Bradley und Lang 1994).....	12
Abbildung 5: Projektion der Visualisierung im CAVE.....	21
Abbildung 6: Xbox 360 Wireless Controller .....	26
Abbildung 7: Ausschnitt der Visualisierung ( links Karte, rechts Satellitenbild) .....	27
Abbildung 8: Positionierung der Windturbinen in der Visualisierung (Vogelperspektive mit Blick nach Norden) .....	28
Abbildung 9: Standpunkt 1 im Windpark.....	29
Abbildung 10: Standpunkt 2 im Windpark.....	29
Abbildung 11: Standpunkt 3 im Windpark.....	29
Abbildung 12: Windräder ein- und ausblenden.....	30
Abbildung 13: Rotoren beschleunigen und verlangsamen im Flowgraph der CryENGINE.....	31
Abbildung 14: Starten des Kamerapfades im Flowgraph der CryENGINE .....	33
Abbildung 15: XML-Dokument öffnen und speichern im Flowgraph der CryENGINE.....	34
Abbildung 16: Zeitspeicherung eines Tastenanschlages in ein XML-Dokument via Flowgraph der CryENGINE.....	34
Abbildung 17: BIOPAC Systeme MP150, EMG2-R und PPGED-R (v.l.n.r.) (Quelle: www.biopac.com) .....	36
Abbildung 18: Hydrogel-Elektrode.....	38
Abbildung 19: EMG-Messung an Versuchsperson, eigenes Foto.....	38
Abbildung 20: EMG-Signal des Corrugators (oben) und des Zygomaticus (unten) in AcqKnowledge 4.4 .....	39
Abbildung 21: EDA-Messung an Versuchsperson, Foto T. Ingold .....	40
Abbildung 22: EDA-Rohsignal (Dauer: acht Sekunden) in AcqKnowledge 4.4.....	40
Abbildung 23: Darstellung des semantischen Differentials im Fragebogen.....	43
Abbildung 24: Zusammenhang der Valenz-Messungen von Fragebogen und physiologischer Messung .....	45
Abbildung 25: Antworthäufigkeiten der Frage nach Erfahrung mit Videospiele (unterteilt nach Geschlecht).....	48
Abbildung 26: Entwicklung der SAM-Valenz, gesamthaft und unterteilt nach Geschlecht (Mittelwerte $\pm 2$ Standardfehler).....	50
Abbildung 27: Entwicklung der SAM-Erregung, gesamthaft und aufgeteilt nach Geschlecht (Mittelwerte $\pm 2$ Standardfehler).....	51
Abbildung 28: Vergleich der mit SAM gemessenen Emotion im zweidimensionalen Modell .....	52
Abbildung 29: Mittelwerte der Antworten zu den Emotions-Gegensatzpaaren .....	53
Abbildung 30: Circumplex Model of Affect, Vergleich der Mittelwerte der Levels.....	55
Abbildung 31: Antworthäufigkeiten zur Frage nach der Immersion für alle vier Levels .....	56
Abbildung 32: Antworthäufigkeiten zur Frage nach dem Realitätsgrad für alle vier Levels .....	57

---

Abbildung 33: Bewertung der Landschaft mit und ohne Windturbinen (Mittelwerte $\pm 2$ Standardfehler)	58
Abbildung 34: Anwohnhäufigkeiten zum Thema Navigation, unterteilt nach Geschlecht	59
Abbildung 35: Aufteilung aller Antworten in Häufigkeiten der Antwortmöglichkeiten	59
Abbildung 36: Prozentuale Muskelaktivität des Corrugators (Mittelwerte $\pm 2$ Standardfehler)	61
Abbildung 37: Mittelwerte der prozentualen Muskelaktivität des Zygomaticus (Mittelwerte $\pm 2$ Standardfehler)	62
Abbildung 38: Valenz berechnet durch EMG-Werte (Zygomaticus minus Corrugator) für alle Levels (Mittelwerte $\pm 2$ Standardfehler)	63
Abbildung 39: Baseline-normalisierte AUC Werte aller Levels total und aufgeteilt nach Geschlecht (Mittelwerte $\pm 2$ Standardfehler)	64
Abbildung 40: Vergleich der physiologisch gemessenen Emotion im zweidimensionalen Modell für alle Levels	65
Abbildung 41: EDA-Werte der Interaktivitätsgruppen im Vergleich (Mittelwerte $\pm 2$ Standardfehler)	67
Abbildung 42: EMG-Werte der Interaktivitätsgruppen im Vergleich (Mittelwerte $\pm 2$ Standardfehler)	68
Abbildung 43: Vergleich der physiologischen und psychometrischen Emotionsmessung	70
Abbildung 44: Semantisches Differential weiblicher Testpersonen basierend auf dem Circumplex Model of Affect	103
Abbildung 45: : Semantisches Differential männlicher Testpersonen basierend auf Circumplex Model of Affect	103
Abbildung 46: Vergleich der Hautleitfähigkeit anhand der Wertebereich-normalisierten AUC-Werte (Mittelwerte $\pm 2$ Standardfehler)	104

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der psychophysiologischen Variablen in der Emotionsforschung (Brandstätter und Otto 2009) .....	8
Tabelle 2: Übersicht der unabhängigen und abhängigen Variablen.....	21
Tabelle 3: Rotation der Levels nach Latin Square.....	22
Tabelle 4: Übersicht der Interaktivitätslevels und deren Eigenschaften .....	25
Tabelle 5: Ansichten des Kamerapfades von Level 3 (Start oben links, Ende unten rechts) .....	30
Tabelle 6: Tastenfunktionen des Xbox-Controllers und der Tastatur.....	35
Tabelle 7: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) zur Frage nach dem Fördern von Energieformen, 1 = prioritär, 5 = gar nicht.....	49
Tabelle 8: Häufigkeiten gedrückter Tasten für alle Levels mit Interaktivitätsmöglichkeit.....	66
Tabelle 9: Detaillierter Ablauf der Studie mit Zeitangaben.....	102



# 1 Einleitung

In diesem Kapitel wird zunächst die Motivation dieser Arbeit sowie die zugrunde liegende Problemstellung erläutert. Anschliessend wird das Ziel der Arbeit erklärt sowie die Forschungsfragen präsentiert. Schliesslich wird die Struktur der Arbeit aufgezeigt.

## 1.1 Motivation und Problemstellung

Bereits im Jahr 2001 erklärten Slocum et al., sowie MacEachren und Kraak, dass Kognition im Bereich der Geovisualisierung immer wichtiger wird. Man möchte verstehen, wie verschiedene Darstellungen auf Individuen wirken und sie darauf anpassen (Dransch 2007). Eine Analyse der kognitiven Prozesse kann beispielsweise helfen, um zu verstehen, wie die Wahrnehmung von interaktiven Darstellungen in einen Entscheidungsprozess einfließt (Harrower und Fabrikant 2008). Um eine solche Analyse durchzuführen, sind interdisziplinäre Ansätze gefragt.

Über die Nutzung und Wahrnehmung von Interaktivität ist noch wenig bekannt (Ebinger und Skupin 2007). Bei virtuellen Realitäten hat die Interaktivität einen Einfluss auf die Immersion (Danahy 2001) und auf die Emotion des Betrachters (IJsselsteijn 2002). Die bisherigen Erkenntnisse der Auswirkungen von Interaktivität auf die Emotion bringen jedoch noch viele Unsicherheiten mit sich. Die Resultate sind von der Art der Interaktivität sowie der Methode zur Messung der Emotion abhängig. Im Bereich der Landschaftsvisualisierung hat Schroth (2007) aufgezeigt, dass beispielsweise der Realitätsgrad einer Visualisierung einen Einfluss auf die Emotion haben kann.

Erneuerbare Energien werden aufgrund des ansteigenden Energiebedarfes immer wichtiger, da andere Energiequellen erschöpfbar sind (IPCC 2011). Gemäss der Energiestrategie 2050 des Bundes sollen alle erneuerbaren Energien gefördert werden, die Ausbaupotenziale sind jedoch unterschiedlich. So werden diese beispielsweise bei der Windenergie durch zu lösende Bewilligungsverfahren teilweise eingeschränkt (BFE 2013). Im Projekt VisAsim der ETH Zürich wurde eine visuell-akustische Landschaft zur Bewertung der Landschaftsveränderung durch Windenergieanlagen entwickelt (VisAsim 2016). Die Visualisierungen können im partizipativen Planungsprozess eingesetzt werden, um den Interessenträgern die geplante Landschaftsveränderung möglichst realitätsnah aufzuzeigen. Die Wirkung der visuell-akustischen Visualisierung auf die Betrachter wurde von Manyoky (2011) evaluiert, wobei der Einfluss der Geräusche im Fokus stand. Das Landschaftsbild wurde generell als sehr wichtig empfunden und gefiel den Testpersonen gut.

Die Geräusche der Windturbinen hatten einen negativen Einfluss auf die wahrgenommene Qualität der Naherholung, ansonsten unterschieden sich die Antworten wenig. Animationen der Windturbinen wurden von beinahe allen Testpersonen wahrgenommen und es erachteten 90% der Betrachter das freie bewegen in der Landschaft als sinnvoll.

Auf der Basis dieser Erkenntnisse sollte der Einfluss der Interaktivität auf die Wahrnehmung genauer geprüft werden. Methoden und Erkenntnisse der Emotionsmessung könnten bei der Analyse der Wahrnehmung von geographischen Visualisierungen helfen. Die Auswirkungen von Interaktivität auf die Emotion wurden in der Geovisualisierung bisher noch nicht untersucht. Deshalb wäre eine Analyse des Zusammenhanges von Interaktivität räumlicher Visualisierungen und der Emotion des Betrachters sinnvoll. Es würde einen nächsten Schritt in der Einbindung der Kognition in die Geovisualisierung darstellen.

## **1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen**

Um den Einfluss der Interaktivität auf die Wahrnehmung zu untersuchen, werden Emotionsmessungen durchgeführt. Es soll analysiert werden, welche Auswirkung der Grad an Interaktivität auf die Emotion der Testpersonen hat. Das Ziel dieser Arbeit ist es, Erkenntnisse über den Einfluss des Grades an Interaktivität auf die Emotion zu generieren. Zudem soll der Einfluss auf die Einstellung des Betrachters gegenüber der Thematik der Visualisierung untersucht werden. Die Erkenntnisse können in den Bereich der Geovisualisierung sowie der Landschaftsplanung einfließen.

Um dieses Ziel zu erreichen, wird eine Studie durchgeführt, bei welcher eine Visualisierung eines Windparks gezeigt wird. Die Emotion der Versuchspersonen wird während der Betrachtung der Visualisierungen physiologisch gemessen sowie mit einem Selbsteinschätzungs-Fragebogen erhoben. Es bestehen vier Stufen an Interaktivität, deren Einfluss auf die Emotion untersucht wird. Im Fragebogen wird zusätzlich die Haltung der Teilnehmenden gegenüber Windenergie abgefragt, um deren Zusammenhang mit der Emotion untersuchen zu können. Dazu wurden die drei folgenden Forschungsfragen aufgestellt.

**Forschungsfrage 1:** Hat der Grad an Interaktivität in räumlichen Visualisierungen einen Einfluss auf die Emotion?

**Forschungsfrage 2:** Korrelieren Emotionsmessungen anhand von Fragebögen mit physiologischen Messungen?

**Forschungsfrage 3:** Hat die Interaktivität einen Einfluss auf die Haltung gegenüber der in den Visualisierungen dargestellten Thematik?

Die Forschungsfragen decken somit nicht nur den Zusammenhang von Interaktivität und Emotion ab, sondern vergleichen auch die Methoden der Emotionsmessung und behandeln die unterschiedlichen Einflüsse auf die Emotion. Die dazugehörigen Hypothesen werden in Kapitel 3.1 vorgestellt und erläutert.

### **1.3 Struktur der Arbeit**

Nach der Motivation und Zielsetzung in diesem Kapitel, werden in Kapitel 2 die Grundlagen und der Forschungskontext zu den relevanten Themen präsentiert. Es werden Emotionskonzepte erläutert, Arten der Emotionsmessung aufgezeigt sowie Interaktivität von Visualisierungen besprochen. In Kapitel 3 wird die Methodik vorgestellt, vom Aufbau der Studie über die Konzeption der Interaktivitätsgrade bis hin zur Emotionsmessung. Anschliessend werden die Resultate der Studie in Kapitel 4 präsentiert. Diese werden in Kapitel 5 anhand der Forschungsfragen diskutiert sowie die dazugehörigen Hypothesen bewertet. In Kapitel 6 folgen eine Zusammenfassung der Erkenntnisse sowie ein Ausblick für zukünftige Forschung.





## 2 Grundlagen und Forschungskontext

In diesem Kapitel werden die für diese Arbeit relevanten Erkenntnisse aus der Forschung präsentiert. Als erstes wird das Thema Emotion aufgegriffen, wobei verschiedene Emotionskonzepte vorgestellt und die Messung von Emotion und Resultate von entsprechenden Studien präsentiert werden. Danach werden Landschaftsvisualisierungen in der Planung erläutert und Visualisierungen von Windparks im Speziellen thematisiert. Als nächstes wird die Thematik der Interaktivität von Visualisierungen besprochen und deren Auswirkungen auf den Betrachter beschrieben. Abschliessend erfolgt eine Eingliederung dieser Arbeit in den Forschungskontext.

### 2.1 Emotion

Es gibt weder eine klare Definition von Emotion, noch ein von allen Forschungsgebieten anerkanntes Konzept dazu, wie man Emotion einteilen kann. Eine sehr generelle Definition stammt von Ortony et al. (1987), welcher Emotion als internen, mentalen Zustand beschreibt, dessen Fokus vor allem affektiv ist. Nach Carlson und Hatfield (1992) sind Gefühle, physiologische Veränderungen und Verhaltenstendenzen die drei Komponenten, welche Emotion auszeichnen. Jedoch ist auch diese Einteilung nicht absolut, denn Kritiker wie Prinz (2004) argumentieren, man wisse nicht, wie die verschiedenen Komponenten zusammenhängen und welche davon für bestimmte Emotionen essentiell sind. Eine weitere Schwierigkeit ist die Verwechslung von Emotionen und Gefühlen. Nach Ortony, Clore und Collins (1990) verhält sich das Gefühl zur Emotion wie ein Symptom zur Krankheit. Das bedeutet, dass ein Gefühl zu den Voraussetzungen einer Emotion gehört, jedoch alleine nicht hinreichend dafür ist, dass Emotion entsteht. Des Weiteren ist die Analyse von Emotion auch immer stark vom Individuum abhängig, da unterschiedliche Kulturen beispielsweise Emotion unterschiedlich ausdrücken (Ekman, Sorenson und Friesen 1969) und Frauen Emotionen stärker äussern als Männer. Gewisse Forscher erklären Unterschiede der Emotion zwischen Männern und Frauen anhand deren sozialen Rollenverteilung (Grossman und Wood 1993). Andere relativieren diesen Unterschied und zeigen, dass er sich oft nur auf die expressive Emotion bezieht, Selbsteinschätzungs-Fragebögen hingegen keine klaren Unterschiede vorweisen (Greenwald, Cook und Lang 1989; Kring und Gordon 1998; Dimberg und Lundquist 1990; Lang et al. 1993).

### 2.1.1 Emotionskonzepte

Wie bereits im vorherigen Abschnitt erwähnt wurde, bestehen verschiedene Konzepte die versuchen, Emotionen einzuteilen. Dabei gibt es Einteilungen nach Lust und Unlust (Valenz), nach Dimensionen, nach Kategorien und nach sogenannten Basisemotionen oder Basiskomponenten. In diesem Kapitel werden die Wichtigsten Emotionskonzepte näher erläutert.

#### *Valenz und Erregung*

Um die Emotion in Dimensionen einteilen zu können, wurden in der Psychologie viele Versuche durchgeführt. Ein bewährtes Konzept stammt von Wundt (1896), welches die Emotion durch die Dimensionen Valenz (Lust vs. Unlust) sowie Erregung (Spannung vs. Beruhigung) definiert. Das Konzept hat sich über die Jahre hinweg bewährt (Traxel und Heide 1961; Ertel 1965). Ebenfalls von diesen zwei Dimensionen ausgehend, hat auch Russell (1980) ein Modell entwickelt. Das sogenannte *Circumplex Model of Affect* besagt, dass verschiedene Emotionen so zusammenhängen, dass eine kreisförmige Anordnung im besagten zweidimensionalen System besteht. Es gibt viele verschiedene Darstellungen des *Circumplex*, wobei verschiedene Adjektive benutzt werden, um die Emotionen zu beschreiben. Die folgende Abbildung zeigt eine mögliche Anordnung. Auf der X-Achse ist die Valenz von *unpleasant* bis *pleasant* angegeben und auf der Y-Achse die Erregung von *deactivation* bis *activation*.

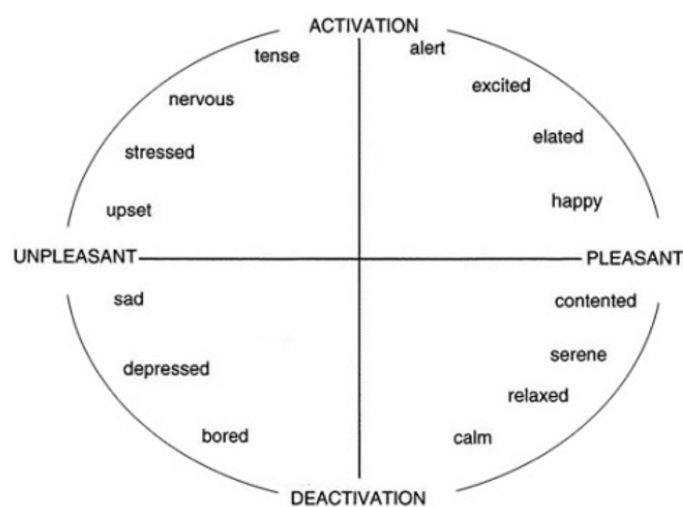


Abbildung 1: Circumplex Model of Affect (Posner, Russell und Peterson 2005)

Basierend auf diesen zwei Dimensionen kann die Emotion einer Person eingegliedert werden. Messungen der beiden Dimensionen können beispielsweise anhand eines

Selbsteinschätzungs-Fragebogens gemacht werden, bei welchem die Testperson angibt, welche Adjektive beispielsweise zu ihrem momentanen Befinden passen. Eine weitere Art der Emotionsmessung bietet die Physiologie. Anhand von bestimmten Vorgängen im Körper können ebenfalls Emotionen abgeleitet werden (siehe Kapitel 2.2.1).

### ***Basisemotionen***

Es bestehen zahlreiche Theorien, die von Basisemotionen ausgehen. Kennzeichnend für eine Basisemotion ist, dass ein spezifisches physiologisches Grundmuster besteht, sie in allen Kulturen vorkommt und einen höheren evolutionären Anpassungswert besitzt als andere Emotionen (Ortony und Turner 1990). Plutchik (1980) definiert Freude, Erwartung, Ärger, Angst, Überraschung, Trauer, Ekel und Akzeptanz als Basisemotionen. Er vergleicht diese acht Emotionen mit einer Farbpalette, wobei die übrigen Emotionen als Mischfarben auftreten. Ekman (1992) definiert nur sechs Basisemotionen, nämlich Freude, Ekel, Überraschung, Trauer, Angst und Ärger. Dabei gehören zu jeder dieser Basisemotionen weitere Emotionen, welche er zusammen Emotionsfamilien nennt (Ekman und Friesen 1975).

Es besteht einige Kritik an den soeben beschriebenen Konzepten. So beispielsweise von Ortony und Turner (1990), welche die Uneinigkeit über die Anzahl der Basisemotionen und die dazugehörigen physiologischen Grundmuster kritisieren.

## **2.2 Emotionsmessung**

Emotionen können auf verschiedene Arten gemessen oder analysiert werden. Man unterscheidet zwischen vier Arten von Emotionen. Erstens, die psychometrischen Emotionen, welche die eigene Wahrnehmung widerspiegeln und beispielsweise mit Fragebögen oder Interviews erhoben werden können. Zweitens bestehen physiologische Emotionen, die anhand physiologischer Merkmale wie der Herzfrequenz oder der Hautleitfähigkeit bestimmt werden können. Die dritte Art stellen expressive Emotionen dar, wie beispielsweise der Gesichtsausdruck, der mittels Facial Action Coding System von Ekman und Friesen (1977) eingeordnet werden kann. Die vierte und letzte Emotionsart ist kognitiv. Dabei wird die Emotion anhand des Verhaltens in einer bestimmten Situation bestimmt (Rothermund, Eder und Eder 2011).

Da Verhaltensanalysen und die Auswertung von Gesichtsausdrücken viel Erfahrung bedingen, behandelt diese Arbeit psychometrische und physiologische Emotionsmessungen. Im nächsten Kapitel werden Erkenntnisse zu den physiologischen Messungen präsentiert und in Kapitel 2.2.2 jene der psychometrischen Ansätze.

## 2.2.1 Physiologische Emotionsmessung

Die Psychophysiologie befasst sich mit den Zusammenhängen zwischen körperlichen Funktionen und psychischen Vorgängen. Seit der Theorie von James (1884) spielt die Physiologie eine zentrale Rolle in der Emotionsforschung. Er wagte einen Perspektivenwechsel und erklärte, körperliche Reaktionen seien keine Folge der Emotion, sondern deren Voraussetzung. Die verschiedenen somatischen Grundlagen für die Emotionsmessung sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Übersicht der psychophysiologischen Variablen in der Emotionsforschung (Brandstätter und Otto 2009)

Bezeichnung	Somatische Grundlage	Variablen
Kardiovaskuläre Aktivität	Herz, Kreislauf	- Herzschlagfrequenz - Blutdruck - Periphere Durchblutung - Temperatur
Elektrodermale Aktivität	Schweissdrüsen (Haut)	- Hautleitfähigkeit - Hautfeuchte
Elektrische Muskelaktivität	Quergestreifte Muskulatur	- Muskelspannung
Elektrische Gehirnaktivität	Gehirn	- Spontane Aktivität (Frequenz-EEG) - Ereignisbezogene Potenziale

Die somatischen Grundlagen bieten unterschiedliche Variablen, welche auf verschiedene Arten analysiert werden können, um Aussagen über die Emotion der Versuchsperson machen zu können. Die kardiovaskuläre Aktivität weist beispielsweise mit der Variabilität der Herzschlagfrequenz einen Indikator für Stress oder Entspannung vor. Die elektrische Gehirnaktivität kann mit einem Elektroenzephalogramm (EEG) aufgezeichnet werden, womit Analysen der spontanen hirnelektrischen Aktivität vorgenommen werden (Brandstätter und Otto 2009). In dieser Arbeit wird jedoch hauptsächlich auf die elektrische Muskelaktivität und die elektrodermale Aktivität eingegangen. Beide Bereiche werden in den folgenden beiden Kapiteln erläutert und relevante Erkenntnisse aus der Literatur präsentiert.

### Elektrische Muskelaktivität

Die elektrische Aktivität der Skelettmuskulatur wird durch die Elektromyographie gemessen, wobei die Aufzeichnung Elektromyogramm (EMG) genannt wird (Brandstätter und Otto 2009). Gemessen wird dabei das Aktionspotential, welches eine Muskelkontraktion auslöst. Erregt wird das Aktionspotential durch Neurotransmitter oder durch eine aus der Umgebung weitergeleitete Erregung (Silbernagel 2012). Die Entwicklung des Potentials ist in Abbildung 2 ersichtlich. Das EMG misst jedoch nicht einzelne solcher Aktionspotenziale, sondern jeweils räumlich und zeitlich aggregierte Potenziale (Brandstätter und Otto 2009).

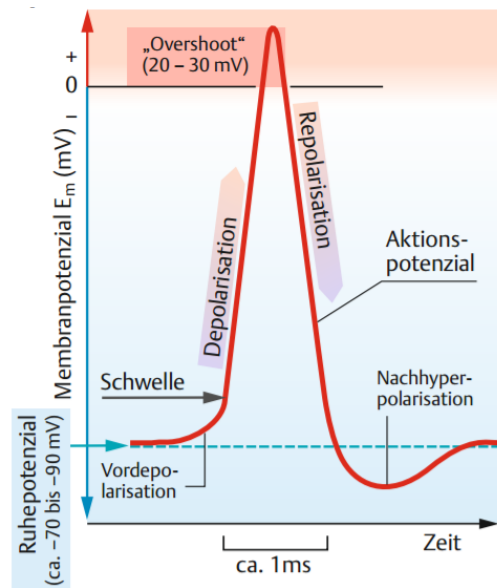


Abbildung 2: Entwicklung des Aktionspotenzials (Silbernagel 2012)

Schwartz und seine Kollegen (Schwartz 1975; Schwartz, Brown und Ahern 1980) konnten beweisen, dass gewisse Gesichtsausdrücke mit verschiedenen Emotionen zusammenhängen und diese mit einem EMG aufgezeichnet werden können. Dabei haben sich vor allem zwei Gesichtsmuskeln herauskristallisiert, die der Messung von Emotion dienen. Dies sind einerseits der Zygomaticus major (Lachmuskel), der für positive Affekte steht und andererseits der Corrugator supercilii (Stirnrunzler), der hauptsächlich negative Affekte anzeigt (Larsen, Norris und Cacioppo 2003; Hazlett und Hazlett 1999; Bradley und Lang 2000). Die Position der beiden Muskeln kann Abbildung 3 entnommen werden.

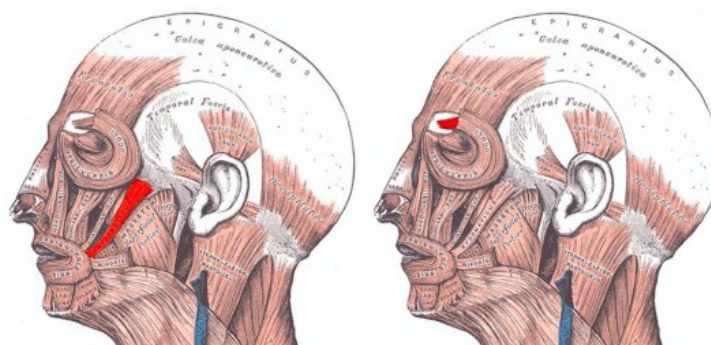


Abbildung 3: Position des Zygomaticus major (links), Corrugator supercilii (rechts) jeweils in rot markiert<sup>1</sup>

<sup>1</sup> <http://electronicbrains.blogspot.ch/2013/02/new-tests-developed-for-addictive.html> (letzeter Zugriff: 04.01.2017)

Ein grosser Vorteil der Gesichtsmuskelaktivität liegt darin, dass Bewegungen gemessen werden können, die äusserlich kaum sichtbar sind (Cacioppo et al. 1986). Es bestehen jedoch auch verwirrende Faktoren wie beispielsweise die Einbindung in eine Aufgabe, das Erwarten von weiteren Anweisungen oder die Vorbereitung auf motorische Reaktionen, welche alle auch ein Muskelaktionspotenzial hervorrufen können und somit die gemessene Emotion verändern (Van Boxtel 2010). Hazlett und Hazlett (1999) haben in ihrer Studie EMG-Messungen mit Selbsteinschätzungs-Fragebögen verglichen, wobei sie den qualitativen Reichtum von EMG-Messungen loben, welchen die Fragebogen-Resultate nicht vorweisen. Eine neuere Studie von Tan et al. (2016) benutzt EMG-Messungen zur Untersuchung von *human computer interaction* (HCI) und empfiehlt die Messung vom Corrugator supercilii und dem Zygomaticus major ebenfalls für zukünftige Studien.

EMG-Messungen können entweder mit Nadel- oder Oberflächenelektroden vorgenommen werden, wobei für Messungen im Gesicht die Oberflächenelektroden verwendet werden. Die Qualität der Messung hängt dabei von der Abtastfrequenz und der Menge an Artefakten ab, welche das Signal stören (Motion Lab Systems 2009). Solche Artefakte können beispielsweise von naheliegenden Computern, Lichtressourcen oder analog-digital Umsetzern stammen (Fridlund und Cacioppo 1986). Ebenfalls massgebend für die Qualität der Messung sind die Platzierung der Elektroden und die Vorbereitung der Haut. Da auf der Haut meist Schuppen und Öl vorhanden sind, sollten diese zum Beispiel mit einem Alkoholtupfer entfernt werden und die Haut mit einer Lotion befeuchtet werden. Über die beste Vorgehensweise zur Hautvorbereitung sind sich die Forscher jedoch nicht einig (Motion Lab Systems 2009). Bei der Platzierung am Zygomaticus major soll die erste Elektrode zwischen dem Mundwinkel und dem Ende des Lachmuskels angebracht werden und die zweite ca. einen Zentimeter weiter dem Muskel entlang. Beim Corrugator supercilii wird die erste Elektrode oberhalb der Augenbraue auf der Höhe der Innenseite der Augenhöhle platziert und die zweite ca. einen Zentimeter weiter entlang des Muskels. Zudem soll eine weitere Elektrode als Erde mittig auf der Stirn angebracht werden (Fridlund und Cacioppo 1986). Empfohlen wird eine Messung auf der linken Gesichtshälfte, da die Reaktionen etwas deutlicher ausgeprägt sind (Dimberg und Petterson 2000).

### ***Elektrodermale Aktivität***

Elektrodermale Aktivität (EDA) ist der Überbegriff für alle Veränderungen der elektrischen Hauteigenschaften. Wie bereits erwähnt wurde, können dadurch ebenfalls Aussagen über die Emotion der Versuchsperson getätigt werden. Am häufigsten wird dazu die Hautleitfähigkeit untersucht, indem zwischen zwei Punkten auf der Haut eine minimale

---

Spannung angelegt und der Fluss gemessen wird. Dieser externe Strom stösst auf Widerstand, welcher von der Schweissabsonderung beeinflusst wird. Beim Schwitzen durch Bewegung, Stress oder eine emotionale Reaktion hat die Haut einen geringeren Widerstand, sprich die Hautleitfähigkeit ist erhöht (Boucsein 2012). Die elektrodermale Aktivität hat zwei Komponenten, die tonische und die phasische. Die tonische Komponente (*skin conductance level* = SCL) beinhaltet langsame Veränderungen und Hintergrundcharakteristiken des Signals, wobei die phasische Komponente (*skin conductance response* = SCR) die schnelleren Veränderungen repräsentiert (Dawson, Schell und Filion 2007).

Wichtig für die Messung ist die Platzierung der Elektroden, da beide Elektroden an aktiven Stellen angebracht werden sollten, was einer bipolaren Platzierung entspricht (Fowles et al. 1981). Dafür geeignet ist die Handinnenseite oder die Fusssohle, wobei meist die Hand gewählt wird. Dort eignen sich die medialen oder distalen Fingerglieder oder der Daumen- und Kleinfingerballen (Dawson, Schell und Filion 2007). Entscheidend bei Aussagen über Emotion mittels elektrodermaler Aktivität ist die Wahl der Analyseschritte. Es kann entweder die tonische Komponente, die phasische oder beide analysiert werden. Mit beiden Komponenten können Aussagen über die Erregung der Versuchsperson gemacht werden (Braithwaite et al. 2013). Problematisch ist es oft eine Kondition zu finden, gegen welche die Messungen verglichen werden können. Nakasone, Prendinger und Ishizuka (2005) empfehlen, eine Baseline-Messung von ca. drei Minuten vorzunehmen, in welcher die Testperson nicht vollkommen ruhig sitzt, sondern beispielsweise Musik hört. Braithwaite et al. (2013) meint hingegen, die Versuchsperson solle nichts tun und empfiehlt eine zwei bis vier minütige Baseline-Periode. Da es Menschen gibt, die über- oder unterreagieren, muss dies ebenfalls in die Analyse respektive die Interpretation mit einfließen.

### ***Verbindung mit Emotionskonzepten***

Die in Kapitel 2.1.1 erläuterten Emotionskonzepte die von den zwei Dimensionen Valenz und Erregung ausgehen, können wie bereits erwähnt wurde auf physiologische Messungen angewendet werden. Dabei kann mit EMG-Messungen die Dimension Valenz und mit EDA-Messungen die Erregung erklärt werden (Lang et al. 1993). Dieses Konzept hat sich bereits in mehreren Studien bewährt (Nakasone, Prendinger und Ishizuka 2005; Bradley und Lang 2000). Die genaue Vorgehensweise wird in Kapitel 3.4 erklärt.

## 2.2.2 Emotionsmessung mittels Fragebogen

Ein Gefühl ist eine nur dem Fühlenden direkt zugängliche Erfahrung, welche man entsprechend beschreiben kann. Es existieren dazu mehrere Arten von Selbstbericht-Fragebögen oder Adjektiv-Checklisten. Ein Beispiel ist das semantische Differential von Ertel (1965), bei dem die Stimmung in Gegensatzpaaren anzugeben ist und hinsichtlich Valenz, Potenz und Erregung dargestellt werden kann. Das sogenannte *affect grid* von Russel, Weiss und Mendelsohn (1989) erfasst Valenz und Erregung mittels einer 9x9 Matrix, ähnlich wie das Self-Assessment Manikin (SAM) von Lang (1980). Beim SAM werden der Versuchsperson Figuren gezeigt, welche verschiedene Stimmungen repräsentiert, wobei auf einer 9-Punkte Skala angekreuzt werden kann, welche dieser Figuren am besten zur momentanen Emotion passt. Es gibt jeweils eine Bilderfolge für die Dimensionen Valenz, Erregung und Dominanz, welche in der folgenden Abbildung dargestellt sind.

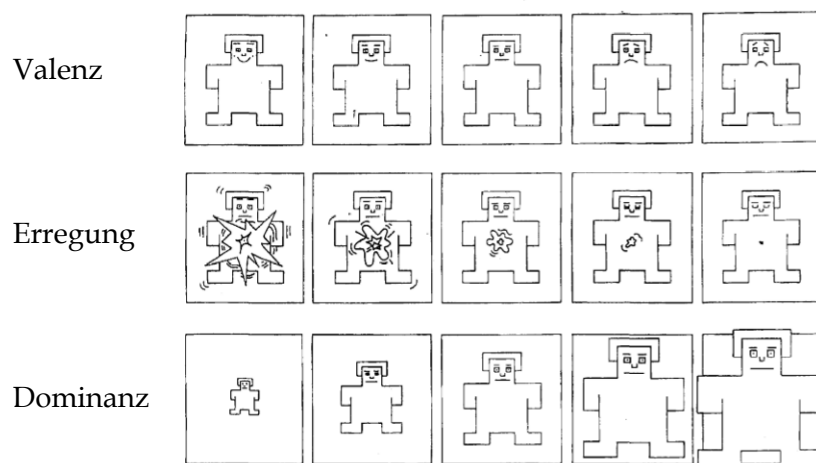


Abbildung 4: Die drei Dimensionen des Self-Assessment-Manikin (Bradley und Lang 1994)

SAM hat sich in verschiedenen Studien als effektive Methode zur Emotionsmessung bewiesen (Greenwald, Cook und Lang 1989; Lang, Greenwald, Bradley und Hamm 1993; Miller et al. 1987; Bradley und Lang 1994). Im Gegensatz dazu gibt es auch Fragebögen, welche positive und negative Emotionen trennen wollen, wie beispielsweise der *Positive and Negative Affect Schedule* (PANAS) von Watson, Clark und Tellegen (1988). Es war jedoch lange umstritten, ob man negative und positive Emotionen zur selben Zeit fühlen kann. Cacioppo und Berntson (1994) stellten dazu ein neues Modell vor und 2001 konnten Larsen, McGraw und Cacioppo schliesslich beweisen, dass dies möglich ist.



## 2.3 Interaktive Visualisierungen

In diesem Kapitel werden Landschaftsvisualisierung und deren Realitätsgrad thematisiert sowie Visualisierungen von Windkraftanlagen besprochen. Danach wird Interaktivität in Bezug auf Visualisierungen behandelt und deren Auswirkung auf die Emotion und Haltung des Betrachters erläutert.

### 2.3.1 Landschaftsvisualisierungen

Landschaftsvisualisierungen sind meist computergenerierte Repräsentationen von Ansichten einer Landschaft aus spezifischen Perspektiven, welche beispielsweise in der Planung eingesetzt werden (Sheppard und Salter 2004). Sie können unterschiedliche Realitätsgrade aufweisen und statisch oder dynamisch sein, wobei verschiedene Interaktivitätslevel integriert sein können (Lange und Bishop 2005). Die wichtigsten Variablen, welche eine Landschaft ausmachen sind Gelände, Vegetation, Tiere und Menschen, Wasser, Infrastruktur, Atmosphäre und Licht (Lange 2002). Diese Variablen können auf verschiedene Arten dargestellt werden, wobei der gewünschte Realitätsgrad definiert werden muss. Realistische und abstrakte 3D Visualisierungen haben unterschiedliche Stärken, welche in einem Planungsprozess in unterschiedlichen Planungsphasen eingesetzt werden können (Wissen Hayek und Grêt-Regamey 2010). So helfen realere Varianten dem Betrachter in frühen Phasen, sich mit der Landschaft zu identifizieren, wobei abstraktere Varianten beispielsweise eine gute Basis für spätere Diskussionsrunden darstellen (Wissen Hayek 2011). Empfohlen wird mehrmals auch eine Mischung von realen und abstrakten Variablen, um die gewünschte Wirkung zu erzielen (Lovett et al. 2010; Wissen Hayek 2011). Dabei ist jedoch zu beachten, dass Manipulationen durch Visualisierungen zu verhindern sind (Lange et al. 2003) und die Grundlage der Landschaftsvisualisierungen auf ethische Belangen getestet werden sollte (Sheppard 2001).

#### *Visualisierung von Windkraftanlagen*

Die öffentliche Meinung unterstützt erneuerbare Energien meist mittel bis stark und dennoch gibt es bei der Planung von Windenergieanlagen oft Komplikationen. Die Akzeptanz von Windenergieanlagen geht nicht immer mit der Unterstützung von Windenergie einher (Wolsink 2007). Dies wurde oft mit dem NIMBY (*not in my backyard*) Konzept begründet, welches jedoch irreführend ist, da die öffentliche Meinung viel komplexer ist (Devine-Wright 2009; West, Bailey und Winter 2010). Es wurde gezeigt, dass Partizipation im Entscheidungsprozess wichtig ist und Skepsis durch das Fehlen solcher

Möglichkeiten zur Mitwirkung entstehen kann (Bell, Gray und Hagggett 2005). Da die Landschaftsveränderung durch Windenergieanlagen ein wichtiger Bestandteil der Meinungsbildung ist, sollte deren Darstellung im Planungsprozess ein hoher Stellenwert zukommen (Wolsink 2007). Durch Landschaftsvisualisierungen können Veränderungen und Beeinträchtigungen aufgezeigt werden, jedoch auch Ersatzmassnahmen oder Vorkehrungen zur Vermeidung der Beeinträchtigung dargestellt werden (Jessel et al. 2003). Wichtige Faktoren bei der Darstellung von Windenergieanlagen sind der durch die Rotoren verursachte Lärm und die visuelle Komponente der Landschaftsveränderung (Pedersen und Larsman 2008). Umgesetzt wurde dies beispielsweise im Projekt VisAsim der Abteilung Planung von Landschaft und Urbanen Systemen (PLUS) der ETH Zürich (VisAsim 2016). Das Ziel des Projektes war, eine GIS-basierte visuell-akustische Landschaft zur Bewertung der Landschaftsveränderung durch Windenergieanlagen zu entwickeln. Dazu wurde CryENGINE 3<sup>2</sup> von Crytek verwendet, welche sich für die realistische dreidimensionale Visualisierung einer Landschaft und die räumlich korrekte Einbettung der Geräusche eignete (Manyoky et al. 2014).

### **2.3.2 Interaktivität**

Fuhrmann et al. (2001) beschreiben Interaktivität als Serie von zielgerichteten Aktionen im dreidimensionalen Raum, die durch das Zusammenwirken von Mensch und Computer bestimmt sind. Es gibt jedoch in der Geovisualisierung keine allgemein anerkannte Definition (Crampton 2002). Verwandt mit der Interaktivität ist auch die Dynamik, welche als Änderung einer oder mehrerer Variablen eines Objektes definiert ist. Sie hängt wiederum mit der Animation zusammen, da Dynamik durch Animation entsteht und zu Bewegung führt (Buziek, Dransch und Rase 2000). Um Interaktivität beschreiben und klassieren zu können, bräuchte es Variablen die den visuellen Variablen von Bertin (1967) ähnlich sind, mit welchen alle Elemente einer Karte oder Darstellung beschrieben werden können. Da es kein anerkanntes Konzept dazu gibt, können verschiedene Theorien herangezogen werden (Buziek 2003). Die dynamischen Variablen von DiBiase et al. (1992) spielen beispielsweise bei animierten Karten eine wichtige Rolle. Durch sie wird die Länge, Änderungsrate und Abfolge von Karten bestimmt. Befasst man sich jedoch mit Interaktivität von Visualisierungen generell, kann die Typologie von Krygier et al. (1997) angewendet werden. Interaktivität wird dabei in zwei Komponenten eingeteilt, einerseits in die Form (z.B. Bild,

---

<sup>2</sup> <https://www.cryengine.com> (letzter Zugriff: 13.09.2016)

Karte, Diagramm) und andererseits in die Funktion. Die Funktion kann fünf verschiedenen Levels entsprechen, nämlich statisch, animiert, sequentiell, hierarchisch oder konditional. Mit dieser Einteilung kann somit der Grad an Interaktivität grob beschrieben werden (Krygier et al. 1997). Crampton (2002) beschreibt Interaktivität hingegen, indem er sie in vier Typen einteilt. Es bestehen Interaktionen mit den Daten (Typ 1), der Repräsentation (Typ 2), der Zeit (Typ 3) und zusammenhängende Interaktionen (Typ 4). Zu Typ 1 gehört beispielsweise die Option, Daten zu filtern oder hervorzuheben, wobei in Typ 2 der Sichtwinkel oder der Zoomlevel verändert werden kann. In Typ 3 kann beispielsweise navigiert oder mit einem Schieberegler verschiedene Zeitstadien ausgewählt werden. Bei Typ 4 können verschiedene Layer kombiniert oder Daten miteinander verbunden werden (Crampton 2002).

Darstellungen mit mehr Interaktivitätsmöglichkeiten werden meist positiver bewertet als jene mit weniger oder keinen (Krygier et al. 1997; Tversky, Morrison und Betrancourt 2002). Auch im Planungskontext wurden beispielsweise Filme gegenüber von Bildern bevorzugt (Petschek und Lange 2004). In den folgenden Abschnitten werden die Erkenntnisse der Untersuchungen von verschiedenen Auswirkungen von Interaktivität aufgezeigt. Zuerst wird der Zusammenhang mit *Presence* und Engagement besprochen, dann die Leistung und Effektivität bei Aufgaben und schliesslich die Auswirkungen auf die Emotion.

### ***Auswirkungen von Interaktivität auf die Presence***

Die menschliche Wahrnehmung wird durch die Umgebung beeinflusst, in der man sich befindet (Scaife und Rogers 1996). So hat beispielsweise die Grösse des Bildschirms einen Einfluss darauf, wie man das darauf Abgebildete wahrnimmt. Wenn eine virtuelle Realität dargestellt wird, kann die Bildschirmgrösse die sogenannte *Presence* beeinflussen. Mit *Presence* ist gemeint, wie gut man sich in die virtuelle Umgebung hinein versetzen kann. *Presence* kann einen Effekt auf die Emotion haben, ist jedoch abhängig von den Stimuli. Eine Theorie besagt, dass ein Zusammenhang zwischen Emotion und Immersion nur bei Stimuli besteht, die Erregung erzeugen (Freeman et al. 2005). IJsselsteijn (2002) zeigte jedoch, dass der Einfluss von Interaktivität auf die Emotion grösser ist als jener der *Presence*. Der Einfluss der Interaktivität auf die *Presence* kann schliesslich mit Erkenntnissen von Danahy (2001) aufgezeigt werden. Er zeigte, dass die Wahrnehmung einer virtuellen Umgebung viel näher an der realen Erfahrung liegt, wenn mehr Dynamik eingebaut ist. Daraus ergibt sich bei höherer Interaktivität entsprechend auch mehr *Presence*.

### *Auswirkungen von Interaktivität auf das Engagement*

Das Engagement eines Nutzers ist hoch, wenn dieser kognitiv oder emotional in eine Aufgabe involviert ist (Busselle und Bilandzic 2008). Gewisse Forscher zeigen, dass Interaktivität zu eher oberflächlichem Verarbeiten der Information führt (Carr 2011), während andere zeigen, dass durch Interaktivität ein aktives Publikum entsteht (Sundar 2007). Aufgrund dieses Widerspruchs bleibt der Zusammenhang zwischen Engagement und Interaktivität fragwürdig (Oh und Sundar 2015).

### *Auswirkungen von Interaktivität auf die Leistung*

Ebinger und Skupin (2007) haben Indizien dafür gefunden, dass mehr Interaktivität die Erinnerungsgeschwindigkeit positiv beeinflusst. Für eine generelle Zunahme der Leistung gibt es jedoch kaum Beweise. Antle (2000) zeigte, dass mit interaktiveren Visualisierungen datenbezogene Fragen genauer beantwortet werden. Bei Harrower, MacEachren und Griffin (2000) haben die Testpersonen bei interaktiveren Anwendungen jedoch datenbezogene Fragen nicht genauer beantwortet. Dementsprechend besteht kein Zusammenhang zwischen Interaktivität und Effektivität.

### *Auswirkungen von Interaktivität auf die Emotion*

Die räumliche Navigation in einer Landschaftsvisualisierung kann bei einem hohen Realitätsgrad zu Emotion führen und bei einer abstrakteren Darstellung eine eher rationale Ansicht der Topografie auslösen (Schroth 2007). Chen (2016) zeigte in seiner Studie, dass Videospiele mit hoher Interaktivität bei den Spielern zu mehr Erregung, Eingebundenheit und Vergnügen führten. Ein anderer Ansatz stammt von Bopp, Mekler und Opwis (2016), welche zeigen, dass auch negative Emotionen ein positives Erlebnis darstellen können. In diesem Fall waren dies subjektiv gewählte emotionale Erfahrungen aus einem Videospiele. Wieder zum Thema des Zusammenhanges zwischen Emotion und Interaktivität haben Mahlke und Minge (2006) eine Studie durchgeführt, bei der sie den Teilnehmenden ein interaktives Handy gaben, das entweder brauchbar oder unbrauchbar war und massen bei der Nutzung die Emotion mittels EMG. Sie massen deutlich mehr Corrugator-Aktivität beim unbrauchbaren Handy, jedoch auch mehr Zygomaticus-Aktivität, wovon sie nicht ausgegangen waren. Um die Beziehung zwischen der Gesichtsmuskulaturaktivität und der tatsächlichen Emotion besser verstehen zu können, haben Mahlke und Minge eine weitere Studie durchgeführt, in der sie das Konzept von Scherer (1984) anwendeten. Er schlug vor, verschiedene Komponenten der Emotionsmessung zu verbinden, um deutlichere Resultate zu erzielen. Mahlke und Minge (2008) konnten mit der Kombination von physiologischen

Messungen, Selbsteinschätzungs-Fragebögen, sowie Analysen der expressiven Emotion und des Verhaltens klarere Resultate erzielen. Für Bestimmungen von positiven und negativen Emotionen im einfacheren Sinne empfehlen sie jedoch aufgrund des hohen Aufwandes der Kombination mehrerer Emotionsmessungen lediglich Fragebögen einzusetzen.

## **2.4 Eingliederung dieser Arbeit**

Kognition ist im Bereich der Geovisualisierung immer wichtiger geworden (Fabrikant und Lobben 2009; MacEachren und Kraak 2001; Slocum et al. 2001). Die menschliche Komponente ist von Belangen, man möchte verstehen wie verschiedene Darstellungen auf Individuen wirken (Wissen Hayek 2011; Lange et al. 2003; Dransch 2007). Die Interaktivität bildet eine wichtige Komponente der raum-zeitlichen Visualisierungstechniken, es ist jedoch noch zu wenig über deren Nutzbarkeit bekannt (Ebinger und Skupin 2007). Deswegen wollen Paar et al. (2004) wissen, wie sich die Perspektive und der Grad an Interaktivität auf die Wahrnehmung von Visualisierungen auswirkt. In Kapitel 2.3.2 wurden die bisherigen Erkenntnisse zum Einfluss des Grades an Interaktivität auf die Wahrnehmung aufgezeigt. Es bestehen jedoch noch viele Unklarheiten betreffend dem Zusammenhang von Interaktivität und Emotion sowie dem Gebrauch von Emotionsmessungen in der Geovisualisierung (Mahlke und Minge 2008).

In dieser Arbeit wird deshalb der Zusammenhang von Interaktivität und Emotion untersucht, indem eine Studie durchgeführt wird, bei der die Testpersonen unterschiedlich interaktive Visualisierungen eines Windparks sehen und dabei deren Emotion gemessen wird. Die Emotion wird physiologisch (Gesichtsmuskelaktivität und Hautleitfähigkeit) und mittels Selbsteinschätzungs-Fragebogen gemessen. Zusätzlich wird die Interaktivität der Versuchspersonen aufgezeichnet, um den Einfluss der Interaktivitätsnutzung auf die Emotion zu untersuchen. Ebenfalls abgefragt wird die Haltung der Teilnehmenden gegenüber Windenergie, um zu testen, ob die Interaktivität mit dem Windpark einen Einfluss auf die Haltung hat. Um den Gebrauch von Emotionsmessungen in der Geovisualisierung zu untersuchen, werden schliesslich die physiologischen Messungen mit den Emotionsmessungen aus dem Fragebogen verglichen.



## 3 Methodik

Um die Forschungsfragen dieser Arbeit beantworten zu können, wurde eine Studie im CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) Labor<sup>3</sup> am Geographischen Institut der Universität Zürich durchgeführt. In diesem Kapitel wird die Methodik der Studie vorgestellt, wobei zuerst die Hypothesen zu den drei Forschungsfragen erläutert werden. Danach wird das Studiendesign präsentiert, anschliessend die unabhängige und die abhängige Variable und deren Aufbau genauer erläutert und zuletzt der Aufbau des dazugehörigen Fragebogens präsentiert.

### 3.1 Hypothesen

Zu den drei Forschungsfragen wurden insgesamt sechs Hypothesen aufgestellt, die im Zusammenhang mit der jeweiligen Forschungsfrage vorgestellt werden.

Die erste Forschungsfrage befasst sich mit der Veränderung der Emotion der Testpersonen während den verschiedenen Interaktivitätslevels. Aufgrund von Erkenntnissen aus früheren Studien, die zeigen konnten, dass den Versuchspersonen Darstellungen mit hoher Interaktivität besser gefielen als jene ohne (Krygier et al. 1997; Tversky, Morrison und Betrancourt 2002) und diese dementsprechend auch zu mehr Erregung, Eingebundenheit und Vergnügen führen (Chen 2016), werden folgende Hypothesen gebildet:

***Hypothese 1:** Die Testpersonen präferieren Darstellungen mit höherer Interaktivität.*

***Hypothese 2:** Ein höherer Grad an Interaktivität führt zu höheren Werten der Valenz.*

***Hypothese 3:** Ein höherer Grad an Interaktivität führt zu höheren Werten der Erregung.*

Anhand der zweiten Forschungsfrage wird die Beziehung zwischen physiologischen und psychometrischen Emotionsmessungen untersucht. Die Studie von Mahlke und Minge (2008) zeigt eine positive Korrelation zwischen dem Selbsteinschätzungs-Fragebogen mittels SAM und den physiologischen Messungen, welche auch in dieser Studie durchgeführt werden (Hautleitfähigkeit und Gesichtsmuskelaktivität). Der Unterschied zwischen Männern und Frauen wird ebenfalls behandelt. Die Forschung zeigt, dass ein Unterschied vor allem bei expressiven Emotionen besteht, bei welchen Frauen stärkere Emotionen zeigen

---

<sup>3</sup> <https://www.geo.uzh.ch/en/units/giva/services/cave-automatic-virtual-environment.html> (letzter Zugriff: 05.01.2017)

(Greenwald, Cook und Lang 1989; Kring und Gordon 1998; Dimberg und Lundquist 1990; Lang et al. 1993). Aufgrund dieser Erkenntnisse ergeben sich folgende Hypothesen:

**Hypothese 4:** *Die Valenz-Messungen des SAM und der Gesichtsmuskelaktivität korrelieren.*

**Hypothese 5:** *Die Erregungs-Messungen des SAM und der Hautleitfähigkeit korrelieren.*

**Hypothese 6:** *Die expressive Emotion ist bei Frauen stärker als bei Männern.*

Die dritte Forschungsfrage behandelt den Einfluss der Einstellung der Testpersonen gegenüber Windenergie auf die Emotion. Es wurde gezeigt, dass interaktive Darstellungen im partizipativen Planungsprozess Vorteile mit sich bringen (Schroth 2007). Weitere Erkenntnisse zur Benutzung von Visualisierungen im Planungsprozess können hier jedoch nicht angewendet werden, da es sich in der Studie nicht um ein Planungsszenario handelt. Da die öffentliche Meinung zur Windenergie ein sehr komplexes Thema ist, wird diese Forschungsfrage explorativ beantwortet und keine Hypothese dazu aufgestellt.

### 3.2 Studiendesign

Um die Auswirkung des Interaktivitätsgrades einer Visualisierung auf die Emotion zu testen, wurde ein *within-subject design* gewählt (Martin, 2008). In der Studie werden den Testpersonen vier räumliche Visualisierungen eines Windparks auf Grossleinwand gezeigt, welche über einen unterschiedlichen Grad an Interaktivität verfügen. Diese Visualisierungen stellen die unabhängige Variable dieser Studie dar. Die Teilnehmenden haben je nach Level die Möglichkeit, mit einem Xbox 360 Wireless Controller mit der Visualisierung zu interagieren, wobei diese Interaktivitätsnutzung eine abhängige Variable darstellt. Eine weitere abhängige Variable ist die Emotionsmessung, welche einerseits mit Hilfe von physiologischen Messungen während der Ansicht und andererseits direkt nach der Ansicht durch die Beantwortung eines Fragebogens erhoben wird. Ebenfalls eine abhängige Variable ist die Haltung gegenüber Windenergie, welche im Fragebogen geprüft wird. In Tabelle 2 ist eine Übersicht der verwendeten Variablen aufgeführt.



Tabelle 2: Übersicht der unabhängigen und abhängigen Variablen

<b>Unabhängige Variablen</b>	Visualisierungen eines Windparks mit unterschiedlichem Interaktivitätsgrad: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Level 1: Standbild</li> <li>- Level 2: Animiertes Standbild</li> <li>- Level 3: Kamerapfad</li> <li>- Level 4: Rundumsicht</li> </ul>
<b>Abhängige Variablen</b>	Emotion gemessen durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muskelaktivität des Zygomaticus und Corrugator</li> <li>- Elektrodermale Aktivität</li> <li>- Selbsteinschätzungs-Fragebogen</li> </ul>
	Haltung gegenüber Windenergie (Fragebogen)
	Interaktivitätsnutzung (Tastenanschläge)

Neben den unabhängigen und abhängigen Variablen gibt es auch Kontrollvariablen, zufällige Variablen und Störvariablen (Martin 2008). Zu den Kontrollvariablen gehört die Testumgebung, welche sich nicht verändert hat. Das CAVE Labor des geographischen Instituts verfügt stets über dieselben Licht- und Temperaturbedingungen. Die Visualisierungen wurden durch den mittleren Beamer (3120 x 1950 mm, 1200 x 800 Pixel) des Projektionssystems gezeigt wobei die Testperson auf einem Stuhl zwei Meter entfernt von der Leinwand sass, wie in Abbildung 5 ersichtlich ist.



Abbildung 5: Projektion der Visualisierung im CAVE

Im hinteren Teil des Labors befand sich ein Pult mit dem Laptop, auf welchem der digitale Fragebogen von den Testpersonen ausgefüllt wurde. Ein zweites Pult, auf dem die

Messinstrumente und der Computer zur Steuerung standen, befand sich ebenfalls im hinteren Teil. Die Position der Pulte und Stühle waren zu jeder Zeit identisch. Um Störungen zu vermeiden, wurde während der Studie immer ein entsprechendes Schild vor der Tür aufgehängt. Die von der Studienleiterin gegebenen Anweisungen wurden für jede Testperson möglichst identisch wiedergegeben. Für die Studie relevante Zufallsvariablen sind die Uhrzeit und die physische sowie psychische Verfassung der Teilnehmenden, da diese einen Einfluss auf die Emotion haben können (Brandstätter und Otto 2009).

Das *within-subject design* hat den grossen Nachteil, dass Testpersonen nach einer Ansicht eines Levels der unabhängigen Variable nicht mehr gleich auf einen weiteren Level reagieren, als wenn sie den ersten noch nicht gesehen hätten. Um diesem Nachteil entgegenzuwirken, muss ein Ausgleich der Levels vorgenommen werden. Für diese Studie wurde eine *Latin Square* Rotation gewählt, um sicherzustellen, dass die Reihenfolge der vier Levels der unabhängigen Variable ausgeglichen sind (Martin 2008).

Tabelle 3: Rotation der Levels nach *Latin Square*

	Reihenfolge der Levels
<b>Serie 1</b>	Level 1, Level 2, Level 3, Level 4
<b>Serie 2</b>	Level 2, Level 3, Level 4, Level 1
<b>Serie 3</b>	Level 3, Level 4, Level 1, Level 2
<b>Serie 4</b>	Level 4, Level 1, Level 2, Level 3

Die vier möglichen Reihenfolgen der Levels werden in dieser Arbeit jeweils Serie genannt und können Tabelle 3 entnommen werden. Entsprechend des Prinzips des *Latin Square* folgt nach Serie 4 wieder die Serie 1. Durch diese Rotation sollten die Resultate unabhängig von der Reihenfolge der Levels sein.

### 3.2.1 Testpersonen

Es wurden im persönlichen Umfeld Testpersonen gesucht, welche die Möglichkeit hatten am Standort Irchel der Universität Zürich an der Studie teilzunehmen. Es gab keine Auswahlkriterien, da weder die Schulbildung, noch andere Kenntnisse einen Einfluss auf die Emotion und somit wichtigste abhängige Variable haben. Es wurde einzig auf den Ausgleich zwischen der Anzahl männlicher und weiblicher Versuchspersonen geachtet, da für die

zweite Forschungsfrage der Unterschied zwischen den Geschlechtern untersucht wird. Um die möglichen Testpersonen über die Studie zu informieren, wurde eine Website<sup>4</sup> erstellt, welche alle relevanten Informationen inklusive Wegbeschreibung, Einverständniserklärung und Literatur enthält. Die Interessenten konnten sich via Website für einen Termin eintragen. Gesamthaft nahmen 31 Personen an der Studie teil, wovon 16 weiblich und 15 männlich sind.

### 3.2.2 Ablauf

Nach der Begrüssung wird der Testperson als erstes der Ablauf der Studie und die Messinstrumente erklärt. Als zweites muss die Testperson die Einverständniserklärung ausfüllen und erhält eine Kopie davon. Danach wird die Haut der Testperson an den Stellen gesäubert, wo anschliessend die Elektroden aufgeklebt werden. Danach werden die Messinstrumente angebracht und mit den Elektroden verbunden. Es folgt ein Testen der Signale und allenfalls eine Veränderung/Optimierung der Positionen der Kabel. Als nächstes wird die Baseline gemessen, wozu der Proband zwei Minuten mit geschlossenen Augen still sitzen muss. Es folgen ein Test der elektrodermalen Aktivität, bei dem man tief einatmen muss und das maximale Anspannen des Zygomaticus und des Corrugators. Sobald die Versuchsvorbereitungen abgeschlossen sind, beginnt das Ausfüllen des ersten Fragebogenteils am Laptop. Anschliessend wechselt die Testperson zum Stuhl vor der Leinwand, wird über die erste Ansicht instruiert und bekommt den Xbox Controller in die Hand, dessen Funktion kurz erklärt wird. Via Knopfdruck kann beispielsweise die Rotation der Windturbinen eingestellt oder die Turbinen ausgeblendet werden. Dann wird das Licht gelöscht und der erste Level gestartet. Die Testperson sieht zuerst zehn Sekunden lang eine schwarze Leinwand, auf der oben links eingebildet ist, welche Tasten auf dem Controller gedrückt werden können und was sie bewirken. Dann sieht die Testperson während 45 Sekunden die erste Visualisierung und kann die Tasten betätigen. Nach dieser Zeit wird das Licht wieder eingeschaltet und die Testperson muss den nächsten Fragebogen ausfüllen. Dieser Vorgang wird noch dreimal wiederholt, sodass die Testperson alle vier Levels zu Gesicht bekommt. Zum Schluss wird nochmals die Grundemotion während zwei Minuten aufgenommen und der Atemtest für das EDA durchgeführt. Hinterher muss noch ein abschliessender Fragebogen ausgefüllt werden und schliesslich werden die Messinstrumente wieder entfernt und die Haut gesäubert. Der soeben beschriebene Ablauf inklusive Zeitberechnung kann Anhang D entnommen werden.

---

<sup>4</sup> [www.corinmeier.wixsite.com/master](http://www.corinmeier.wixsite.com/master) (letzter Zugriff: 25.11.2016)

### 3.3 Visualisierungen

In diesem Kapitel wird der Aufbau der unabhängigen Variable präsentiert. Zuerst wird die Grundlage für die Windpark-Visualisierungen vorgestellt, danach das zugrundeliegende Konzept für die Einteilung der vier Levels thematisiert und anschliessend die genaue Implementierung der Interaktivitätsmöglichkeiten beschrieben.

Die Frage der zukünftigen Energieversorgung ist mit der geplanten Energiestrategie 2050 des Bundes und der Abstimmung vom 27.11.2016 über die Atomausstiegsinitiative zurzeit in aller Munde. Viele Studien haben sich mit der Akzeptanz von Windenergie beschäftigt (Devine-Wright 2014, Seitz 2011; Wolsink 2007; Wüstenhagen, Wolsink und Bürer 2007). In Deutschland, dem Vereinigten Königreich, der Niederlande, Frankreich und der Schweiz ist die Problematik der Widerstände gegen geplante Windenergieanlagen zu einer öffentlichen Debatte geworden (Wüstenhagen, Wolsink und Bürer 2007). Dies ist ein Indiz dafür, dass es sich um ein emotionsgeladenes Thema handelt und somit gut als Gegenstand der unabhängigen Variable eignet.

Wie in Kapitel 2.3.1 bereits erwähnt wurde, haben Manyoky et al. (2014) im Rahmen des Projektes VisAsim an der ETH Zürich 3D-Visualisierungen von Windparks erstellt. Die im Rahmen von VisAsim entstandenen Arbeiten von Madeleine Manyoky und Dr. Ulrike Wissen Hayek hat David Waltisberg im Rahmen seiner Masterarbeit weitergeführt. Er hat einen Beitrag zur Frage geleistet, ob und wie sich Virtual Reality in der Raumentwicklung und Infrastrukturplanung eignet und dazu die Visualisierungen einer Windpark-Landschaft für die Ansicht mit der Oculus Rift<sup>5</sup> Virtual Reality Brille angepasst (Waltisberg 2015). Diese Visualisierungen wurden für diese Arbeit von Dr. Ulrike Wissen Hayek zur Verfügung gestellt. Für die vier Interaktivitätslevels wurden in die bestehende Visualisierung Interaktivitätsmöglichkeiten implementiert.

Die Visualisierungen wurden mit der Software CryENGINE 3 von Crytek erstellt. Dabei handelt es sich um eine Software zur erstellt von Videospiele, mit welcher hohe Realitätsgrade erreicht und GIS-Daten eingelesen werden können. In Kapitel 3.3.1 wird die Wahl der Interaktivitätslevels und deren Eigenschaften erläutert und in Kapitel 3.3.2 der Aufbau der Visualisierungen sowie die Implementierung der Interaktivitätsmöglichkeiten erklärt.

---

<sup>5</sup> <https://www3.oculus.com/en-us/rift/> (letzter Zugriff: 17.01.2017)

### 3.3.1 Konzeptualisierung der Interaktivitätslevels

Die in Kapitel 2.3.2 beschriebenen fünf Interaktivitätsfunktionen von Krygier et al. (1997) bilden zusammen mit Annahmen von Crampton (2002) die Grundlage für die Einteilung der Levels. Bei der Wahl der Interaktivitätsmöglichkeiten musste immer die Möglichkeit zur Umsetzung in der CryENGINE bedacht werden. Auch wenn es sich in der Studie nicht um ein Planungsszenario handelt, wurden die Levels so gewählt, dass deren Visualisierung inklusive Interaktivitätsmöglichkeiten in einem partizipativen Planungsprozess eingebunden werden könnte. Dementsprechend wurden auch bisherige Erkenntnisse aus der Landschaftsvisualisierung mit einbezogen.

Die Hauptvoraussetzung bei der Einteilung der Levels ist, dass sie sich im Grad der Interaktivität unterscheiden. Die Anzahl der Levels wurde auf vier festgelegt, damit Veränderungen analysiert werden können, die Studie jedoch nicht zu lange dauert. Der Level mit dem tiefsten Grad an Interaktivität beinhaltet eine statische Ansicht der Landschaft und bietet keine Interaktivitätsmöglichkeiten. Der zweite Level umfasst dieselbe statische Ansicht, jedoch mit Interaktivitätsmöglichkeiten. Der dritte Level bietet dieselben Interaktivitätsmöglichkeiten, beinhaltet jedoch kein statisches Bild, sondern einen vordefinierten Kamerapfad. Der vierte Level bietet schliesslich die Interaktivitätsmöglichkeiten aus Level 2 und 3, wobei die Funktion der Rundumsicht hinzukommt. Die Übersicht der Levels inklusive ihren Interaktivitätsmöglichkeiten sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 4: Übersicht der Interaktivitätslevels und deren Eigenschaften

	<b>Level 1</b>	<b>Level 2</b>	<b>Level 3</b>	<b>Level 4</b>
<b>Bezeichnung</b>	Standbild	Animiertes Standbild	Kamerapfad	Rundumsicht
<b>Perspektive</b>	Drei Standpunkte	Drei Standpunkte	Kamerapfad	Drei Standpunkte
<b>Interaktivitätsmöglichkeiten</b>		Windräder ein- und ausblenden	Windräder ein- und ausblenden	Windräder ein- und ausblenden
		Rotoren beschleunigen und verlangsamen	Rotoren beschleunigen und verlangsamen	Rotoren beschleunigen und verlangsamen
				Rundumsicht
	gering	<b>Interaktivität</b>		hoch

Alle Levels nehmen eine Fussgängerperspektive ein, wobei drei unterschiedliche Standpunkte in der Landschaft gewählt wurden, von welchen alle Levels ausgehen. Dies

bietet den Testpersonen mehrere Ansichten des Windparks. Durch das Verwenden von ähnlichen Perspektiven wird die Vergleichbarkeit der Levels für die Studie gewährleistet. Bei den Interaktivitätsmöglichkeiten kann die Testperson mit einem Xbox 360 Wireless Controller per Knopfdruck die Windräder ein- und ausblenden, die Rotoren schrittweise beschleunigen und verlangsamen und in Level 4 mit dem Joystick an einem Standpunkt virtuell umher blicken. Die dabei zu verwendenden Knöpfe können Abbildung 6 entnommen werden.

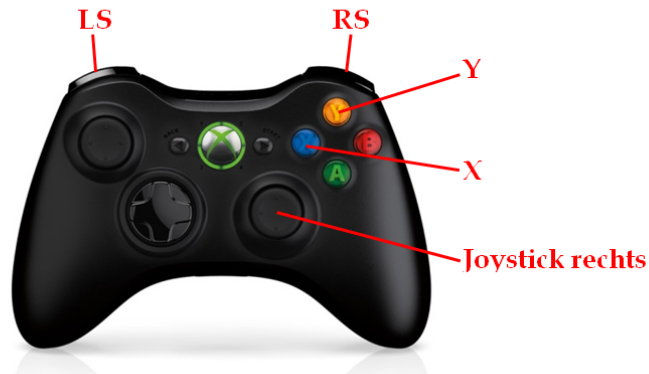


Abbildung 6: Xbox 360 Wireless Controller<sup>6</sup>

Die soeben beschriebenen Interaktivitätsmöglichkeiten wären in einem Planungsszenario von Nutzen, da der Betrachter die Wirkung der Landschaft mit und ohne Windturbinen direkt vergleichen, sowie die Rotoren in Bewegung wahrnehmen kann. Der Kamerapfad und die Rundumsicht helfen dem Betrachter, sich in die Umgebung hinein versetzen zu können. Ein noch höherer Level an Interaktivität wäre mit einer freien Navigation entstanden. Dadurch hätten die Versuchspersonen jedoch unterschiedliche Blickwinkel eingenommen, wodurch die Emotion beeinflusst und die Vergleichbarkeit beeinträchtigt wird. Aufgrund der vielen Einflüsse auf die Emotion wurden zudem keine Geräusche implementiert. In einem Planungsszenario wäre dies äusserst wichtig, damit die Repräsentation der Realität möglichst hoch ist. In dieser Arbeit stehen jedoch die visuelle Komponente und deren Einfluss auf die Emotion im Vordergrund.

### 3.3.2 Umsetzung in der CryENGINE

In der bestehenden Landschaftsvisualisierung ist das Gebiet Alpli bei Krinau im Kanton St. Gallen modelliert. Die CryENGINE 3 gibt eine quadratische Fläche mit einer Seitenlänge

<sup>6</sup> <http://www.xbox.com/en-US/xbox-360/accessories/controllers/wireless-controller> (letzter Zugriff: 20.07.2016)

von 1'024, 2'048, 4'096, 8'192 oder maximal 16'384 Pixeln vor. Die Wahl der Grösse ist jeweils abhängig von der Auflösung des Orthofotos und der Rechenleistung sowie der Speicherkapazität. Die erhaltene Visualisierung umfasst ein Gebiet von 4 x 4 km, wobei 4'096 x 4'096 Pixel gewählt wurden, ein Pixel also einem Meter entspricht. Der Ausschnitt ist in der folgenden Abbildung ersichtlich.



Abbildung 7: Ausschnitt der Visualisierung ( links Karte, rechts Satellitenbild)<sup>7</sup>

Die Windturbinen befinden sich in der Mitte des Quadrates, somit hat der Betrachter eine gute Weitsicht in alle Richtungen. Um die Landschaft realitätsgetreu zu modellieren, wurde das exakt passende digitale Höhenmodell eingefügt und ein Orthofoto als Textur darübergelegt. Dreidimensionale Modelle der Vegetation und der Windturbinen wurden anschliessend als Vegetationsobjekte oder Texturen eingefügt und weitere Umgebungsdetails wie die Witterung, Beleuchtung und der Wind wurden angepasst. Die fünf Windturbinen entsprechen alle dem Typ Vestas V90<sup>8</sup> mit 95 m Nabenhöhe. Deren Standorte wurden von Manyoky (2011) eruiert. In Abbildung 8 ist die Positionierung der Windturbinen relativ zum ganzen Ausschnitt erkennbar.

<sup>7</sup> <https://map.geo.admin.ch/> (letzter Zugriff: 22.11.2016)

<sup>8</sup> [https://www.vestas.com/en/products/turbines/v90-3\\_0\\_mw](https://www.vestas.com/en/products/turbines/v90-3_0_mw) (letzter Zugriff: 10.01.2017)



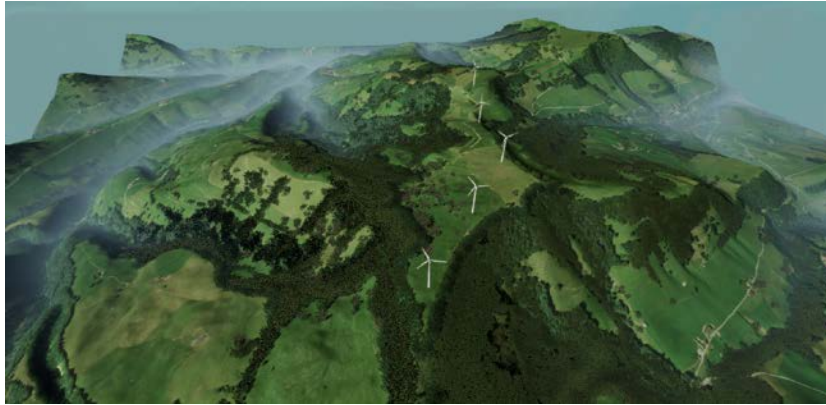


Abbildung 8: Positionierung der Windturbinen in der Visualisierung (Vogelperspektive mit Blick nach Norden)

In der erhaltenen Visualisierung mussten dann die Interaktivitätsmöglichkeiten implementiert werden. Die CryENGINE beinhaltet zwei Programme, den Editor und den Launcher. Im ersten werden die Visualisierungen erstellt und können in einem darin vorhandenen Spiel-Modus getestet werden. Im Launcher wird das Spiel schlussendlich gespielt, wozu es im Editor mit der Funktion „export to engine“ exportiert werden muss. Der Editor bietet die Nutzung eines Flowgraphs, womit einige Möglichkeiten zur Implementierung von Interaktivität bestehen, ohne Code programmieren zu müssen. So können beispielsweise Objekte animiert, Text eingeblendet und auch zeitliche Abläufe von Aktionen erstellt werden. In den folgenden Abschnitten wird zuerst die Wahl der Standpunkte präsentiert und das Generieren des Kamerapfades erläutert. Anschliessend wird das Implementieren der Interaktivitätsmöglichkeiten und der Aufbau der vier Levels erklärt und schliesslich das Abspeichern der Tastenanschläge aufgezeigt.

### *Standpunkte*

Die drei Standpunkte wurden so gewählt, dass immer mindestens eine Windturbine zu sehen war und dies aus verschiedenen Perspektiven. Die Windturbinen waren ursprünglich nach Osten ausgerichtet, da dies die meistvorkommende Windrichtung auf dem Alpli ist (Manyoky 2011). Für diese Arbeit spielt die realistische Ausrichtung jedoch keine wichtige Rolle, da es sich nicht um ein Planungsszenario handelt und die Testpersonen nicht mit der Gegend vertraut sind. Die Rotoren wurden jeweils so gedreht, dass sie von den gewählten Standpunkten aus entweder von vorne oder von hinten gesehen werden, da die Rotation der Rotoren seitlich kaum erkennbar ist. Eine Herausforderung war die Wahl der Standpunkte vor allem, weil sie nahe beieinander liegen mussten, damit der Kamerapfad innerhalb 45 Sekunden in der Geschwindigkeit eines Fussgängers die drei Perspektiven einnehmen konnte. Um trotzdem unterschiedliche Ansichten und Distanzen zu Windturbinen bieten zu können, wurden die drei Perspektiven der Abbildungen 9, 10 und 11 gewählt. Die in



Klammern angegebenen Nummern stehen dafür, wie die Standpunkte im Flowgraph zu finden sind (siehe spätere Abschnitte zum Aufbau der Levels).



Abbildung 9: Standpunkt 1 im Windpark

### **Standpunkt 1**

Nächste Windturbinen ca. 200 m entfernt

Blick nach Süden

(Flowgraph: Camera 13, Spawnpoint 10)

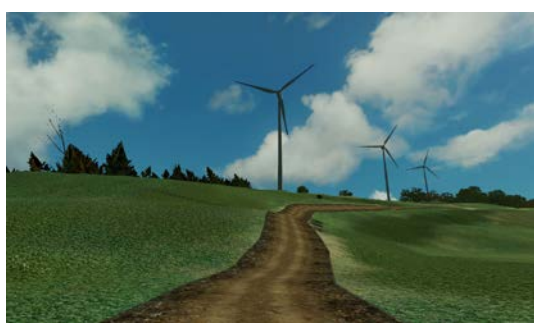


Abbildung 10: Standpunkt 2 im Windpark

### **Standpunkt 2**

Nächste Windturbinen ca. 230 m entfernt

Blick nach Norden

(Flowgraph: Camera 17, Spawnpoint 11)



Abbildung 11: Standpunkt 3 im Windpark

### **Standpunkt 3**

Windturbinen ca. 300 m entfernt

Blick nach Süden

(Flowgraph: Camera 19, Spawnpoint 12)

## ***Kamerapfad generieren***

Um einen Kamerapfad für Level 3 zu generieren kann das Fenster „Track View“ der CryENGINE verwendet werden. Damit wird eine Kamera in der Landschaft ausgewählt, deren Standort und Blickwinkel man anschliessend verändern kann, um eine Animation zu erstellen. Für die Sequenz in Level 3 wurden 25 Positionen pro Sekunde abgespeichert. Es gibt die Möglichkeit entweder die Kamera manuell zu verschieben, oder automatisch einen Pfad beim Navigieren durch die Landschaft zu generieren. Manuell besteht die Schwierigkeit darin, den Zeitabstand und die Veränderung der Position so zu wählen, dass ein fließender Übergang entsteht und die gewünschte Strecke in der vorgegebenen Zeit zurückgelegt wird. Beim automatischen Generieren besteht hingegen das Problem, dass man

im Spiel-Modus des Editors nicht automatisch dem Boden entlang läuft. Dies führt zum Problem, dass man den Blickwinkel beispielsweise nicht nach oben neigen kann, sondern dann direkt himmelwärts weiterlaufen würde. Das Resultat der automatischen Variante erwies sich schlussendlich als besser, wobei die Einstellung der Bewegungsgeschwindigkeit massgebend war. Der Kamerapfad sollte innerhalb der 45 Sekunden die Perspektiven der drei Standorte grob erfassen. So verläuft er von Standpunkt 2 über Standpunkt 1 in Richtung Standpunkt 3. Die wichtigsten Veränderungen der Perspektive des Kamerapfades sind in der folgenden Abbildung ersichtlich.

Tabelle 5: Ansichten des Kamerapfades von Level 3 (Start oben links, Ende unten rechts)



### Windräder ein- und ausblenden

Um alle Windräder gleichzeitig per Knopfdruck auszublenden, musste direkt der ganze Layer versteckt werden. Das Prinzip dafür ist sehr simpel, es wird lediglich ein sogenannter „InputKey“ gesetzt, welcher die Funktionen „Hide“ oder „Unhide“ eines ausgewählten Layers auslöst. Ausblenden kann die Versuchsperson die Windturbinen mit dem X-Knopf und einblenden mit dem Y-Knopf des Xbox 360 Controllers.



Abbildung 12: Windräder ein- und ausblenden im Flowgraph der CryENGINE

### Rotoren beschleunigen und verlangsamen

Um die Rotoren zu animieren, wird die Funktion „Movement:RotateEntity“ verwendet. Ein Attribut davon ist die Geschwindigkeit der Rotation in Grad pro Sekunde, welche in diesem Falle durch eine simple Addition und Subtraktion von jeweils 10 Grad pro Knopfdruck verändert wird. Die Implementierung im Flowgraph erfolgte gemäss Tutorial von Wissen Hayek (2016) der ETH-Lehrveranstaltung „GIS-basierte 3D Landschaftsvisualisierung“. Die Interaktivität kann mit der linken und rechten Shoulder-Taste des Xbox 360 Controllers ausgelöst werden. Der Flowgraph ist in der folgenden Abbildung ersichtlich.

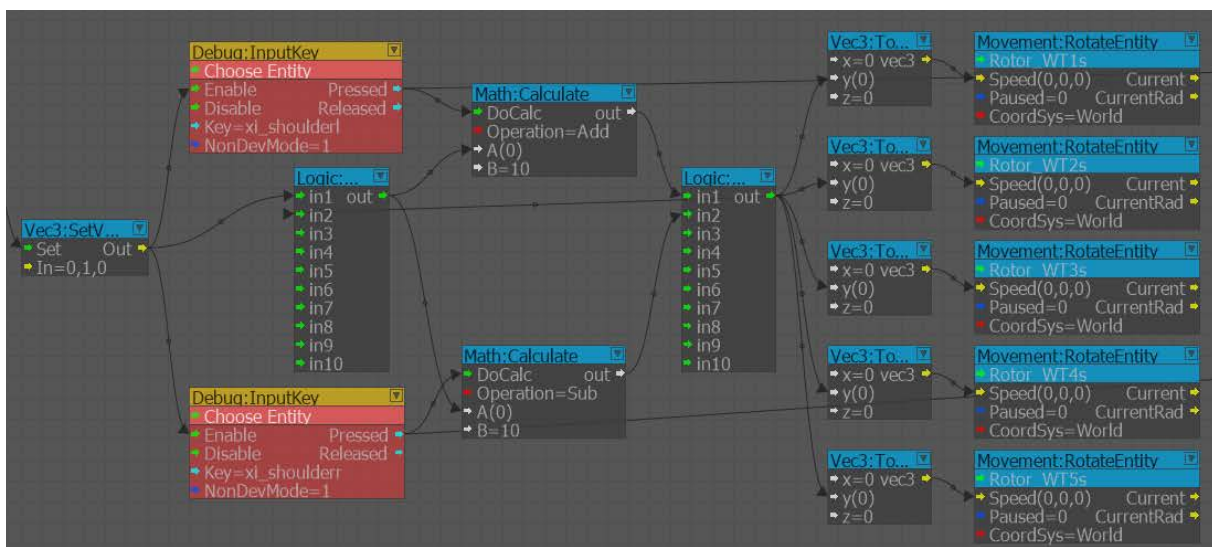


Abbildung 13: Rotoren beschleunigen und verlangsamen im Flowgraph der CryENGINE

### Basis für den Aufbau der Levels

Wie bereits in Kapitel 3.2.2 erwähnt wurde, wird am Anfang jedes Levels ein schwarzer Bildschirm gezeigt, worauf die Interaktivitätsmöglichkeiten nochmals aufgeführt sind nachdem sie bereits mündlich erklärt wurden. Da keine Funktion gefunden wurde, die das Einblenden eines schwarzen Bildschirms ermöglichte, wurde eine alternative Möglichkeit gefunden. In SketchUp<sup>9</sup> wurde eine schwarze Wand erstellt, welche an einem zu keiner Zeit sichtbaren Punkt eingefügt und eine Kamera darauf gerichtet wurde. Somit konnte per „InputKey“ die Ansicht auf die schwarze Fläche ausgewählt werden. Der schwarze Bildschirm wird jeweils während 10 Sekunden gezeigt, damit die Testperson genügend Zeit hat, sich ungestört die Funktionen der Tasten einzuprägen. Nach den 45 Sekunden des

<sup>9</sup> SketchUp (2016). <http://www.sketchup.com/de> (letzter Zugriff: 12.10.2016)

Levels wird wiederum der schwarze Bildschirm gezeigt, mit dem Hinweis, dass der Level zu Ende ist und ein weiterer Fragebogenteil folgt. Die Flowgraphs der Levels können bei Interesse im Anhang C gefunden werden.

### ***Aufbau Level 1***

In Level 1 wird nach dem schwarzen Bildschirm direkt der Standpunkt 1 für 15 Sekunden eingeblendet, danach wird zu Standpunkt 2 gewechselt und nach 30 Sekunden folgt Standpunkt 3. Implementiert wird der Standpunktwechsel jeweils mit einer Zeitverzögerung („Time:Delay“) ab dem Start des Levels und der Funktion „Camera:View“. Wie bereits erwähnt wurde, bietet der Level keine Interaktivitätsmöglichkeiten und die Windräder sind immer eingeblendet und rotieren nicht. Die Versuchsperson wird angewiesen, sich die Landschaft auch ohne Windturbinen vorzustellen, um später die Frage nach dem Gefallen der Landschaft mit und ohne Windturbinen beantworten zu können.

### ***Aufbau Level 2***

Level 2 folgt demselben Prinzip wie Level 1. Die Versuchsperson sieht ebenfalls die drei Standpunkte in derselben Reihenfolge. Zusätzlich können die beiden Interaktivitätsmöglichkeiten um die Windräder ein- und auszublenken sowie die Rotoren zu animieren, benutzt werden. Der Testperson wird gesagt, er müsse jede Taste mindestens einmal benutzen, es sei ihm jedoch überlassen, wie oft er sie anschliessend noch betätigen möchte. Alle Infos zu den Interaktivitäten stehen dementsprechend auf dem schwarzen Bildschirm am Anfang.

### ***Aufbau Level 3***

Der Aufbau von Level 3 beinhaltet wie bereits erwähnt nicht die drei Standpunkte, sondern den Kamerapfad. Dieser wird im Spiel-Modus durch einen „InputKey“ abgespielt. Die Interaktivitätsmöglichkeiten können dennoch benutzt werden. Es werden wiederum dieselben Interaktivitätsmöglichkeiten wie in Level 2 geboten. Das Starten der Sequenz im Flowgraph funktioniert mit der Funktion „Animations:PlaySequence“. Der Ablauf vom Start des Levels über den schwarzen Bildschirm (Camera 9) bis zum Start der Sequenz nach zehn Sekunden ist in der folgenden Abbildung ersichtlich.



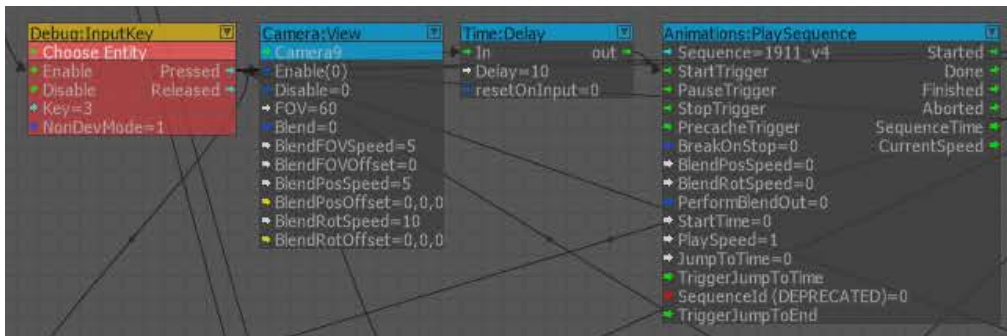


Abbildung 14: Starten des Kamerapfades im Flowgraph der CryENGINE

Der Versuchsperson wird vor dem Level wiederum gesagt, sie müsse alle Tasten mindestens einmal betätigen, der Rest sei einem selbst überlassen.

### Aufbau Level 4

Der grosse Unterschied von Level 4 zu den anderen Levels ist, dass die Standpunkte nicht mit Kameras eingeblendet werden, sondern mit sogenannten *Spawnpoints*<sup>10</sup>. In Videospielen werden *Spawnpoints* als Ausgangspunkt für den Spieler verwendet. Beim Wechsel zu einer Kamera ist es dem Spieler nicht möglich sich zu bewegen, dies ist nur mit einem *Spawnpoint* möglich. Die Funktionsweise ist jedoch genau dieselbe wie bei den anderen Levels für den Ablauf der Perspektiven, es wird lediglich anstelle von „Camera:View“ die Funktion „entity:SpawnPoint“ verwendet. Ebenfalls neu in diesem Level ist die Rundumsicht, mit welcher man die Perspektive in alle Richtungen drehen kann, jedoch am selben Punkt stehen bleibt. Die Testpersonen müssen dazu den rechten Joystick bedienen. Da die anderen beiden Interaktivitätsmöglichkeiten ebenfalls benutzt werden sollen, müssen die Versuchspersonen genau instruiert werden. Sie sollen an jedem der drei Standpunkte möglichst 360 Grad herumschauen und während der 45 Sekunden insgesamt mindestens einmal jeden der anderen vier Knöpfe bedienen.

### Tastenschläge abspeichern

CryENGINE bietet die Möglichkeit, XML-Dokumente mit bestimmten Informationen eines Spieles abzuspeichern. Dies konnte für die Tastenschläge verwendet werden, indem jeweils anfangs des Levels mit einem „InputKey“ ein XML-Dokument erstellt wird, in welches anschliessend bei jedem Tastendruck die Zeit und der Name der Taste hinein gespeichert werden. Schliesslich muss das XML-Dokument wiederum via

<sup>10</sup> CryENGINE (2016). <http://docs.cryengine.com/display/SDKDOC2/Basic+Game+Logic> (letzter Zugriff: 12.10.2016)

„InputKey“ gespeichert werden. Ein automatisches Öffnen und Speichern des Dokumentes beim Start des Levels konnte leider nicht implementiert werden. Die Funktionsweise ist in der folgenden Abbildung ersichtlich.

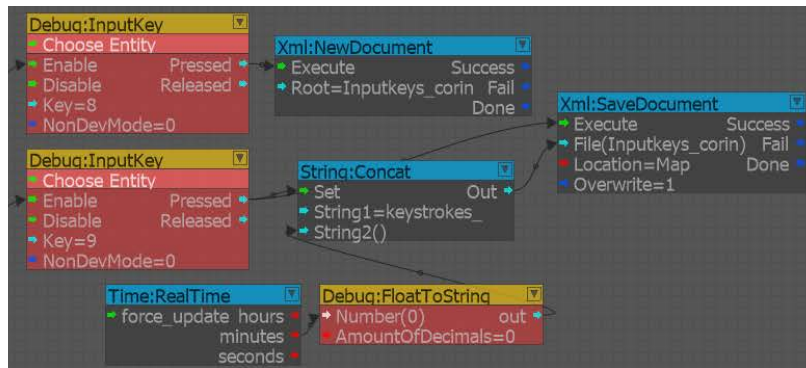


Abbildung 15: XML-Dokument öffnen und speichern im Flowgraph der CryENGINE

Die Zeit des Tastenanschlages konnte nur auf eine Sekunde genau angegeben werden mit der Funktion „Time:RealTime“. Diese Funktion bezieht sich auf die Rechnerzeit und speichert diese via „Xml:SetAttribute“ ins XML-Dokument. In der untenstehenden Abbildung ist die Zeitspeicherung im Flowgraph für das Drücken der Taste 1 ersichtlich.

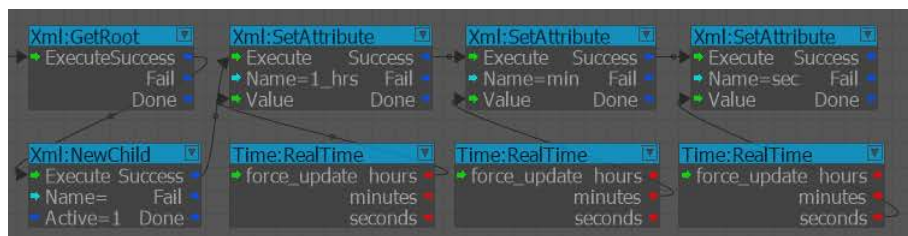


Abbildung 16: Zeitspeicherung eines Tastenanschlages in ein XML-Dokument via Flowgraph der CryENGINE

Die Tastenanschläge werden so für die Tasten 1, 2, 3, 4, X, Y, LS und RS gespeichert. Die Bewegung des Joysticks beim Herumschauen in Level 4 wird nicht abgespeichert. Mit den Tasten X, Y, LS und RS kann die Interaktivitätsnutzung analysiert werden (siehe Kapitel 3.3.2). Die Tastenanschläge der Level-Starts sind unentbehrlich, um die physiologische Emotionsmessung mit der Zeit der Ansichten der Levels zu verknüpfen.

### Übersicht der Tasten

Insgesamt ergeben sich für die Testperson vier Knöpfe und einen Joystick, die sie bedienen darf. Die Studienleitung nutzt sieben Tasten. Die Übersicht der Tasten, deren Abkürzung in den XML-Dokumenten sowie ihre Funktion sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 6: Tastenfunktionen des Xbox-Controllers und der Tastatur

	Taste	XML	Aktion
<b>Testperson</b> Xbox-Controller	X Button	X	Windräder ausblenden
	Y Button	Y	Windräder einblenden
	Shoulder links	LS	Rotoren verlangsamen
	Shoulder rechts	RS	Rotoren beschleunigen
	Joystick rechts	-	Herumschauen in alle Richtungen
<b>Studienleitung</b> Computer-Tastatur	1	1	Level 1 starten
	2	2	Level 2 starten
	3	3	Level 3 starten
	4	4	Level 4 starten
	6	-	Schwarzer Bildschirm
	8	-	XML-Dokument öffnen
	9	-	XML-Dokument speichern

### *Kritik des Visualisierungsaufbaus*

Ein grosser Nachteil des Standpunktwechsels ist, dass Spiel-Engines normalerweise Objekte innerhalb einer gewissen Distanz zum Avatar rendern. Ein abrupter Sprung bedeutet, dass die Objekte teilweise am neuen Ort noch nicht zu 100% geladen sind und sich sprunghaft verändern oder erscheinen. Das Hauptproblem stellte in dieser Visualisierung das Gras dar, welches sich teilweise noch mehrere Sekunden nach dem Standpunktwechsel veränderte. Da durch die fehlende Erfahrung mit Spiel-Engines keine Lösung dieses Problems gefunden wurde, wurde das dreidimensionale Gras ausgeblendet und nur die zweidimensionale Gras-Textur angezeigt. Auch wenn dies den Realitätsgrad stark beeinträchtigt, steht jedoch der Einfluss auf die Emotion im Vordergrund. So sollte sich beispielsweise ein statisches Bild nicht verändern. Ebenfalls beeinträchtigt wurde der Realitätsgrad beim Kamerapfad, da dieser teilweise etwas holprig wirkt und der Horizont nicht immer auf derselben Höhe gehalten werden konnte. Das manuelle Öffnen und Speichern der XML-Dokumente, sowie der improvisierte schwarze Bildschirm sind ebenfalls auf die fehlende Erfahrung zurückzuführen. Dies beeinträchtigt die Visualisierung nicht, bedeutet jedoch einen Mehraufwand für die Studienleitung während der Studie.

### 3.4 Physiologische Emotionsmessung

Wie in Kapitel 2.2 bereits erwähnt wurde, werden zur Bestimmung der Emotion physiologische Messverfahren eingesetzt. Basierend auf den Erkenntnissen aus Kapitel 2.2.1 wurde das zweidimensionale Emotionsmodell mit den Dimensionen Valenz und Erregung als Basis gewählt (Wundt 1896; Russel 1980). Aus der Vielzahl an Möglichkeiten, Emotion physiologisch zu messen, wurden die elektrodermale Aktivität (EDA) und die elektrische Muskelaktivität (EMG) ausgewählt. Die Erregung wird mit der Messung der Hautleitfähigkeit bestimmt, wobei ein hoher Wert hohe Erregung bedeutet (Boucsein 2012; Dawson, Schell und Filion 2007; Braithwaite et al. 2013). Die Valenz ergibt sich aus der Messung des Zygomaticus major (Lachmuskel), der für positive Affekte steht und des Corrugator supercilii (Stirnrunzler), der negative Affekte anzeigt (Larsen, Norris und Cacioppo 2003; Hazlett und Hazlett 1999; Bradley und Lang 2000).

Es wurden Geräte von BIOPAC Systems Inc.<sup>11</sup> verwendet, die sich zusammen mit der Software AcqKnowledge 4.4<sup>12</sup> ideal zur Datenaufnahme und Analyse eignen. Für die Messung wird in erster Linie das Element MP150 benötigt, welches die Daten übermittelt. Zusätzlich können Verstärker für die gewünschte Art der Messung angeschlossen werden. Für die EMG-Messungen wurde das Element EMG2-R mit dem Bionomadix Wireless Empfänger benutzt. Für die EDA-Messung wurde das Element PPGED-R ebenfalls mit dem entsprechenden Bionomadix Wireless Empfänger verwendet. Die Geräte sind in der untenstehenden Abbildung ersichtlich.



Abbildung 17: BIOPAC Systeme MP150, EMG2-R und PPGED-R (v.l.n.r.) (Quelle: www.biopac.com)

<sup>11</sup> <https://www.biopac.com/> (letzter Zugriff: 19.09.2016)

<sup>12</sup> <https://www.biopac.com/product/acqknowledge-software/> (letzter Zugriff: 19.09.2016)



Um eine Messung zu starten, müssen zuerst die Kanäle der zu verwendenden Module am Element selber so eingestellt werden, dass jede Messung auf einem unterschiedlichen Kanal stattfindet. Anschliessend müssen in AcqKnowledge unter „Set Up Data Acquisition“ die entsprechenden Module und Kanäle ausgewählt und kalibriert, sowie die Abnahmerate eingestellt werden. Empfohlen wird eine Abnahmerate mit 1000 bis 2000 Abnahmen pro Sekunde (für beide Messungen) und eine Verstärkung von mindestens 1000 bei EMG-Messungen (Braithwaite et al. 2013; Fridlund und Cacioppo 1986). Das Modul EMG2-R verfügt über eine Verstärkung von 2000 und es wurde eine Abnahmerate von 2000 Hertz gewählt für beide Module. Wird die Aufnahme gestartet, kann das Signal direkt in AcqKnowledge überprüft und die Position der Elektroden oder der Kabel bei einem unsauberen Signal allenfalls angepasst werden. Die Software bietet die Möglichkeit, per Tastendruck Marker zu setzen, welche oberhalb der Kanäle angezeigt werden und deren Zeit via „Journal“ herausgelesen werden kann. Diese Funktion wurde verwendet, um den Anfang und das Ende der Baseline, sowie den EDA-Atemtest und die maximale Anspannung der beiden untersuchten Gesichtsmuskeln zu kennzeichnen. Der Start der Levels konnte nicht per Marker gesetzt werden, da AcqKnowledge und die CryENGINE auf demselben Computer liefen und vom Launcher der CryENGINE aus auf kein anderes Programm zugegriffen werden kann. Deshalb wurde der Start der Levels durch den jeweiligen Tastendruck in der CryENGINE abgespeichert. AcqKnowledge speichert die Anfangszeit der Messung, danach wird jedoch die Zeit in Sekunden ab Beginn angezeigt. Da beide Programme auf Rechnerzeit laufen, mussten die Zeiten aus der Cryengine für AcqKnowledge umgerechnet werden. In den folgenden beiden Kapiteln werden genauere Angaben zur Vorbereitung der Messung und der Analyse der physiologischen Signale präsentiert.

### 3.4.1 Messung der Gesichtsmuskelaktivität

Die Qualität einer EMG-Messung hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie bereits in Kapitel 2.2.1 beschrieben wurde. In der Studie wurde die Haut der Testpersonen zuerst mit in 70-prozentigem Isopropylalkohol getränkten Tupfern gesäubert und mit NuPrep Gel eingerieben, welches den Hautwiderstand verringert. Die Haut wurde anschliessend mit einem Papiertaschentuch getrocknet, damit die Elektroden gut kleben. Bei den verwendeten Elektroden handelt es sich um Hydrogel-Elektroden mit einem Ag/AgCl Sensor mit Druckknopf (siehe Abbildung 18). Die Elektroden sollten jeweils möglichst nahe nebeneinander platziert werden, optimal ist ein Zentimeter Abstand



Abbildung 18: Hydrogel-Elektrode

(Fridlund und Cacioppo 1986). Die verwendeten Elektroden haben einen Durchmesser von 24 mm, womit der Abstand etwas grösser als der empfohlene ist, jedoch sind kleinere Druckknopf-Elektroden kaum erhältlich. Die Platzierung der Elektroden am Zygomaticus

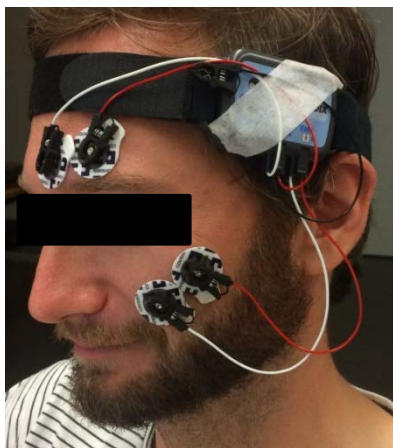


Abbildung 19: EMG-Messung an Versuchsperson, eigenes Foto

major und am Corrugator supercilii entspricht der Beschreibung in Kapitel 2.2.1 anhand der Richtlinien von Fridlund und Cacioppo (1986). Die Elektroden sind jeweils per Kabel mit dem Bionomadix Messgerät verbunden, wobei dieser mit einem Stirnband seitlich am Kopf getragen werden kann. Die empfohlene dritte Elektrode, die als Erde dient, wurde in dieser Studie nicht verwendet. Bei der Auswertung der Testmessung konnte kein Vorteil der Erde bei der Signalfilterung gefunden werden und so wurde Verbrauchsmaterial gespart. Das dritte Kabel

wurde dann jeweils an das Bionomadix Messgerät hochgeklebt, damit die Versuchsperson keine Kabel im Sehfeld hatte. In Abbildung 19 ist der Proband bereit für die EMG-Messung.

Das EMG-Signal befindet sich meist im Bereich zwischen 0.01 und 5 Millivolt (mV) (Motion Lab Systems 2009). Die folgende Abbildung zeigt ein während der Studie gemessenes typisches Signal, wobei der obere Kanal die Werte des Corrugators zeigen und die unteren die des Zygomaticus. Auf der X-Achse wird die Zeit in Sekunden angezeigt, wobei in dieser Darstellung ca. acht Sekunden abgebildet sind. Auf der Y-Achse wird die Intensität des Signals in Millivolt (mV) angezeigt.

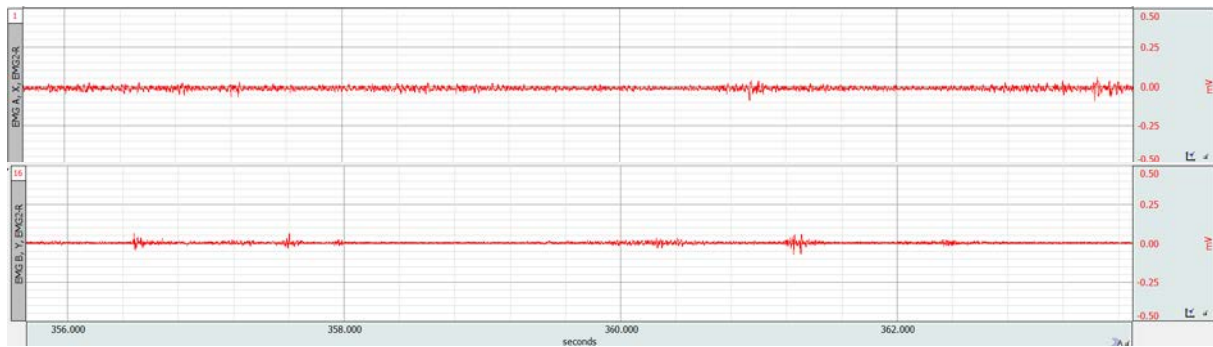


Abbildung 20: EMG-Signal des Corrugators (oben) und des Zygomaticus (unten) in AcqKnowledge 4.4

Die Werte des Corrugator und des Zygomaticus liegen in dieser Darstellung unter 0.1 mV. Die Messungen können sehr unterschiedlich ausfallen, da die Belastung und somit Aktivität der Muskeln sich von Person zu Person unterscheiden kann und Frauen oft auch expressiver sind als Männer (Greenwald, Cook und Lang 1989; Kring und Gordon 1998; Dimberg und Lundquist 1990; Lang et al. 1993).

### **Signalverarbeitung**

Das Rohsignal kann auf verschiedene Arten analysiert werden, um mehr über die Muskelaktivität erfahren zu können. EMG-Messungen werden oft gebraucht, um zu testen ob ein Muskel gesund ist oder nicht. Dazu werden Analysen der Reaktion des Muskels bei einer Aktivität durchgeführt und dabei in kleinen Zeitfenstern genauestens untersucht. Für diese Studie wird jedoch das Signal über 45 Sekunden angeschaut ohne dabei kleinere Ausschnitte genauer zu analysieren. Die Messungen des Corrugators und des Zygomaticus wurden analog verarbeitet. Es wurden jeweils die 45 Sekunden der Levels der Emotionsmessung einzeln abgespeichert, um dann die folgenden Schritte durchzuführen. Als erstes wurden die Rohsignale beider Kanäle mit einem Bandpass Filter von 10-1000 Hertz gefiltert, um das Rauschen zu reduzieren. Danach wurde für beide Kanäle der *Root Mean Square* (RMS) mit einem Intervall von 0.01 Sekunden berechnet, sodass alle Werte im positiven Bereich lagen. Dann wurde eine *Maximum Voluntary Contraction Normalization* (MVC) angewendet, indem die RMS-Werte durch den maximalen Wert der Grundmessung geteilt wurden. Bei dieser Messung mussten die Testpersonen den Muskel maximal anspannen, womit man nach der Normalisierung Prozentzahlen der maximal möglichen Muskelaktivität erhält (Motion Lab Systems 2009). Diese maximalen Werte konnten aus der Test-Phase mit dem Measurement-Werkzeug herausgelesen werden. Der Mittelwert der normalisierten RMS-Werte kann dann für jeden Teilnehmenden zwischen den Levels verglichen werden und jeder Level kann über alle Testpersonen hinweg analysiert werden.

Die Werte reichen von 0 bis 100 für beide Muskeln, wobei 0 jeweils eine neutrale Valenz bedeutet und 100 beim Corrugator für die negativste und beim Zygomaticus für die positivste Valenz steht. Die mit dieser Methodik berechneten Resultate können in Kapitel 4.2.1 eingesehen werden.

### 3.4.2 Messung der Hautleitfähigkeit

Die Messung der Hautleitfähigkeit wird wie bereits erwähnt entweder an der Handinnenseite oder an der Fußsohle vorgenommen. An diesen Stellen ist die Epidermis



Abbildung 21: EDA-Messung an Versuchsperson, Foto T. Ingold

(äusserste Hautschicht) am dicksten, weswegen die elektrodermalen Phänomene am stärksten ausgeprägt sind (Dawson, Schell und Filion 2007). Für die Studie wurden der Daumenballen und der Kleinfingerballen für die Positionierung der beiden Elektroden gewählt. Diese Position eignete sich besser als die Finger beim Halten des Xbox Controllers. Das Bionomadix Messgerät wurde jeweils etwas hinter dem Handgelenk angebracht, damit dieses frei bewegt werden konnte und die Kabel nicht abgeklemmt wurden (siehe Abbildung 21). Die Vorbereitung der Haut wurde analog zur

EMG-Messung vorgenommen. Bei Personen mit einer sehr hohen Schweißbildung an den Handinnenflächen wurden die Elektroden zusätzlich mit hautverträglichem Klebeband befestigt. Das Bionomadix Gerät generiert einen Stromfluss von 0.5 mV zwischen den beiden Elektroden, womit der Hautwiderstand gemessen werden kann. Typische Werte des gemessenen Rohsignals liegen im Bereich von 2 - 20 Mikrosiemens ( $\mu\text{S}$ ), wobei sie im Extremfall bis zu 100  $\mu\text{S}$  betragen können (von Leupoldt und Ritz 2008). In Abbildung 22 ist ein typisches Rohsignal während acht Sekunden abgebildet, welches im Bereich von 15  $\mu\text{S}$  liegt. Die X-Achse beschreibt analog zu Abbildung 20 die Zeit in Sekunden und die Y-Achse die Intensität des Signals, hier in Mikrosiemens ( $\mu\text{S}$ ).

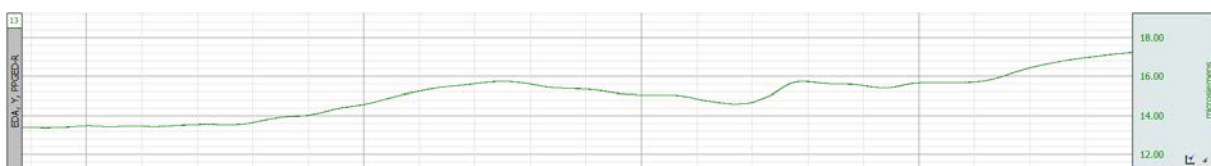


Abbildung 22: EDA-Rohsignal (Dauer: acht Sekunden) in AcqKnowledge 4.4

Wie in Kapitel 2.2.1 bereits erklärt wurde, gehören die phasische (SCR) und die tonische (SCL) Komponente zur Hautleitfähigkeit. Beide variieren von Person zu Person, weshalb eine Normalisierung vorgenommen werden muss, um die Veränderungen unter den Testpersonen vergleichen zu können. Für eine Normalisierung muss eine Baseline aufgenommen werden, welche den Grundwert der Testperson widerspiegelt. Basierend auf den Erkenntnissen von Braithwaite et al. (2013) wurde eine Baseline-Periode von zwei Minuten gewählt, wobei die Testpersonen mit geschlossenen Augen still auf einem Stuhl sitzen. Die Baseline Messung wurde zu Beginn und am Ende der Studie durchgeführt, da ursprünglich diese beiden Messungen verglichen werden sollten. Schlussendlich wurde jedoch nur die erste Baseline in die Auswertung mit einbezogen. Ebenfalls nicht in die Auswertung eingeflossen sind die Werte einer Zusatzmessung der Hautleitfähigkeit mit dem E4 Armband von Empatica<sup>13</sup>. Diese wurde gemacht, da die EDA-Messungen mit BIOPAC in den Vortests teilweise aussetzten, während der Studie funktionierten sie jedoch einwandfrei.

### *Signalverarbeitung*

Für die Datenauswertung wurden jeweils die 45 Sekunden der Levels der Emotionsmessung einzeln abgespeichert und ebenfalls eine 45 Sekunden Periode aus der Baseline ausgeschnitten. Meist wurden die letzten 45 Sekunden gewählt, ausser wenn Störungen im Signal vorkamen. Die elektrodermale Aktivität kann auf verschiedene Arten ausgewertet werden, wobei für diese Arbeit Methoden von Braithwaite et al. (2013) gewählt wurden. Für die Analyse der momentanen Emotion ist die phasische Komponente des Signals von Interesse, da dieses Informationen über die kurzzeitige Veränderung der Erregung beinhaltet. Als erstes wurde das Signal geglättet, danach konnte mit AcqKnowledge der phasische Teil des Signals extrahiert werden. Anschliessend wurde das Signal mit der Spannweite vom minimalen zum maximalen Wert der SCR während den Levels und der Baseline normalisiert. Dann konnte die *Area Under Curve* (AUC) für jeden Level und für die Baseline herausgelesen werden, womit die zweite Normalisierung vorgenommen wurde. Diese wurde mit der folgenden Formel von Antonenko et al. (2010) berechnet, deren Ergebnis die Veränderung gegenüber der Baseline darstellt.

$$\frac{(\text{Baseline AUC} - \text{Level AUC}) * 100}{\text{Baseline AUC}}$$

---

<sup>13</sup> Empatica (2016). <https://www.empatica.com/e4-wristband> (letzter Zugriff: 08.12.2016)

Ein negativer Wert bedeutet einen Anstieg des SCR-Wertes gegenüber der Baseline, ein positiver Wert hingegen, dass der SCR-Wert gesunken ist. Mit den über die Spannweite normalisierten SCR-Werten können Veränderungen der Mittelwerte von einer Person verglichen werden. Möchten verschiedene Versuchspersonen miteinander verglichen werden, werden die Mittelwerte der baseline-normalisierten SCR-Werte verglichen. Die mit dieser Methodik berechneten Resultate können in Kapitel 4.2.2 gefunden werden.

### **3.5 Fragebogen**

Mit dem Fragebogen soll die Emotion ermittelt, sowie die Haltung gegenüber Windenergie abgefragt werden. Zusätzlich werden Fragen zur Wahrnehmung der Visualisierung und der Interaktivität gestellt sowie persönliche Fragen zu Beginn der Studie. Für das Erstellen und Erheben des digitalen Fragebogens wurde Onlineumfragen.com<sup>14</sup> verwendet. Grundlage für die Gestaltung des Fragebogens waren die Richtlinien von Klöckner und Friedrichs (2014). In den folgenden Abschnitten wird zuerst der Aufbau der verschiedenen Fragebogenteile vorgestellt und danach die Fragen zum Thema Emotion präsentiert. Anschliessend werden die Fragen zur Haltung gegenüber Windenergie erläutert und die sonstigen Fragen vorgestellt. Der gesamte Fragebogen ist im Anhang A aufgeführt.

#### *Aufbau des Fragebogens*

Wie bereits im Ablauf der Studie in Kapitel 3.2.2 ersichtlich war, gibt es sechs Fragebogenteile. Einen Teil zu Beginn der Studie (Pretest), einen am Ende (Posttest), sowie nach jedem Level einen weiteren Teil. Der Fragebogenteil nach den Levels ist dabei immer identisch und gewisse Fragen davon werden auch im Pre- und Posttest gestellt, um die Veränderung der Antwort über die Zeit hinweg analysieren zu können. Die Emotionsfragen müssen dabei direkt nach der Ansicht der Levels gestellt werden, damit der Eindruck möglichst frisch ist und die Antwort mit der physiologischen Messung verglichen werden kann. Zudem werden Fragen zu den Visualisierungen selbst gestellt, an welche sich die Versuchsperson wohlmöglich am Ende der Levels nicht mehr erinnern könnte.

---

<sup>14</sup> <https://www.onlineumfragen.com/> (letzter Zugriff: 29.09.2016)

## Emotion

Um die Emotion mittels Fragebogen zu messen, wurden zwei Ansätze gewählt. Einerseits wird das *Self-Assessment-Manikin* (SAM) von Lang (1980) verwendet und andererseits das semantische Differential mit den Adjektiv-Gegensatzpaaren aus dem *Circumplex Model of Affect* von Russel (1980). Von den drei Dimensionen des SAM wurden nur die Valenz und die Erregung verwendet, da diese mit den physiologischen Messungen vergleichbar sind. Die beiden Bilderfolgen wurden jeweils mit der Frage „Welches Bild passt am besten zu Ihrer jetzigen Gefühlslage?“ angezeigt. Wie bereits in Kapitel 3.5 erklärt wurde, hat die Testperson neun Auswahlmöglichkeiten, da auch zwischen den fünf Bildern jeweils ein Kreuz gesetzt werden kann. Die Adjektiv-Gegensatzpaare aus dem *Circumplex Model of Affect* wurden mit der Frage: „Wie stark treffen folgende Adjektive auf Ihr momentanes Befinden zu?“ eingeleitet. Die Testpersonen konnten auf einer Skala mit sieben Punkten angeben, wie sehr die Adjektive zutreffen. Die Darstellung im digitalen Fragebogen ist in der folgenden Abbildung ersichtlich.

wachsam	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	müde
aufgeregt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	gelangweilt
ermutigt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	deprimiert
glücklich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	traurig
zufrieden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	verärgert
gelassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	gestresst
entspannt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	nervös
ruhig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	angespannt

Abbildung 23: Darstellung des semantischen Differentials im Fragebogen

Da das *Circumplex Model of Affect* auch auf der Valenz und Erregung basiert, können diese Resultate ebenfalls mit der physiologischen Messung verglichen werden. Bradley und Lang (1994) haben eine Korrelation zwischen den Messungen der Emotion per SAM und dem *Circumplex Model of Affect* gefunden. Die Kombination der zwei Fragetypen wirkt dementsprechend unterstützend und verhilft zu einer genaueren Einschätzung der Emotion.

## Haltung gegenüber Windenergie

Um die Haltung der Testpersonen gegenüber Windenergie ausfindig zu machen, wurden vier verschiedene Fragen benutzt. Die Frage: „Wie stehen Sie zu Windenergie im Speziellen?“, welche auf einer sieben-Punkte Skala von *stark dafür* bis *stark dagegen* beantwortet werden konnte, wurde in jedem Fragebogenteil gestellt. Die anderen drei Fragen kamen nur im Pre- und Posttest vor. Diese beinhalteten die generelle Haltung

gegenüber erneuerbaren Energien sowie eine Frage zur Wahrnehmung von Windenergieanlagen. Bei der Interpretation der Resultate ist hier das Phänomen der sozialen Erwünschtheit speziell zu beachten, welches besagt, dass gewisse Studienteilnehmende ihre Antwort der sozialen Norm anpassen (Klößner und Friedrichs 2014).

### ***Sonstige Fragen (Visualisierung, Interaktivität, Personalien)***

Zu den Fragen, die nach jedem Level gestellt wurden, gehören auch drei Fragen zum Realitätsgrad der Visualisierung. Zudem wurde jeweils das Gefallen der Landschaft mit und ohne Windturbinen abgefragt, um zu analysieren, ob die Landschaftsveränderung einen Einfluss darauf hat. Im Pretest wurde das Alter und Geschlecht der Testpersonen, sowie die Erfahrung mit Videospiele abgefragt. Im Posttest wurde gefragt, welcher Level einem am besten gefiel und wie man deren Länge fand. Anschliessend konnte man in offenen Fragen berichten, ob einem an den Visualisierungen etwas besonders gut gefiel und ob etwas störte oder gefehlt hat. Schliesslich wurde noch gefragt, wie gut man mit der Navigation zurechtkam und wie man die physiologische Messung wahrnahm. Mit der Frage nach sonstigen Anmerkungen endete der Fragebogen.

Anhand der Fragen nach dem Realitätsgrad kann dessen Zusammenhang mit der Emotion untersucht werden. Der Vergleich der Landschaft mit und ohne Windturbinen hilft bei der Einschätzung der Haltung gegenüber Windenergie sowie beim Einfluss des Grades an Interaktivität auf das Gefallen der Landschaft. Die Fragen nach Erfahrung mit Videospiele und der Bedienung des Xbox Controllers wurden eingesetzt, um deren Zusammenhang mit der Emotion und der Interaktivitätsnutzung analysieren zu können. Mit den offenen Fragen im Posttest sollten schliesslich Gründe für negativere oder positivere Bewertungen und Emotionen der Levels gefunden werden.

### **3.5.1 Vergleich der Methoden der Emotionsmessung**

Um die physiologisch gemessene Emotion und jene des Fragebogens miteinander vergleichen zu können, wurden die Methoden so gewählt, dass beide Messungen den beiden Dimensionen Valenz und Erregung folgen. Die Dimensionen werden zuerst einzeln betrachtet, bevor sie in einer zweidimensionalen Darstellung verglichen werden können. Der Vergleich der Valenz wird in der folgenden Abbildung verdeutlicht. Dabei ist die Bilderfolge der SAM-Valenz dargestellt mit der dazugehörigen 9-Punkte Skala. Darunter ist die mögliche Ausprägung der Messwerte der Gesichtsmuskelaktivität dargestellt.



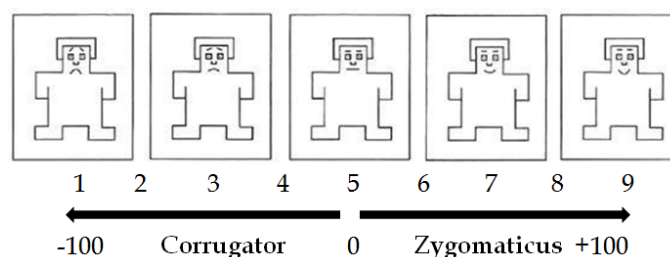


Abbildung 24: Zusammenhang der Valenz-Messungen von Fragebogen und physiologischer Messung

Der Zygomaticus bestimmt den positiven Teil der Valenz, wobei der Corrugator die negative Komponente darstellt. Beide können maximal den Wert 100 annehmen, da die verarbeiteten Signale in Prozent der maximalen Muskelanspannung angegeben sind. Da mit der Emotionsmessung anhand des SAM nur ein Wert besteht, entsteht die Frage, wie der Zygomaticus und Corrugator miteinander verrechnet werden sollen, um einen vergleichbaren Valenzwert zu bestimmen. Partala, Surakka und Vanhala (2005) berechneten dazu lediglich die Differenz der normalisierten Werte der beiden Messungen. Beim Vergleich der EMG-Differenzwerte mit Emotionsmessungen anhand von Selbsteinschätzungs-Fragebögen ergaben sich hohe Korrelationen.

Der Vergleich ist für die Erregungs-Dimension etwas komplizierter, da es für die Werte der Hautleitfähigkeit kein Minimum und Maximum gibt, weder bei den SCR-Werten noch bei den baseline-normalisierten Werten. Die Normalisierung der SCR-Werte über den Wertebereich ergibt zwar ein Minimum und Maximum, dies könnte jedoch nicht mit jenen des SAM verglichen werden, weil die Ausprägungen nicht übereinstimmen. Da bei diesem Vergleich nur die relativen Werte behandelt werden können, muss eine Rangkorrelation nach Spearman durchgeführt werden.

Die Daten des SAM-Fragebogens können in einem XY-Diagramm zweidimensional dargestellt werden. Auch die Resultate des *Circumplex Model of Affect* können als Netzdiagramm zweidimensional aufgezeigt werden. Bei den physiologischen Messungen stellen hier wiederum die Ausprägungen der Hautleitfähigkeit ein Problem dar. Die Achsen werden entsprechend der bestehenden Datenausprägungen der baseline-normalisierten SCR-Werte gewählt, um zumindest einen optischen Vergleich der Tendenzen vornehmen zu können.

### ***Kritische Betrachtung der Emotionsmessung***

Die physiologische und psychometrische Messung der Emotion bringt einige Unsicherheiten mit sich. Bei den physiologischen Messungen ist die Qualität von vielen Faktoren abhängig und die Wahl des Analyseverfahrens kann die Resultate stark

beeinflussen. Im Fragebogen können sich die Fragen durch den Kontext und die Reihenfolge gegenseitig beeinflussen, wodurch Positions-, Ausstrahlungs- oder Halo-Effekte entstehen können (Raithel 2006). Aus diesen Gründen muss bei der Interpretation stets die Wahl der Methodik mit einbezogen werden.

## 4 Resultate

Im folgenden Kapitel werden die Resultate der Studie präsentiert. Zuerst werden die Resultate des Fragebogens erläutert, danach jene der physiologischen Emotionsmessungen und schliesslich die Analyse des Vergleiches zwischen den beiden.

Für die statistische Auswertung wurde das Programm *IBM SPSS Statistics 23*<sup>15</sup> benutzt. Es wurde ein Signifikanzniveau von 0.05 gewählt. Somit sind alle Testresultate signifikant, deren  $p$ -Wert ( $p$ ) unter diesem Grenzwert liegt. Die den statistischen Tests zugehörigen Balkendiagramme beinhalten zur Kennzeichnung von signifikanten Resultaten jeweils eine Markierung des Signifikanzniveaus: ein Stern (\*) steht für  $p < 0.05$ , zwei Sterne (\*\*) für  $p < 0.01$  und drei Sterne (\*\*\*) für  $p < 0.001$ . Bei Darstellungen von Mittelwerten wird ein Fehlerbalken von  $\pm 2$  Standardfehler aufgeführt. Um Unterschiede zwischen verbundenen Stichproben ausfindig zu machen, wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung verwendet. Für den Vergleich von nur zwei Variablen wurde ein  $t$ -Test für abhängige Stichproben durchgeführt. Um Zusammenhänge zu untersuchen, wurden Korrelationen nach Spearman berechnet. Die Datenbeschreibung führt jeweils den Mittelwert ( $M$ ) und die Standardabweichung ( $SD$ ) auf. Bei einem  $t$ -Test werden neben dem Signifikanzniveau der  $t$ -Wert ( $t$ ) und die Effektstärke ( $r$ ) nach Cohen (1992) angegeben. Bei einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung werden der  $F$ -Wert, das Signifikanzniveau, das partielle Eta-Quadrat ( $\eta^2$ ) und die Effektstärke ( $f$ ) nach Cohen (1988) aufgeführt. Bei einem signifikanten Ergebnis wurde der paarweise Vergleich zur weiteren Analyse verwendet. Bei einer Rangkorrelation wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman ( $r_s$ ) und das Signifikanzniveau angegeben, sowie eine Einordnung der Effektstärke nach Cohen (1992) vorgenommen. Alle Resultate wurden auf den Einfluss der Rotation der Levels (*Latin Square*) getestet und sind unabhängig von der Abfolge der Levels.

### 4.1 Fragebogen

Die Resultate des digitalen Fragebogens werden in drei Teilen präsentiert. Zuerst werden die Angaben der Teilnehmenden zu ihrer Person sowie ihrer Haltung gegenüber erneuerbaren Energien dargestellt. Anschliessend wird die Veränderung der Emotion während der Studie erläutert und zum Ende Fragen zu Eigenschaften der Studie beschrieben.

---

<sup>15</sup> <https://www-01.ibm.com/software/ch/de/analytics/spss/> (letzter Zugriff: 30.12.2016)

### 4.1.1 Persönliche Fragen

Es haben insgesamt 31 Personen an der Studie teilgenommen, wovon 16 weiblich (48.4%) und 15 männlich (51.6%) sind. Das durchschnittliche Alter der Testpersonen liegt bei 28 Jahren (Spannweite 22 – 56 Jahre), wobei 90% der Teilnehmenden unter 30 Jahre alt sind.

#### *Erfahrung mit Videospielen*

Auf einer Skala von eins bis fünf (eins = viel, fünf = keine), mussten die Testpersonen angeben, wie viel Erfahrung sie mit Videospielen haben. Der Mittelwert liegt bei  $M = 3.16$  ( $SD = 1.32$ ), wobei eine Mehrheit von zwölf Testpersonen angegeben hat, wenig Erfahrung zu haben. Dieser Mittelwert unterscheidet sich bei einer Unterteilung nach Geschlecht signifikant ( $t = 6.96, p < 0.001, n = 31$ ). Die Effektstärke liegt bei  $r = 0.88$  und entspricht damit einem starken Effekt nach Cohen (1992). Bei weiblichen Testpersonen beträgt der Mittelwert  $M = 4.2$  ( $SD = 0.56$ ) und bei männlichen  $M = 2.19$  ( $SD = 0.96$ ), demzufolge haben die männlichen Teilnehmenden mehr Erfahrung mit Videospielen. In Abbildung 25 ist der Unterschied klar ersichtlich. Auf der X-Achse sind die Antwortmöglichkeiten aufgeführt und auf der Y-Achse wird die jeweilige Antworthäufigkeit dargestellt. Zudem sind die Antworten nach Geschlecht unterteilt.

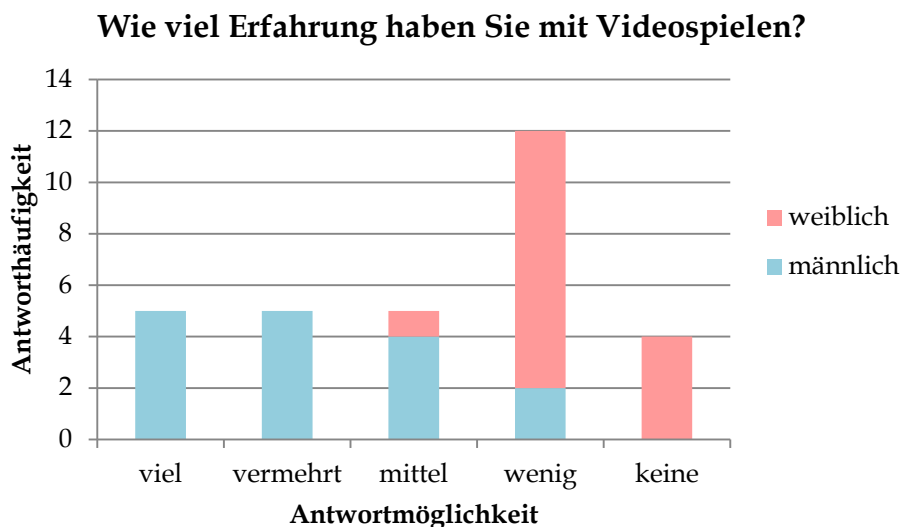


Abbildung 25: Antworthäufigkeiten der Frage nach Erfahrung mit Videospielen (unterteilt nach Geschlecht)

#### *Haltung gegenüber erneuerbaren Energien*

Die Haltung gegenüber erneuerbaren Energien wurde anhand von vier Fragen geprüft. Als erstes mussten die Testpersonen auf einer Sieben-Punkte-Skala von eins = *stark dafür* bis sieben = *stark dagegen* angeben, wie sie zu erneuerbarer Energie stehen, und in der

anschliessenden Frage dasselbe spezifisch zur Windenergie beantworten. Anschliessend sollten sie auf einer Fünf-Punkte-Skala von eins = *prioritär* bis fünf = *gar nicht* angeben, wie stark ihrer Meinung nach gewisse Energieformen gefördert werden sollten (Wasserkraft, Windenergie, Sonnenenergie, Geothermie, Gas, Atomenergie, Biomasse und Holz). Zuletzt mussten sie angeben, wie stark Adjektive für sie auf Windenergieanlagen zutreffen, wobei eine Sieben-Punkte-Skala zwischen jeweils zwei gegensätzlichen Adjektiven bestand (*leise - laut*, *sinnvoll - unnützlich*, *leistungsstark - leistungsschwach*, *ästhetisch - unästhetisch*, *beruhigend - bedrohlich*).

Die Testpersonen haben betreffend erneuerbaren Energien im Durchschnitt mit *sehr dafür* geantwortet ( $M = 1.82$ ,  $SD = 0.69$ ). Ihre Haltung dazu hat sich vom Pre- zum Posttest nicht signifikant geändert. Bei Windenergie im Speziellen haben die Teilnehmenden ebenfalls durchschnittlich mit *sehr dafür* geantwortet ( $M = 2.32$ ,  $SD = 0.86$ ) und es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den sechs Fragebogenteilen. Die Mittelwerte und die Standardabweichung der Antworten auf die Frage nach der Förderung der einzelnen Energieformen sind in der folgenden Tabelle ersichtlich.

Tabelle 7: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) zur Frage nach dem Fördern von Energieformen, 1 = prioritär, 5 = gar nicht

	<b>Wasser</b>	<b>Wind</b>	<b>Sonne</b>	<b>Geothermie</b>	<b>Gas</b>	<b>Bio/Holz</b>	<b>Atom</b>
<b>M =</b>	1.71	2.00	1.55	2.39	2.39	3.71	4.56
<b>SD =</b>	0.66	0.72	0.59	0.80	0.80	0.66	0.67

Die Testpersonen sind durchschnittlich *sehr dafür* bei Wasserkraft, Windenergie, Sonnenenergie, Geothermie und Gas. Bei Biomasse und Holz *neutral* und bei Atomenergie im Schnitt *eher dagegen*.

Die letzte Frage mit den Adjektivpaaren hat ergeben, dass die Testpersonen Windenergie durchschnittlich als *neutral* betreffend Lautstärke ( $M = 4.15$ ,  $SD = 1.23$ ), deutlich als *sinnvoll* ( $M = 2.10$ ,  $SD = 1.07$ ), eher *leistungsstark* ( $M = 3.32$ ,  $SD = 1.17$ ), *neutral* betreffend Ästhetik ( $M = 3.84$ ,  $SD = 1.43$ ) und als eher *beruhigend* ( $M = 3.34$ ,  $SD = 1.05$ ) einstufen.

Die Antworten des Pre- und des Posttests wurden verglichen und zeigten keine signifikanten Unterschiede der Antworten zu den Energieformen. Bei der letzten Frage wurde für das Adjektivpaar *ästhetisch - unästhetisch* ein signifikanter Unterschied gefunden, bei allen anderen hat sich die Haltung der Testpersonen nicht verändert. Der signifikante Unterschied ( $t = 3.50$ ,  $p < 0.01$ ,  $n = 31$ ) wurde zwischen den Antworten des Pre- und des Posttestes ermittelt, der mit  $r = 0.54$  einem starken Effekt nach Cohen (1992) entspricht. Der Mittelwert beträgt im Pretest  $M = 4.13$  ( $SD = 0.25$ ) und im Posttest  $M = 3.55$  ( $SD = 0.25$ ),

demzufolge empfanden die Testpersonen Windenergie im Nachhinein als tendenziell etwas ästhetischer.

#### 4.1.2 Fragen zur Emotion

Wie in Kapitel 3.5 bereits erklärt wurde, wird die Emotion im Fragebogen mit zwei Konzepten ermittelt. Es werden zuerst die Resultate der Valenz und Erregung des *Self-Assessment-Manikins* (SAM) präsentiert und anschliessend die acht semantischen Differentiale des *Circumplex Model of Affect* analysiert.

##### *Self-Assessment-Manikin*

Mit dem SAM wurden die beiden Dimensionen Valenz und Erregung erfasst. Die Testpersonen wurden gefragt, welches Bild am besten zu ihrer momentanen Gefühlslage passt und sie konnten auf einer Neun-Punkte-Skala von eins = tief (unglücklich, ruhig) bis neun = hoch (glücklich, erregt) das entsprechende auswählen. Bei der Valenz ergibt sich ein Mittelwert von  $M = 7.41$  ( $SD = 0.96$ ) und bei der Erregung  $M = 4.26$  ( $SD = 2.01$ ). Die Testpersonen waren insofern über die Studie hinweg gesehen eher glücklich und nur wenig erregt. Die Entwicklung der Valenz ist in Abbildung 26 gesamthaft und nach Geschlecht aufgeteilt dargestellt. Auf der X-Achse sind die jeweiligen Fragezeitpunkte aufgeführt und auf der Y-Achse wird der Mittelwert der Valenz nach SAM abgebildet.

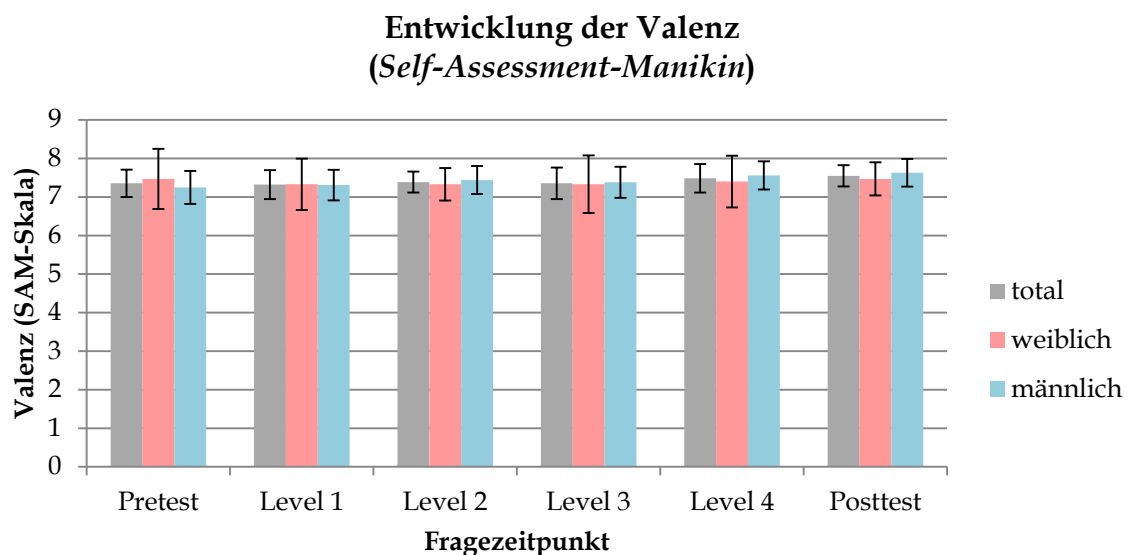


Abbildung 26: Entwicklung der SAM-Valenz, gesamthaft und unterteilt nach Geschlecht (Mittelwerte  $\pm 2$  Standardfehler)

Die Valenzwerte haben sich über die Studie hinweg nicht signifikant verändert und liegen alle in einem ähnlichen Bereich. Eine Aufteilung nach Geschlecht ergibt über alle

Fragezeitpunkte hinweg für weibliche Versuchspersonen einen Mittelwert von  $M = 7.39$  ( $SD = 1.13$ ) und für männliche  $M = 7.40$  ( $SD = 0.76$ ). Die Werte der Dimension Erregung können Abbildung 27 entnommen werden. Auf der X-Achse ist der jeweilige Fragezeitpunkt und auf der Y-Achse der Wert der Erregung nach SAM aufgeführt.

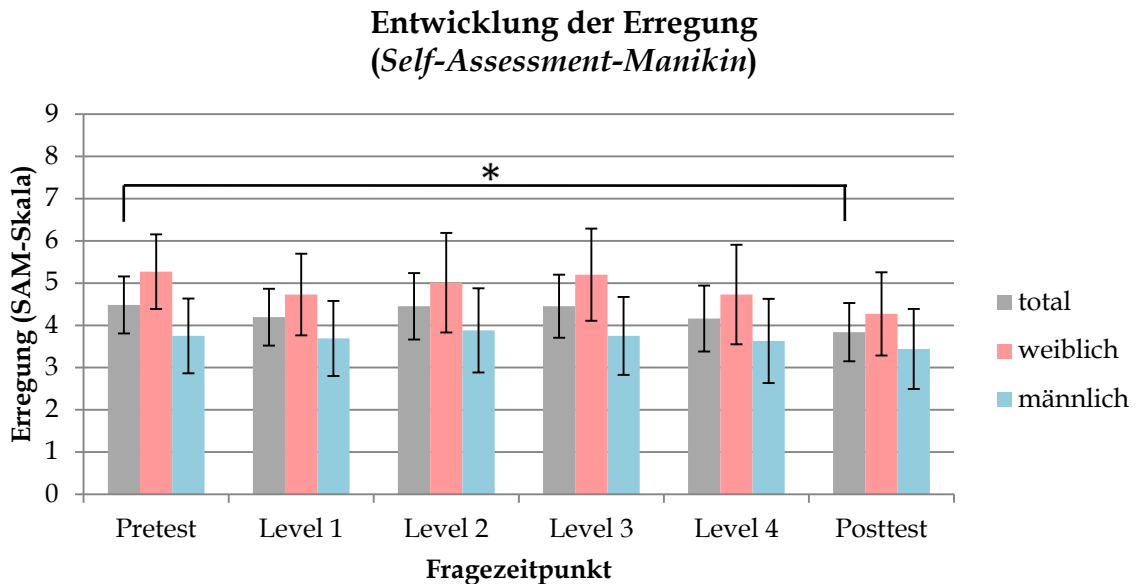


Abbildung 27: Entwicklung der SAM-Erregung, gesamthaft und aufgeteilt nach Geschlecht (Mittelwerte  $\pm 2$  Standardfehler)

In Abbildung 27 sind Veränderungen der Erregung über die Fragezeitpunkte hinweg sowie grössere Varianzen der Antworten im Vergleich zur Valenz erkennbar. Der Mittelwert sinkt bei Level 4 und dem Posttest und liegt auch bei Level 1 etwas tiefer als zuvor und danach. Eine einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass sich die Werte unterscheiden ( $F(5,145) = 3.478$ ,  $p < 0.01$ , partielles  $\eta^2 = 0.107$ ). Der signifikante Unterschied liegt zwischen dem Pre- und Posttest ( $p < 0.05$ ) und entspricht mit  $f = 0.35$  einem mittleren Effekt nach Cohen (1988). Zu allen Fragezeitpunkten liegt die Erregung der Frauen höher als die der Männer. Obwohl ein Unterschied in der Intensität besteht, sind die Veränderungen bei beiden Geschlechtern ähnlich. Über alle Zeitpunkte hinweg weisen männliche Probanden einen Mittelwert von  $M = 3.68$  ( $SD = 1.82$ ) auf, wobei der Mittelwert von Probandinnen bei  $M = 4.88$  ( $SD = 2.01$ ) liegt. Durchschnittlich waren Männer somit ein wenig ruhiger als Frauen, der Unterschied ist jedoch nicht signifikant.

### Darstellung im zweidimensionalen Emotionsmodell (SAM)

Um den Zusammenhang der beiden Dimensionen aufzuzeigen, wurden die Antworten der Testpersonen in Abbildung 28 für alle vier Levels dargestellt. Die durch SAM ermittelte Valenz liegt dabei auf der X-Achse und die Erregung auf der Y-Achse. Die Skalen gehen jeweils von eins bis neun, wobei hohe Werte für eine hohe Valenz respektive Erregung stehen. Die blauen Kreise stehen für die Antworten und die Grösse der Kreise zeigt die Anzahl Antworten, da teilweise mehrere auf derselben Kombination der Werte liegen. Der rote Punkt zeigt den Mittelwert des jeweiligen Levels an.

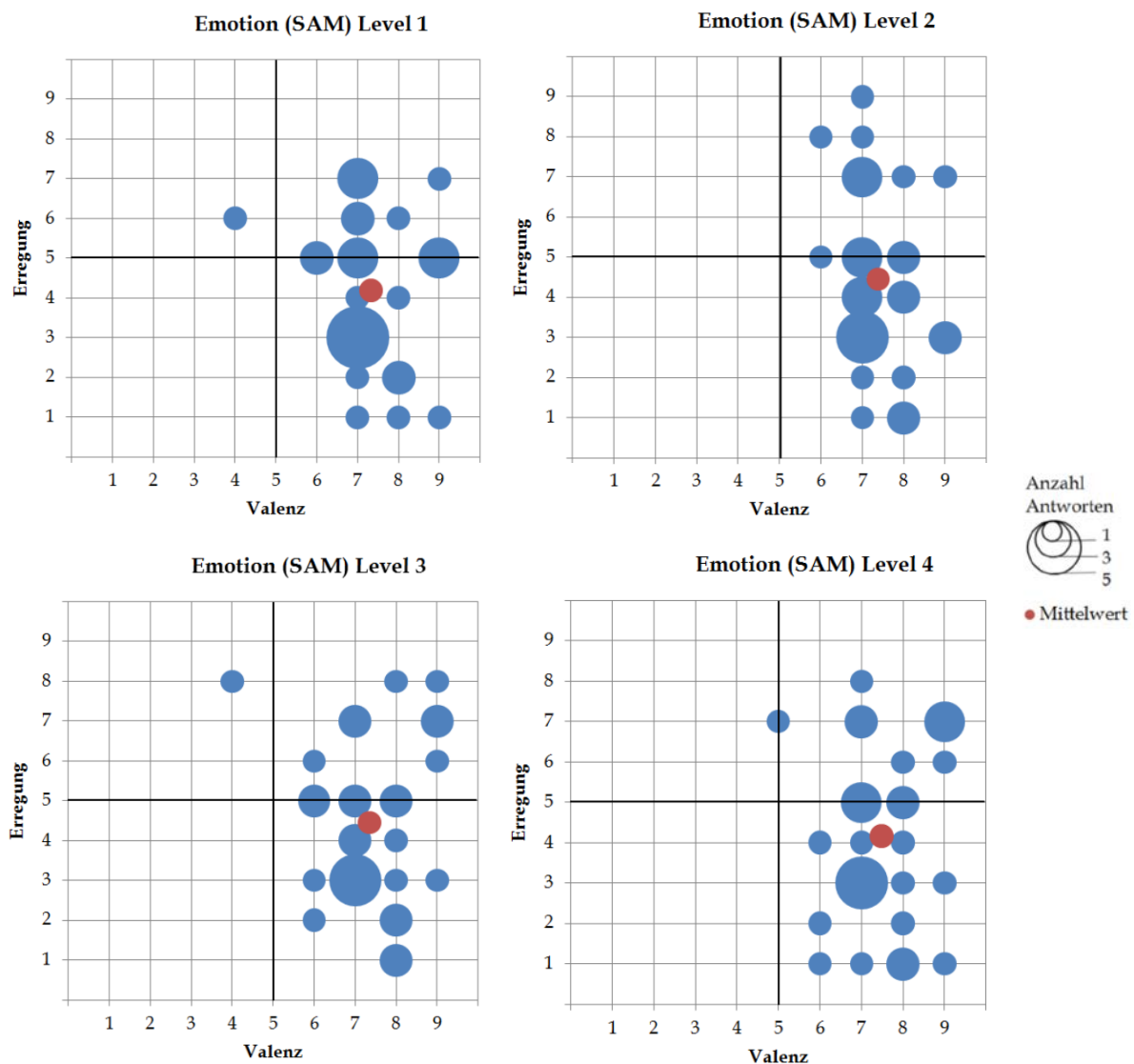


Abbildung 28: Vergleich der mit SAM gemessenen Emotion im zweidimensionalen Modell für alle Levels (Legende rechts gilt für alle vier Darstellungen)

Bei allen Levels befinden sich beinahe alle Antworten im positiven Bereich der Valenz. Die Erregung weist eine sehr hohe Streuung auf und es kommt sowohl der minimale als auch der maximal wählbare Wert vor. Bei allen Levels zeichnete sich eine niedrige Erregung



der Testpersonen ab. Die Antworten unterscheiden sich kaum zwischen den Levels, es ist lediglich zu erkennen, dass der maximale Wert der Erregung bei Level 1 tiefer ist als bei den anderen. Bei Level 3 und 4 sind mehr Antworten in der Hälfte der höheren Erregungswerte als bei Level 1 und 2. Im Gegensatz dazu liegen aber bei Level 4 auch verhältnismässig viele Antworten auf der tiefst möglichen Erregung.

Um zu testen, ob es einen Zusammenhang zwischen der Valenz und der Erregung gibt, wurde eine Rangkorrelation nach Spearman durchgeführt. Bei allen Levels ergab sich dabei kein signifikanter Zusammenhang. Es wurde jedoch ein schwacher negativer Zusammenhang zwischen der Erregung und der Valenz bei Level 1 ( $r_s = -0.16$ ) und Level 2 ( $r_s = -0.25$ ) gefunden.

### Circumplex Model of Affect

Bei der zweiten Emotionsfrage mussten die Testpersonen angeben, wie stark eine Auswahl von Adjektiven auf ihr momentanes Befinden zutrifft. Dies ergab jeweils eine Zahl von eins bis sieben für jedes der acht semantischen Differentiale. Die Frage wurde sowohl beim Pre- und Posttest, als auch nach jedem Level gestellt. Abbildung 29 zeigt die Entwicklung der Mittelwerte über die sechs Fragezeitpunkte hinweg. Auf der X-Achse ist dabei die Skala zwischen den beiden Adjektiven aufgeführt und auf der Y-Achse stehen sich jeweils die semantischen Differentiale gegenüber.

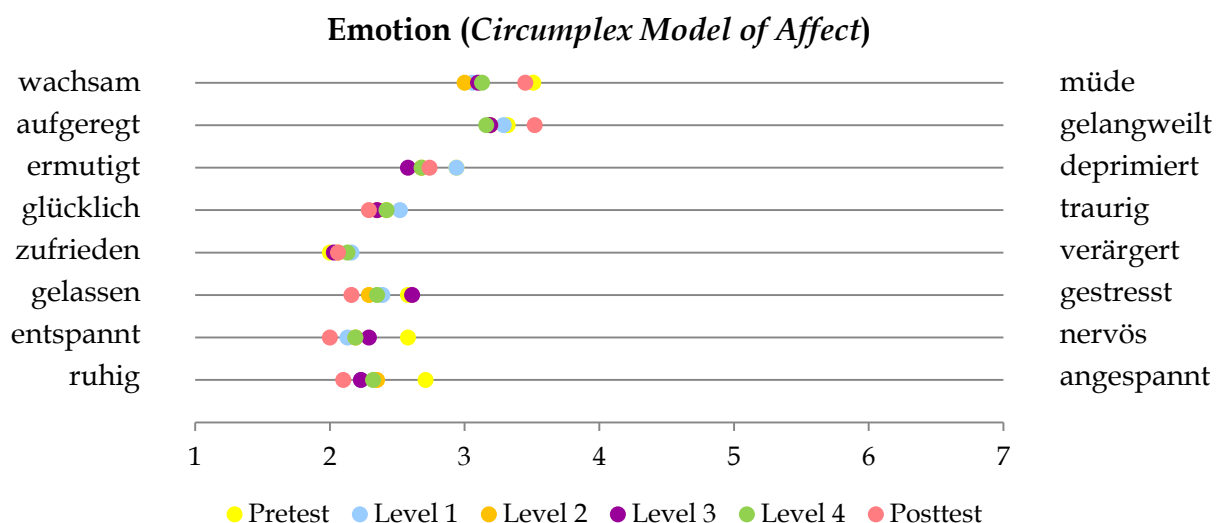


Abbildung 29: Mittelwerte der Antworten zu den Emotions-Gegensatzpaaren

Die Mittelwerte liegen alle näher am jeweils positiven Adjektiv. Es ist kein klares Veränderungsmuster erkennbar, jedoch gibt es Mittelwerte, die sich zwischen den Fragezeitpunkten signifikant unterscheiden. Beim ersten Paar (*wachsam / müde*) zeigte eine

einfaktorielle Varianzanalyse ( $F(5,145) = 3.798, p < 0.01, \text{partielles } \eta^2 = 0.116$ ), dass ein signifikanter Unterschied zwischen dem Pretest ( $M = 3.51, SD = 1.36$ ) und Level 2 ( $M = 3.00, SD = 1.41$ ) besteht ( $p < 0.05$ ). Beim dritten Paar (*ermutigt / deprimiert*) ( $F(5,145) = 3.643, p < 0.01, \text{partielles } \eta^2 = 0.112$ ) besteht ein Unterschied ( $p < 0.05$ ) zwischen Level 1 ( $M = 2.94, SD = 0.77$ ) und Level 3 ( $M = 2.58, SD = 0.85$ ). Beim Paar *gelassen / gestresst* ( $F(5,145) = 3.031, p < 0.05, \text{partielles } \eta^2 = 0.095$ ) wurde ein signifikanter Unterschied ( $p < 0.05$ ) zwischen Level 3 ( $M = 2.61, SD = 1.05$ ) und dem Posttest ( $M = 2.16, SD = 0.93$ ) gefunden. Beim letzten Paar (*ruhig / angespannt*) ( $F(5,145) = 5.859, p < 0.01, \text{partielles } \eta^2 = 0.168$ ) besteht ein signifikanter Unterschied ( $p < 0.05$ ) zwischen dem Pre- ( $M = 2.71, SD = 1.22$ ) und Posttest ( $M = 2.10, SD = 0.91$ ). Alle vier Unterschiede entsprechen laut der Effektstärke nach Cohen (1988) einem mittleren Effekt. Bei den Paaren *aufgeregt / gelangweilt, glücklich / traurig, zufrieden / verärgert* und *entspannt / nervös* gab es keine signifikanten Unterschiede.

Der Zwischensubjekteffekt des Geschlechts wurde ebenfalls untersucht. Ein signifikanter Effekt konnte nur beim ersten Gegensatzpaar *wachsam / müde* gefunden werden ( $p < 0.05$ ). Die männlichen Versuchspersonen waren insgesamt wachsender als die weiblichen. Die nach Geschlecht unterteilten Grafiken können Anhang E entnommen werden.

### ***Darstellung im zweidimensionalen Emotionsmodell (Circumplex Model of Affect)***

Um die Antworten im System von Russel (1980) anhand der Valenz und Erregung analysieren zu können, wurden die oben beschriebenen Antworten in Abbildung 30 im zweidimensionalen System dargestellt. Die Antworten der semantischen Differentiale sind jeweils auf einer den Mittelpunkt schneidenden Gerade dargestellt. Die positiveren Adjektive sind auf der rechten Seite des Diagramms aufgeführt und stehen für eine höhere Valenz. Die Gitternetzlinien stehen für die Sieben-Punkte-Skala, auf welcher die Testpersonen zwischen den Adjektiven wählen konnten. Es sind die Antworten der vier Levels dargestellt (ohne Pre- und Posttest), da diese im Vergleich mit der physiologischen Emotion von Interesse sind. Die X-Achse steht für die Valenz und die Y-Achse für die Erregung.

*Circumplex Model of Affect*

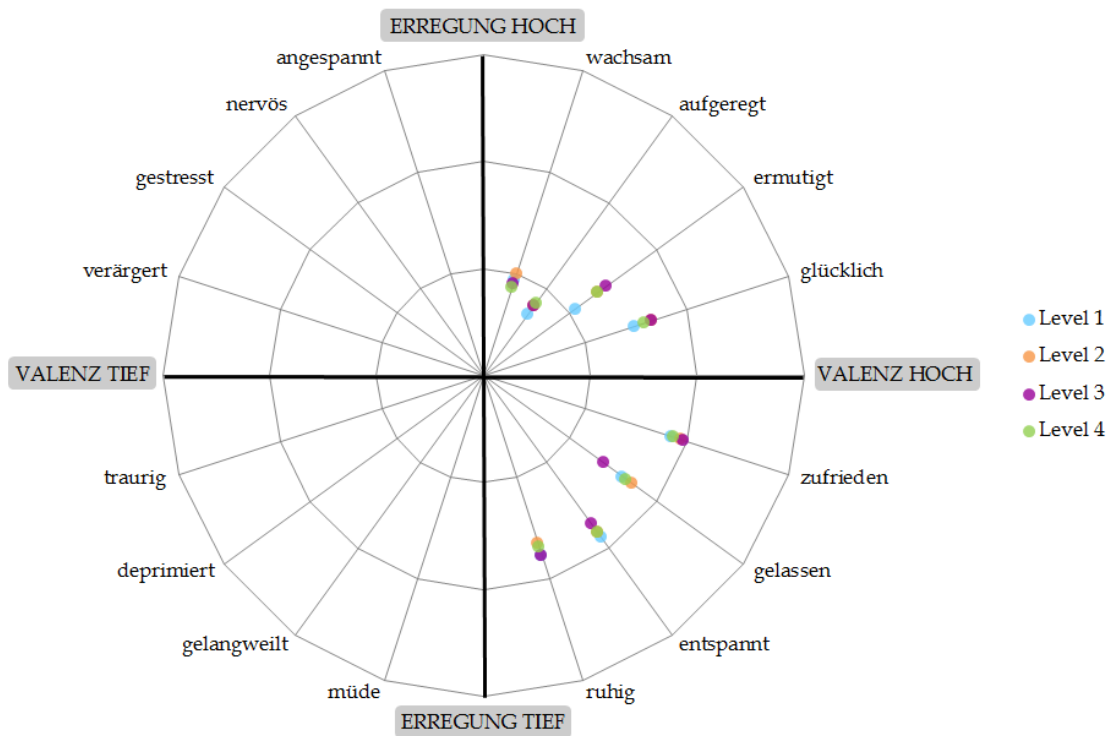


Abbildung 30: Circumplex Model of Affect, Vergleich der Mittelwerte der Levels

Die Darstellung im zweidimensionalen Diagramm zeigt, dass die Mittelwerte für alle Levels im positiven Bereich der Valenz liegen. Die Erregung der Testpersonen ist dabei weder extrem hoch, noch extrem tief. Dabei ist zu beachten, dass die Antworten immer in mindestens zwei Quadranten liegen, was durch das Modell vorgegeben wird. Es können also beispielsweise nie alle Antworten eine hohe Valenz und eine hohe Erregung aufweisen.

**4.1.3 Fragen zu Visualisierung und Interaktivität**

Im Fragebogen gab es einige Fragen welche den Zweck hatten, zu eruieren welchen Eindruck die Testperson vom Gesehenen hatte. Einerseits waren dies Fragen zum Thema Realitätsgrad und dem Unterschied der Landschaft mit und ohne Windturbinen, die nach jedem Level gestellt wurden, andererseits abschliessende Fragen im Posttest zum Thema Navigation, Gefallen und Länge der Levels. Die Resultate werden in dieser Reihenfolge präsentiert.

*Realitätsgrad der Visualisierungen*

Um zu bestimmen, wie real den Testpersonen die Umgebung vorkam, wurden drei Fragen gestellt. Erstens wurde gefragt, wie gut man sich in die Umgebung hinein versetzen

konnte, zweitens wie real einem die virtuelle Umgebung erschien und drittens, ob man das Gefühl hatte, nur Bilder zu sehen. Die letzte Frage wurde teilweise nicht verstanden, weshalb sie nicht in die Auswertung mit einfließt. Die erste Frage konnten die Testpersonen mit einer Sieben-Punkte Skala von eins = *sehr gut* bis sieben = *gar nicht* beantworten. Den höchsten Mittelwert weist Level 3 auf ( $M = 2.87, SD = 1.18$ ), gefolgt von Level 1 ( $M = 2.58, SD = 1.09$ ) und Level 2 ( $M = 2.48, SD = 1.00$ ). Den tiefsten Mittelwert besitzt Level 4 mit  $M = 2.35$  ( $SD = 1.02$ ). In den Level der Rundumsicht konnten sich demzufolge die Testpersonen am besten hinein versetzen. Der Mittelwert liegt jedoch bei allen Levels zwischen zwei und drei, also *gut* bis *eher gut*. Ein Vergleich der Werte wurde mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse durchgeführt und ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Levels.

In Abbildung 31 sind die Antworthäufigkeiten für jeden Level dargestellt. Auf der X-Achse werden die Antwortmöglichkeiten dargestellt, während die Y-Achse deren Antworthäufigkeiten für alle Levels angibt. Es ist erkennbar, dass es nur bei Level 1 und Level 3 Testpersonen gab, die sich nicht gut hinein versetzen konnten. Bei allen Levels konnten sich mindestens 13 Testpersonen *gut* oder *sehr gut* hinein versetzen, ohne Level 3 wären es sogar 18, also beinahe zwei Drittel.

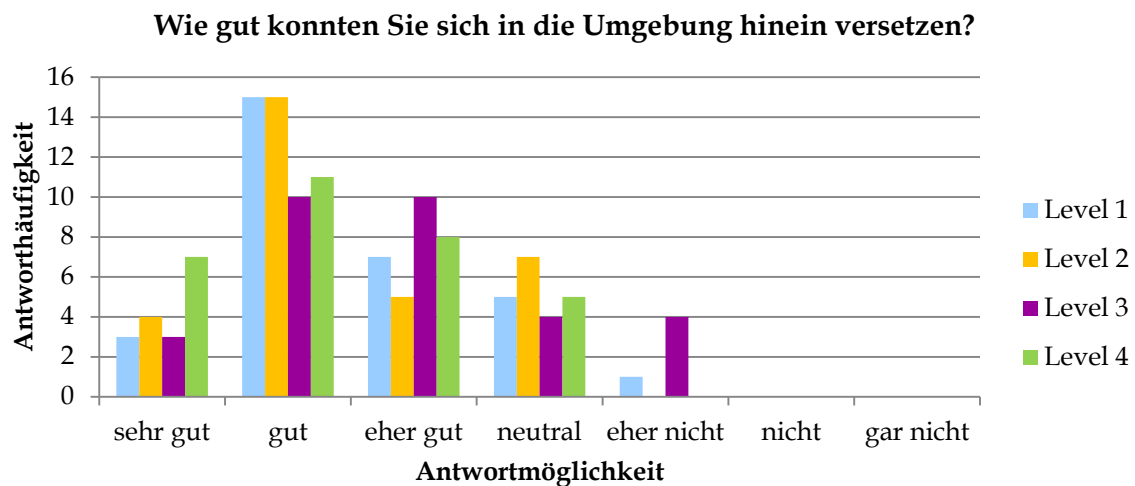


Abbildung 31: Antworthäufigkeiten zur Frage nach der Immersion für alle vier Levels

Bei der zweiten Frage zum Realitätsgrad gab es ebenfalls eine Sieben-Punkte-Skala, wobei die Testperson mit eins = *vollkommen real* bis sieben = *sehr unreal* antworten konnte. Der Mittelwert ist für Level 3 am tiefsten ( $M = 3.97, SD = 1.38$ ), gefolgt von Level 1 ( $M = 3.90, SD = 1.11$ ). Etwas realer erschien Level 2 ( $M = 3.52, SD = 1.06$ ) und am realsten erschien den Testpersonen Level 4 ( $M = 3.16, SD = 0.93$ ). Der Mittelwert liegt bei dieser Frage für alle Levels zwischen drei (*eher real*) und vier (*neutral*). Eine einfaktorielle Varianzanalyse zeigte,

dass signifikante Unterschiede ( $F(3,87) = 6.061, p < 0.01, \text{partielles } \eta^2 = 0.173$ ) mit einem mittleren Effekt ( $r = 0.46$ ) nach Cohen (1988) bestehen. Mit dem paarweisen Vergleich konnte ermittelt werden, dass signifikante Unterschiede zwischen Level 1 und Level 4 ( $p < 0.05$ ), sowie Level 3 und Level 4 ( $p < 0.05$ ) bestehen. Die Antworthäufigkeiten können der Abbildung 32 entnommen werden. Auf der X-Achse sind die Antwortmöglichkeiten abgebildet und auf der Y-Achse wird deren Antworthäufigkeit für jeden Level dargestellt.

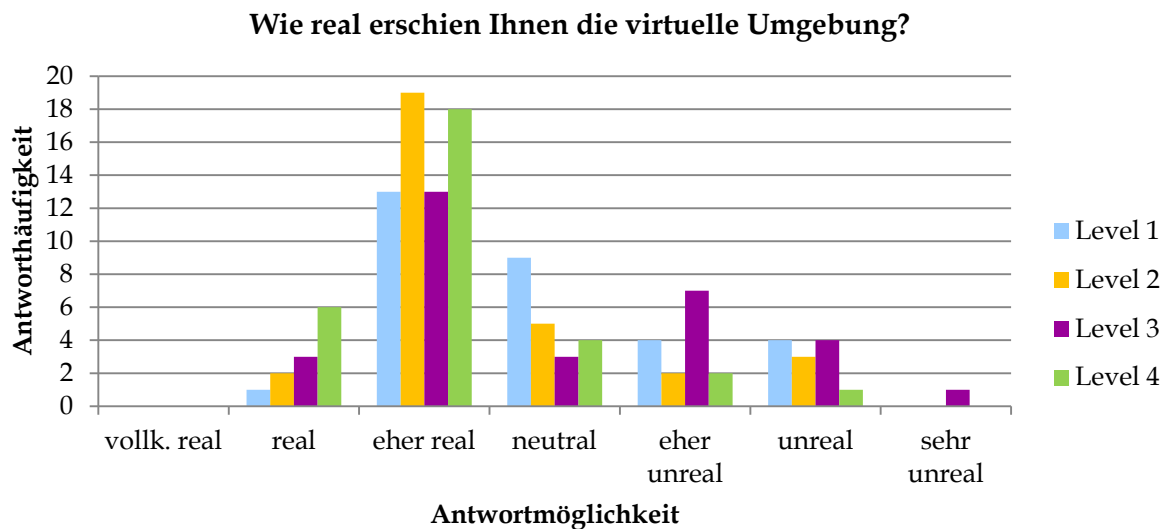


Abbildung 32: Antworthäufigkeiten zur Frage nach dem Realitätsgrad für alle vier Levels

In Abbildung 32 ist ersichtlich, dass Level 2 und 4 realer erschienen als die anderen beiden Levels. Die meisten Antworten erhält jedoch in jedem Level die Antwortmöglichkeit *eher real*.

### **Gefallen der Landschaft mit und ohne Windturbinen**

Da es bei jedem Level die Möglichkeit gab, die Windturbinen ein- und auszublenden, ist auch der Einfluss dieses Unterschiedes von Belangen, um den Zusammenhang von Interaktivität und Emotion zu untersuchen. Die Testpersonen wurden nach jedem Level gefragt, wie gut ihnen die Landschaft mit, respektive ohne Windturbinen gefallen hat. Sie mussten auf einer Sieben-Punkte-Skala von eins = *gar nicht* bis sieben = *sehr gut* antworten. Die Mittelwerte liegen alle zwischen *gut* und *eher gut*, wobei die Landschaft ohne Windturbinen in allen Levels höhere Werte aufweist. Dieser Unterschied ist jedoch nur bei Level 1 signifikant ( $t = 3.14, p < 0.01, n = 31$ ) mit einer Effektstärke nach Cohen (1992) von  $r = 0.50$ , demzufolge einem starken Effekt. Die Unterschiede der Antworten sind in Abbildung 33 ersichtlich. Auf der X-Achse sind die vier Fragezeitpunkte dargestellt und die Y-Achse

zeigt wie gut den Teilnehmenden die Landschaft gefiel. Es wird jeweils die Antwort für das Gefallen der Landschaft mit und ohne Windturbinen angegeben.

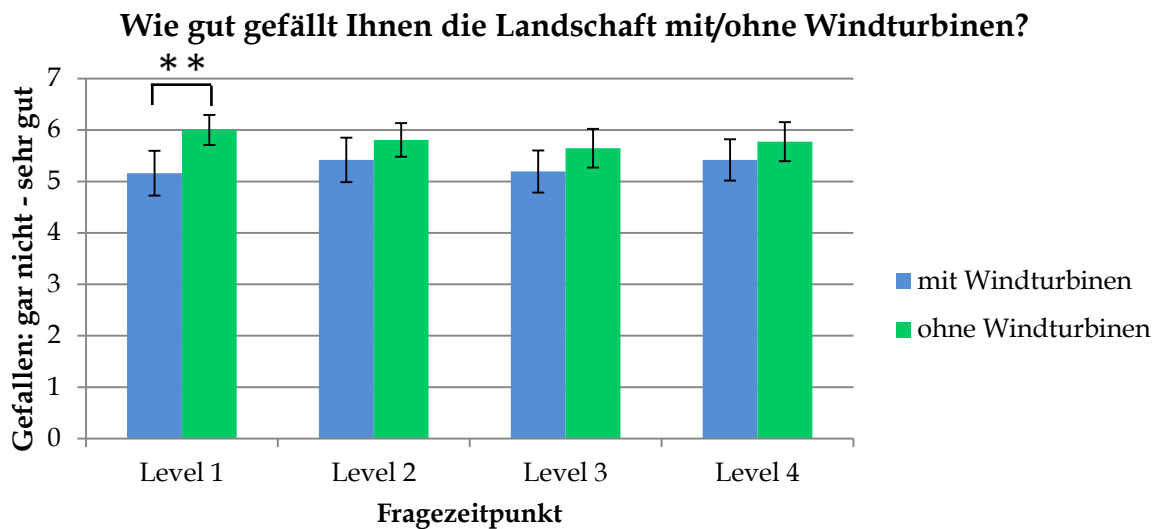


Abbildung 33: Bewertung der Landschaft mit und ohne Windturbinen (Mittelwerte  $\pm 2$  Standardfehler)

### Benutzung des Xbox 360 Controllers

Die Testpersonen wurden im Posttest gefragt, wie gut sie mit der Navigation zurechtkamen und konnten auf einer Sieben-Punkte-Skala von eins = *sehr gut* bis sieben = *gar nicht* antworten. Der Mittelwert der Antworten beträgt  $M = 2.26$  ( $SD = 1.39$ ), insofern liegt er zwischen *gut* und *eher gut*. Auffällig ist der Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Testpersonen, ähnlich wie im Falle der Frage nach Erfahrung mit Videospiele. Männer weisen bei dieser Frage einen Durchschnitt von  $M = 1.56$  ( $SD = 0.81$ ) auf und Frauen  $M = 3.00$  ( $SD = 1.51$ ). Dazwischen besteht ein signifikanter Unterschied ( $t = 3.031$ ,  $p < 0.01$ ,  $n = 31$ ), mit einem mittleren Effekt von  $r = 0.47$  nach Cohen (1988). Die Mehrheit der Männer hat die Frage mit *sehr gut* beantwortet und die Mehrheit der Frauen mit *gut*. Auffällig ist, dass ausschliesslich Männer *sehr gut* angegeben haben und ausschliesslich Frauen *neutral* bis *nicht* zurechtkamen. Die genauen Antworthäufigkeiten können Abbildung 34 entnommen werden. Auf der X-Achse sind die Antwortmöglichkeiten aufgeführt und auf der Y-Achse die Antworthäufigkeiten. Die Darstellung trennt weibliche und männliche Testpersonen.

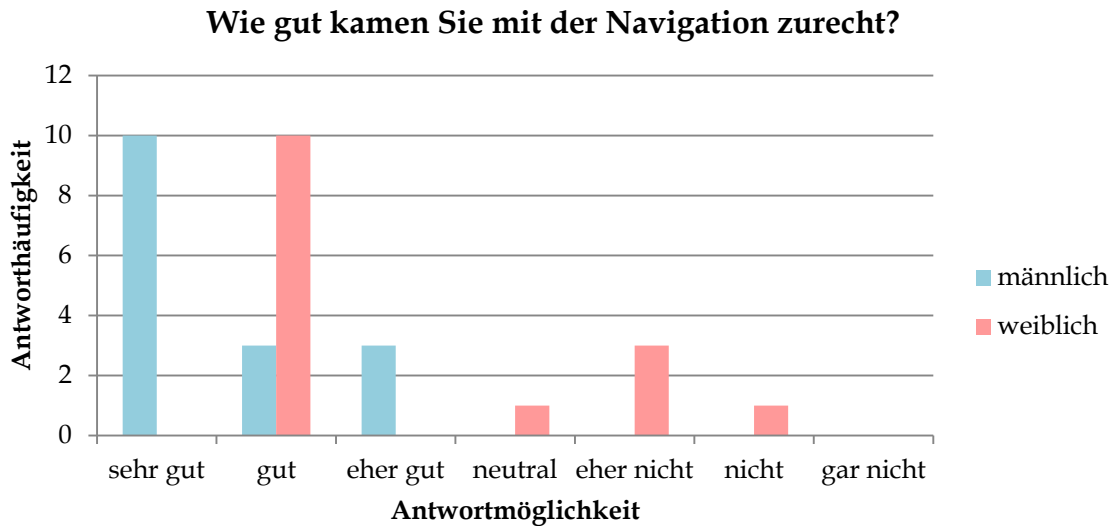


Abbildung 34: Antworthäufigkeiten zum Thema Navigation, unterteilt nach Geschlecht

### Länge der Levels

Im Posttest wurde gefragt, wie die Länge der Levels wahrgenommen wurde. Die Teilnehmenden konnten auf einer Fünf-Punkte-Skala von eins = *zu kurz* bis fünf = *zu lang* antworten. Level 1 hat mit  $M = 3.23$  ( $SD = 0.72$ ) den höchsten Mittelwert, gefolgt von Level 2 mit  $M = 2.81$  ( $SD = 0.48$ ), etwas kürzer schien Level 3 mit einem Mittelwert von  $M = 2.74$  ( $SD = 0.63$ ) und als eher zu kurz empfunden wurde Level 4 mit einem Mittelwert von  $M = 1.77$  ( $SD = 0.72$ ). Die genaue Verteilung der Antwortmöglichkeiten ist in Abbildung 35 ersichtlich. Auf der X-Achse ist die Aufteilung der Antworten der Testpersonen auf die Antwortmöglichkeiten dargestellt, wobei jeweils die genaue Häufigkeit einer Antwort im Balken angegeben ist. Auf der Y-Achse sind die vier Levels aufgeführt.

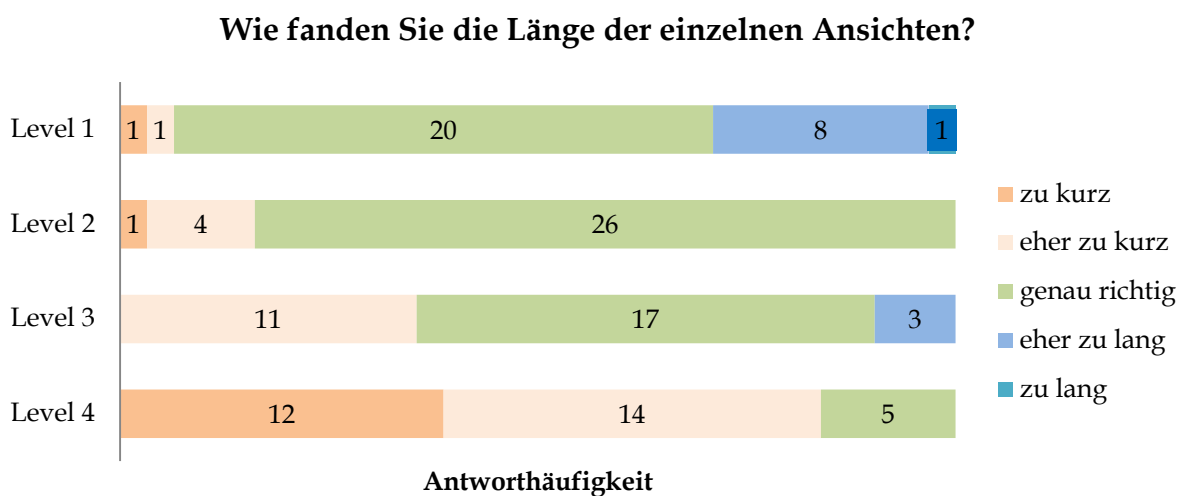


Abbildung 35: Aufteilung aller Antworten in Häufigkeiten der Antwortmöglichkeiten

Die Mehrheit der Testpersonen empfand Level 1, 2 und 3 *genau richtig* lang, wobei jedoch knapp ein Drittel der Teilnehmenden Level 1 *eher zu lang* fand. Level 3 wurde hingegen von vielen als *eher zu kurz* wahrgenommen und von einigen auch Level 2. Level 4 wurde als *eher zu kurz* oder *zu kurz* empfunden, und nur wenige Testpersonen empfanden die Länge *genau richtig*. Mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse wurden signifikante Unterschiede ( $F(3,87) = 30.267, p < 0.001, \text{partielles } \eta^2 = 0.511$ ) mit einem starken Effekt von  $r = 1.02$  nach Cohen (1988) gefunden. Der paarweise Vergleich zeigte signifikante Unterschiede für jeweils Level 4 mit Level 1 ( $p < 0.001$ ), Level 2 ( $p < 0.001$ ) mit Level 3 ( $p < 0.001$ ) sowie zwischen Level 1 mit Level 2 ( $p < 0.05$ ).

### ***Favorit der Levels***

Die Testpersonen wurden im Posttest zusätzlich gefragt, welcher Level ihnen insgesamt am besten gefallen hat. Level 1 erhielt keine Antwort, Level 3 gefiel drei Testpersonen am besten, Level 2 wurde von neun Teilnehmenden gewählt und Level 4 hat mit 19 Testpersonen einer Mehrheit von 61% der Versuchspersonen am besten gefallen.

## **4.2 Physiologische Emotionsmessung**

Die physiologisch gemessenen Emotionsdaten mussten zuerst verarbeitet werden, bevor sie analysiert werden konnten. Die Datenverarbeitung (beschrieben in Kapitel 3.4) führte zu vergleichbaren Mittelwerten über die jeweils 45 Sekunden der vier Levels hinweg. In den folgenden Kapiteln werden zuerst die Resultate der Valenz-Messungen mittels EMG und dann die Erregungs-Messungen anhand der Hautleitfähigkeit präsentiert. Anschliessend werden bei einer Aufteilung der Testpersonen anhand ihrer Interaktivitätsnutzung beide Messungen verglichen.

### **4.2.1 Valenz (Gesichtsmuskelaktivität)**

Mit dem EMG wurde die Muskelaktivität des Zygomaticus und des Corrugators gemessen (siehe Kapitel 3.4.1), welche analog ausgewertet wurden. Eine Testperson wurde aus der Analyse entfernt, da ihre Messwerte die Mittelwerte zu sehr verändert hätten (Field 2009).

#### ***Negative Valenz (Corrugator)***

In Abbildung 36 sind die Mittelwerte der prozentualen Muskelaktivität (der maximalen Anspannung) des Corrugators auf der Y-Achse abgebildet. Auf der X-Achse werden die vier



Messzeitpunkte aufgeführt. Die Mittelwerte werden jeweils gesamthaft und nach Geschlecht getrennt dargestellt.

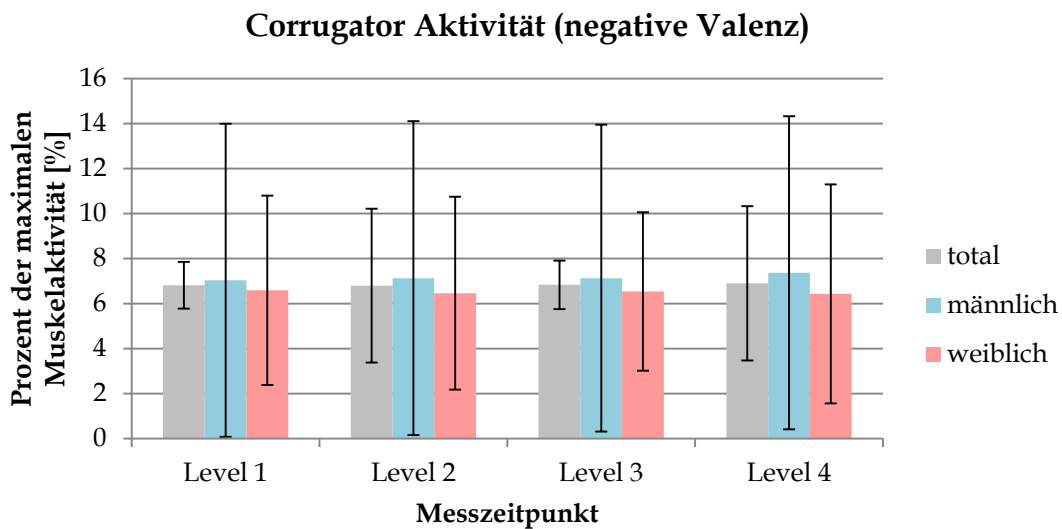


Abbildung 36: Prozentuale Muskelaktivität des Corrugators (Mittelwerte  $\pm 2$  Standardfehler)

Der Mittelwert liegt bei  $M = 6.81$  ( $SD = 2.94$ ) bei Level 1, bei Level 2 beträgt er  $M = 6.80$  ( $SD = 2.98$ ),  $M = 6.83$  ( $SD = 3.05$ ) bei Level 3 und bei Level 4 beträgt er  $M = 6.90$  ( $SD = 3.12$ ). Die Werte weisen eine sehr hohe Streuung auf und sind bei den männlichen Testpersonen noch unterschiedlicher als bei den weiblichen. Ein Vergleich der Messwerte anhand einer einfaktoriellen Varianzanalyse zeigte keine Unterschiede zwischen den Levels. Zwischen den Messwerten von Männern und Frauen besteht ebenfalls kein signifikanter Unterschied. In Abbildung 36 ist jedoch erkennbar, dass Männer durchschnittlich etwas mehr Muskelaktivität vorweisen.

### ***Positive Valenz (Zygomaticus)***

Beim Zygomaticus liegt der Mittelwert für Level 1 bei  $M = 3.06$  ( $SD = 4.28$ ), für Level 2 bei  $M = 3.76$  ( $SD = 4.76$ ), für Level 3 beträgt er  $M = 2.99$  ( $SD = 3.41$ ) und für Level 4 liegt er bei  $M = 3.72$  ( $SD = 4.81$ ). Die Mittelwerte der prozentualen Muskelaktivität des Zygomaticus sind in Abbildung 37 auf der Y-Achse dargestellt. Auf der X-Achse sind die Messzeitpunkte gesamthaft und geschlechtsspezifisch aufgeführt.

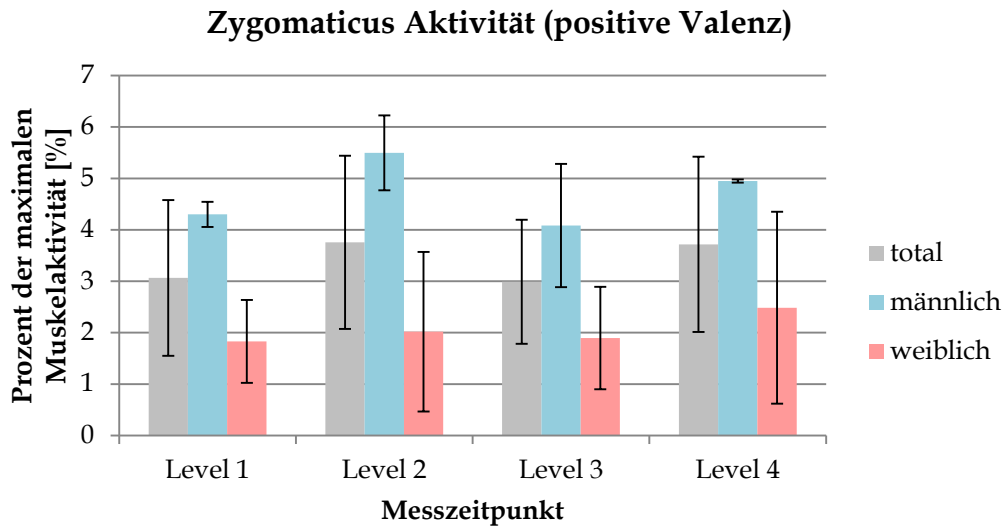


Abbildung 37: Mittelwerte der prozentualen Muskelaktivität des Zygomaticus (Mittelwerte  $\pm 2$  Standardfehler)

Die prozentuale Muskelaktivität lag beim Corrugator bei knapp 7%, beim Zygomaticus sind es nur 3-4%. Männliche Testpersonen weisen zu allen Messzeitpunkten eine höhere Aktivität als weibliche Testpersonen auf. Die Streuung der Messwerte ist für alle Levels relativ hoch. Auch für diesen Muskel zeigte eine einfaktorische Varianzanalyse keinen signifikanten Unterschied zwischen den Messwerten der verschiedenen Levels. Ebenfalls nicht signifikant ist der Unterschied zwischen den Messwerten von Männern und Frauen, obwohl die Mittelwerte deutlich auseinander liegen. Männer weisen eine durchschnittlich positivere Valenz als Frauen auf.

#### *Valenz (Corrugator und Zygomaticus)*

Da die beiden gewählten Muskeln die positive und negative Ausprägung der Valenz darstellen, mussten diese miteinander verrechnet werden, um einen einzigen Valenzwert erhalten zu können. Dazu wurde lediglich der Corrugator-Wert vom Zygomaticus-Wert abgezogen (Partala, Surakka und Vanhala 2005). Die berechneten Mittelwerte können der folgenden Abbildung entnommen werden.

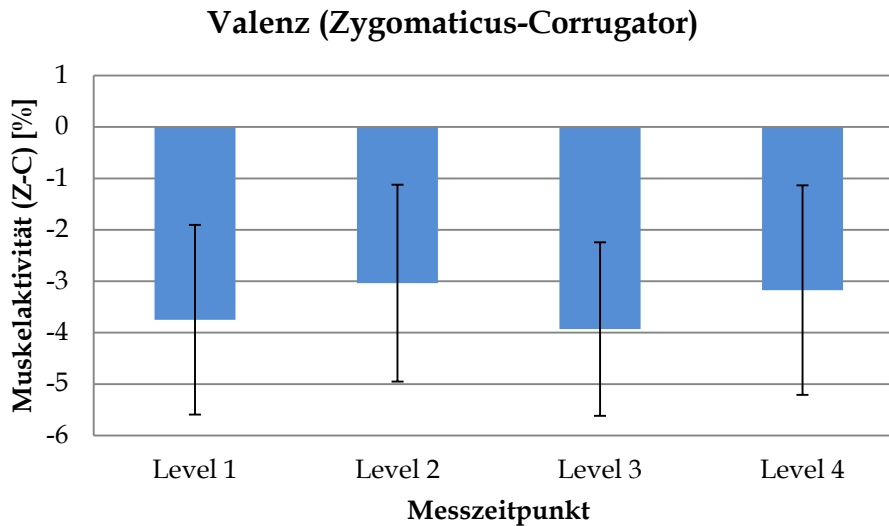


Abbildung 38: Valenz berechnet durch EMG-Werte (Zygomaticus minus Corrugator) für alle Levels (Mittelwerte  $\pm 2$  Standardfehler)

Die Werte aller Levels liegen im leicht negativen Bereich, entsprechen also einer neutralen, leicht negativen Valenz. Die Streuung der Werte liegt bei allen Levels in einem ähnlichen Bereich. Level 3 weist mit  $M = -3.93$  ( $SD = 4.62$ ) den tiefsten Wert auf, Level 1 den zweittiefsten mit  $M = -3.75$  ( $SD = 5.05$ ). Die Valenz von Level 4 liegt etwas höher mit  $M = -3.17$  ( $SD = 5.58$ ) und am höchsten ist sie bei Level 2 mit  $M = -3.04$  ( $SD = 5.24$ ). Die Werte unterscheiden sich jedoch gemäss einer einfaktoriellen Varianzanalyse nicht signifikant.

#### 4.2.2 Erregung (Hautleitfähigkeit)

Anhand der Hautleitfähigkeit wurde die Erregung der Testpersonen gemessen. Der Prozess der Messung und Signalverarbeitung kann in Kapitel 3.4.2 gefunden werden. Es wurde die über den Wertebereich normalisierte Hautleitfähigkeit berechnet sowie deren Veränderung gegenüber der Baseline. Weiter analysiert wird nur die Veränderung gegenüber der Baseline. Eine Grafik der über den Wertebereich normalisierten Hautleitfähigkeit kann dem Anhang F entnommen werden. Die verarbeiteten Daten beinhalteten einige Ausreisser, weswegen die Werte von zwei Testpersonen entfernt wurden, welche die Mittelwerte zu sehr beeinflussten (Field 2009). Die zu vergleichenden Werte beschreiben die Erregung während den einzelnen Levels gegenüber der Baseline, wobei negative Werte eine höhere und positive Werte eine tiefere Erregung anzeigen. Dieser Wert wird baseline-normalisierter AUC Wert genannt und seine Ausprägungen können Abbildung 39 entnommen werden. Auf der X-Achse sind die vier Messzeitpunkte aufgeführt und auf der Y-Achse sind die Mittelwerte der prozentualen Änderung gegenüber der Baseline insgesamt und geschlechtsspezifisch dargestellt.

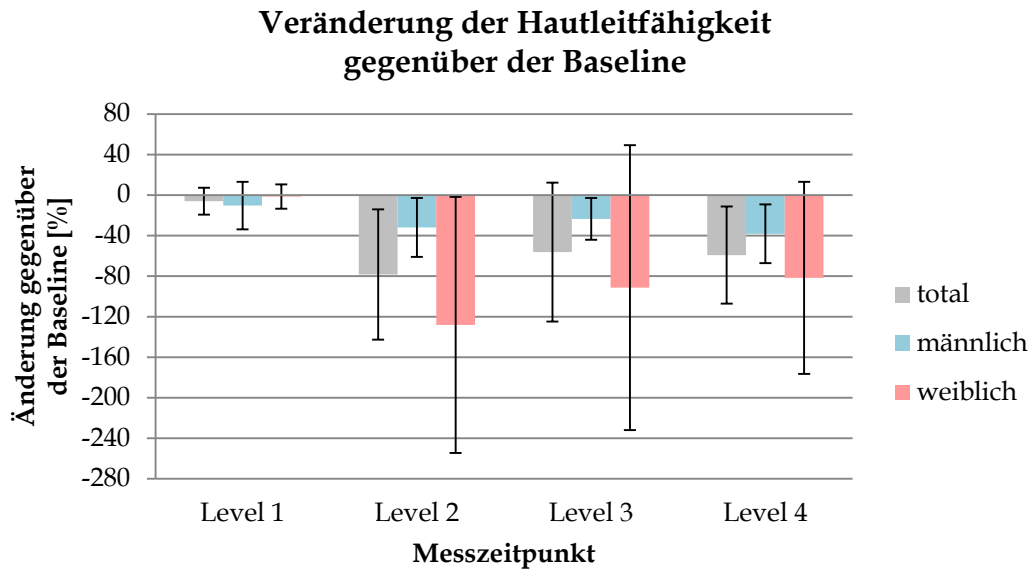


Abbildung 39: Baseline-normalisierte AUC Werte aller Levels total und aufgeteilt nach Geschlecht (Mittelwerte  $\pm 2$  Standardfehler)

Der baseline-normalisierte AUC Mittelwert liegt für Level 1 bei  $M = -6.00$  ( $SD = 35.83$ ), für Level 2 bei  $M = -78.36$  ( $SD = 173.02$ ), für Level 3 bei  $M = -56.20$  ( $SD = 184.76$ ) und für Level 4 bei  $M = -59.20$  ( $SD = 129.11$ ). Alle Mittelwerte liegen im negativen Bereich, demzufolge ist die Hautleitfähigkeit bei allen Levels gegenüber der Baseline angestiegen. Die Erregung ist bei Level 1 kaum vorhanden, bei den übrigen drei Levels jedoch stärker ausgeprägt und bei Level 2 am deutlichsten. Die Mittelwerte der Frauen sind für Level 2, 3 und 4 deutlich tiefer als bei Männern, somit scheinen Männer ruhiger gewesen zu sein. Eine einfaktorielle Varianzanalyse zeigte jedoch keine signifikanten Unterschiede und auch der Vergleich der Mittelwerte von männlichen und weiblichen Testpersonen ergab keinen signifikanten Unterschied.

### *Physiologische Messung im zweidimensionalen Emotionsmodell*

Um die physiologisch gemessene Emotion im zweidimensionalen Modell nach Valenz und Erregung einordnen zu können, wurden die Messwerte der Muskelaktivität und der Hautleitfähigkeit in Abbildung 40 zusammen dargestellt. Auf der X-Achse sind die mit MVC normalisierten Muskelaktivitäten dargestellt, wobei jene des Corrugators vom Zygomaticus abgezogen wurden. Auf der Y-Achse sind die über den Wertebereich normalisierten Werte der Hautleitfähigkeit dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Achsen der EMG-Messungen jeweils für 25% in beide Richtungen gewählt sind, da bei den gegebenen Stimuli sowieso keine annähernd maximale Anspannung der Muskeln aufgetreten ist. So können die Veränderungen zwischen den Levels besser analysiert werden. Auch bei den EDA-

Messungen bedeutet ein maximaler Erregungswert jeweils nur die maximale während den Levels und der Baseline gemessene Hautleitfähigkeit.

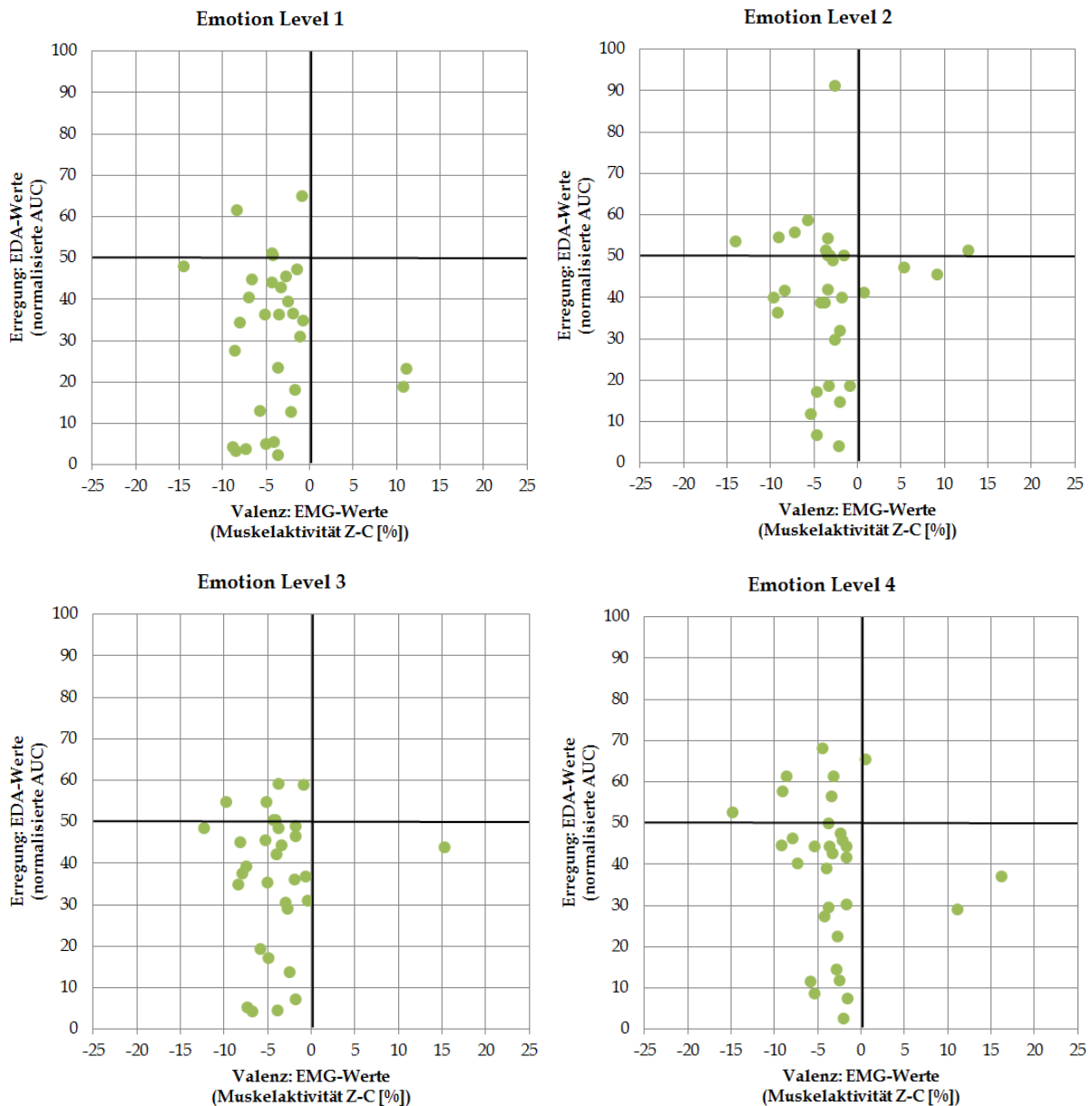


Abbildung 40: Vergleich der physiologisch gemessenen Emotion im zweidimensionalen Modell für alle Levels

Die physiologischen Daten liegen im zweidimensionalen System für alle Levels mehrheitlich im leicht negativen Valenz-Bereich mit eher wenig Erregung. Bei Level 1 und 3 liegen deutlich weniger Werte ausserhalb des dritten Quadranten als bei Level 2 und 4. Bei allen Levels bestehen Ausreisser, welche eine positive Valenz aufweisen. Der einzige Ausreisser mit einer hohen Erregung ist in Level 2 zu finden, ansonsten weist Level 4 die insgesamt höchsten Erregungswerte auf.

Um den Zusammenhang zwischen der physiologisch gemessenen Valenz und der Erregung zu untersuchen, wurde eine Rangkorrelation nach Spearman für jeden Level

durchgeführt. Die Korrelationsanalyse zeigte keine signifikanten Unterschiede, es wurde lediglich ein schwacher negativer Zusammenhang bei Level 4 gefunden ( $r_s = -0.29$ ). Dies deutet darauf hin, dass Testpersonen mit einer hohen Valenz entsprechend tiefere Erregungswerte aufweisen.

### 4.3 Interaktivitätsnutzung

Wie bereits in Kapitel 3.3.1 beschrieben, wurde abgespeichert, wann und wie oft die Testpersonen die Tasten zur Veränderung der Rotorumdrehung (LS = verlangsamen, RS = beschleunigen) und zum ein- und ausblenden der Windturbinen (X = ausblenden, Y = einblenden) betätigt haben. Die Häufigkeiten sind sehr unterschiedlich und werden deshalb in Tabelle 8 präsentiert. Aufgelistet sind jeweils der Mittelwert ( $M$ ), die Standardabweichung ( $SD$ ) und der maximale Wert ( $Max$ ) für jede der vier Tasten in den drei Levels, in welchen sie benutzt werden konnten.

Tabelle 8: Häufigkeiten gedrückter Tasten für alle Levels mit Interaktivitätsmöglichkeit (Mittelwert ( $M$ ), Standardabweichung ( $SD$ ) und Maximum( $Max$ ))

	Level 2				Level 3				Level 4			
	LS	RS	X	Y	LS	RS	X	Y	LS	RS	X	Y
<b><math>M =</math></b>	10.48	34.77	5.19	4.77	6.61	22.55	3.81	3.87	4.45	12.68	3.13	3.48
<b><math>SD =</math></b>	9.49	35.82	1.87	2.28	9.52	29.16	2.71	2.54	11.53	11.69	1.63	2.22
<b><math>Max =</math></b>	44	152	10	11	39	141	15	14	63	47	6	10

Die Tasten zur Beschleunigung und Verlangsamung der Rotoren wurden mit Abstand am häufigsten genutzt. Gewisse Testpersonen haben die Tasten nur minimal benutzt während andere äusserst aktiv waren. Um den Effekt der Interaktivitätsnutzung zu untersuchen, wurden die Testpersonen in drei Nutzergruppen aufgeteilt. Die drei Gruppen sind in Abhängigkeit ihrer aufsummierten Häufigkeiten an gedrückten Tasten entstanden. Die Gruppe „wenig Interaktivität“ besteht aus zehn Testpersonen (weiblich = 5, männlich = 5), „mittlere Interaktivität“ aus elf Testpersonen (weiblich = 7, männlich = 4) und „viel Interaktivität“ aus zehn Testpersonen (weiblich = 3, männlich = 7). Um zu testen, ob die Interaktivitätsnutzung mit der Emotion zusammenhängt, wurden die physiologischen Emotionsmessungen betrachtet. Dazu wurden zuerst die EDA-Werte und dann die EMG-Werte verglichen.

### Vergleich der Erregung zwischen Nutzergruppen

In Abbildung 41 ist die physiologische Erregung der Nutzergruppen dargestellt. Auf der X-Achse sind die drei Nutzergruppen aufgeführt und auf der Y-Achse sind die baselinenormalisierten AUC Mittelwerte der elektrodermalen Aktivität dargestellt.

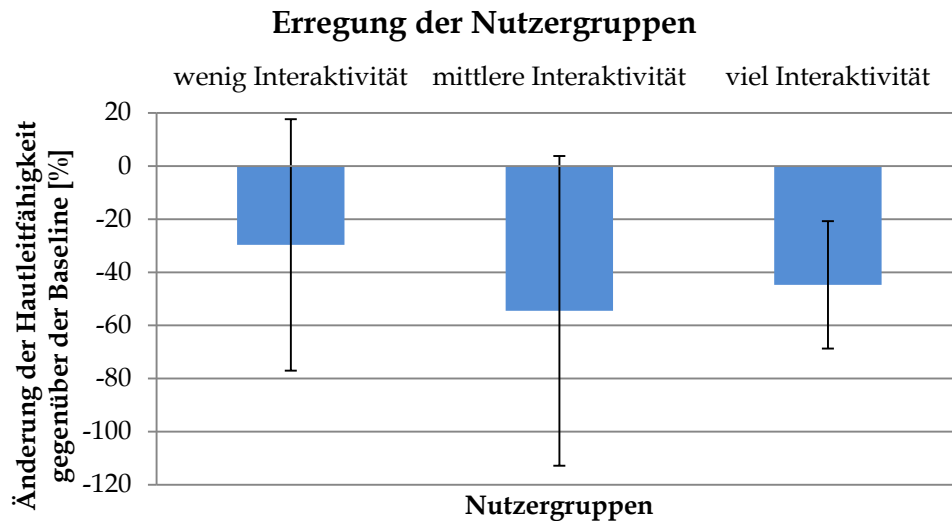


Abbildung 41: EDA-Werte der Interaktivitätsgruppen im Vergleich (Mittelwerte  $\pm 2$  Standardfehler)

Die Gruppe „wenig Interaktivität“ weist einen Mittelwert von  $M = -29.96$  ( $SD = 142.05$ ) auf, während er bei der Gruppe „mittlere Interaktivität“ bei  $M = -54.50$  ( $SD = 174.95$ ) liegt und für die Gruppe „viel Interaktivität“ beträgt er  $M = -44.74$  ( $SD = 71.96$ ). Eine einfaktorielle Varianzanalyse zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den EDA-Mittelwerten der Interaktivitätsgruppen.

### Vergleich der Valenz zwischen Nutzergruppen

Der Vergleich der physiologischen Valenz zwischen den drei Nutzergruppen ist in Abbildung 42 ersichtlich. Auf der X-Achse sind die Nutzergruppen aufgeführt und auf der Y-Achse sind die Mittelwerte der Gesichtsmuskelaktivität dargestellt.

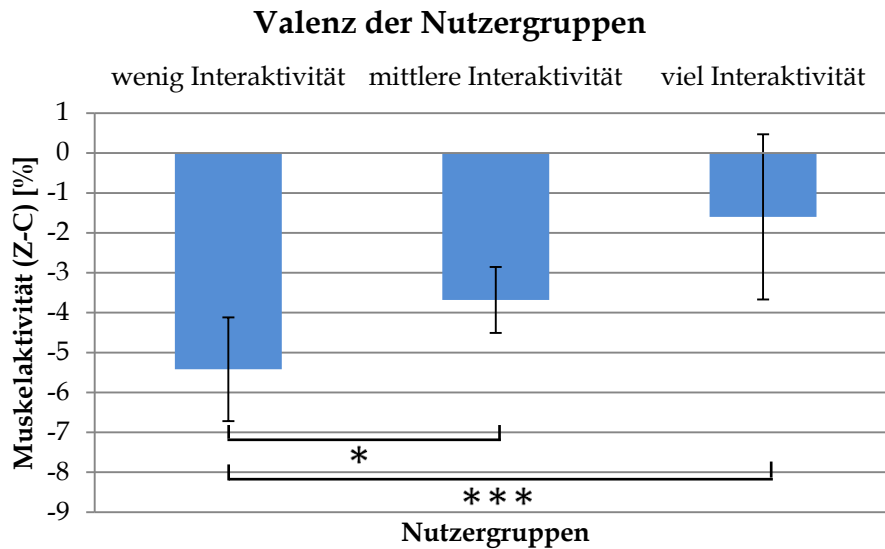


Abbildung 42: EMG-Werte der Interaktivitätsgruppen im Vergleich (Mittelwerte  $\pm 2$  Standardfehler)

Der Mittelwert beträgt für die Nutzergruppe „wenig Interaktivität“  $M = -5.42$  ( $SD = 3.95$ ), für „mittlere Interaktivität“ liegt er bei  $M = -3.68$  ( $SD = 2.71$ ) und für die Nutzergruppe „viel Interaktivität“ beträgt er  $M = -1.59$  ( $SD = 5.84$ ). Mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse wurde ein signifikanter Unterschied zwischen der Valenz der Nutzergruppen festgestellt ( $F(2,64) = 9.992$ ,  $p < 0.001$ , partielles  $\eta^2 = 0.204$ ). Die Effektstärke des Unterschieds nach Cohen (1988) beträgt  $f = 0.51$  und entspricht somit einem starken Effekt. Der paarweise Vergleich zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Nutzergruppen „wenig Interaktivität“ und „mittlere Interaktivität“ ( $p < 0.05$ ), sowie zwischen „wenig Interaktivität“ und „viel Interaktivität“ ( $p < 0.001$ ).

#### 4.3.1 Vergleich der Methoden der Emotionsmessung

Die bereits beschriebenen Emotionsmessungen mittels Fragebogen und jene der physiologischen Messungen werden in diesem Kapitel miteinander verglichen. Als erstes wird die Valenz untersucht, indem die Resultate des SAM (Valenz) und die der EMG-Messungen miteinander verglichen werden. Als zweites wird ein Vergleich zwischen SAM (Erregung) und den EDA-Messungen durchgeführt. Abschliessend wird ein Vergleich in einem zweidimensionalen System vorgenommen.

##### *Vergleich der Valenz*

Um die physiologisch gemessene Valenz mit jener des SAM-Fragebogens zu vergleichen, wurde eine Rangkorrelation nach Spearman durchgeführt. Da die Valenz physiologisch nur



während den Levels gemessen wurde, wurden auch nur diese vier Fragezeitpunkte des SAM verwendet. Die Korrelation ergab keine signifikanten Ergebnisse, es wurde lediglich ein schwacher negativer Zusammenhang bei Level 1 gefunden ( $r_s = -0.161$ ). Demzufolge besteht insgesamt kein Zusammenhang zwischen den Angaben der Testpersonen zu ihrer Valenz mittels SAM und ihrer physiologisch gemessenen Valenz.

### *Vergleich der Erregung*

Beim Vergleich der Erregung wurde ebenfalls eine Rangkorrelation nach Spearman durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen der physiologisch gemessenen Erregung und der SAM-Erregung zu untersuchen. Es wurden signifikante positive Zusammenhänge zwischen den Werten von Level 1 ( $r_s = 0.412$ ,  $p < 0.05$ ) und Level 2 ( $r_s = 0.422$ ,  $p < 0.05$ ) festgestellt, welche nach Cohen (1992) beide einem mittleren Effekt entsprechen. Bei Level 3 und 4 wurden ebenfalls positive Korrelationen mit einem mittleren Effekt (Level 3:  $r_s = 0.362$ , Level 4:  $r_s = 0.361$ ) gefunden, welche jedoch nicht signifikant sind.

### *Vergleich im zweidimensionalen Emotionsmodell*

Um die physiologisch gemessenen Emotionen und die des Fragebogens nicht nur für beide Dimensionen einzeln zu analysieren, werden sie gemeinsam in einer zweidimensionalen Grafik dargestellt (siehe Abbildung 43). Auf der X-Achse ist die Valenz und auf der Y-Achse die Erregung angegeben. Die grünen Datenpunkte entsprechen den physiologischen Emotionsmessungen (siehe Kapitel 4.2). Die blauen Datenpunkte zeigen die Antworten der SAM-Fragen, wobei die Grösse der Kreise die Anzahl derselben Antworten angibt (siehe Kapitel 4.1). Da sich die Skalen der beiden Emotionsmessungen unterscheiden, wurde eine Skala von null = tief bis zehn = hoch eingefügt, welche für die Valenz und die Erregung gilt. Wie bereits bei der zweidimensionalen Darstellung der physiologischen Emotionsmessung erwähnt, wurde die Skalierung der Achsen so gewählt, dass die Levels relativ zueinander verglichen werden können. Es kann jedoch kein Vergleich der absoluten Werte der physiologischen Messung und der des Fragebogens durchgeführt werden. Deshalb werden nur die Tendenzen verglichen.

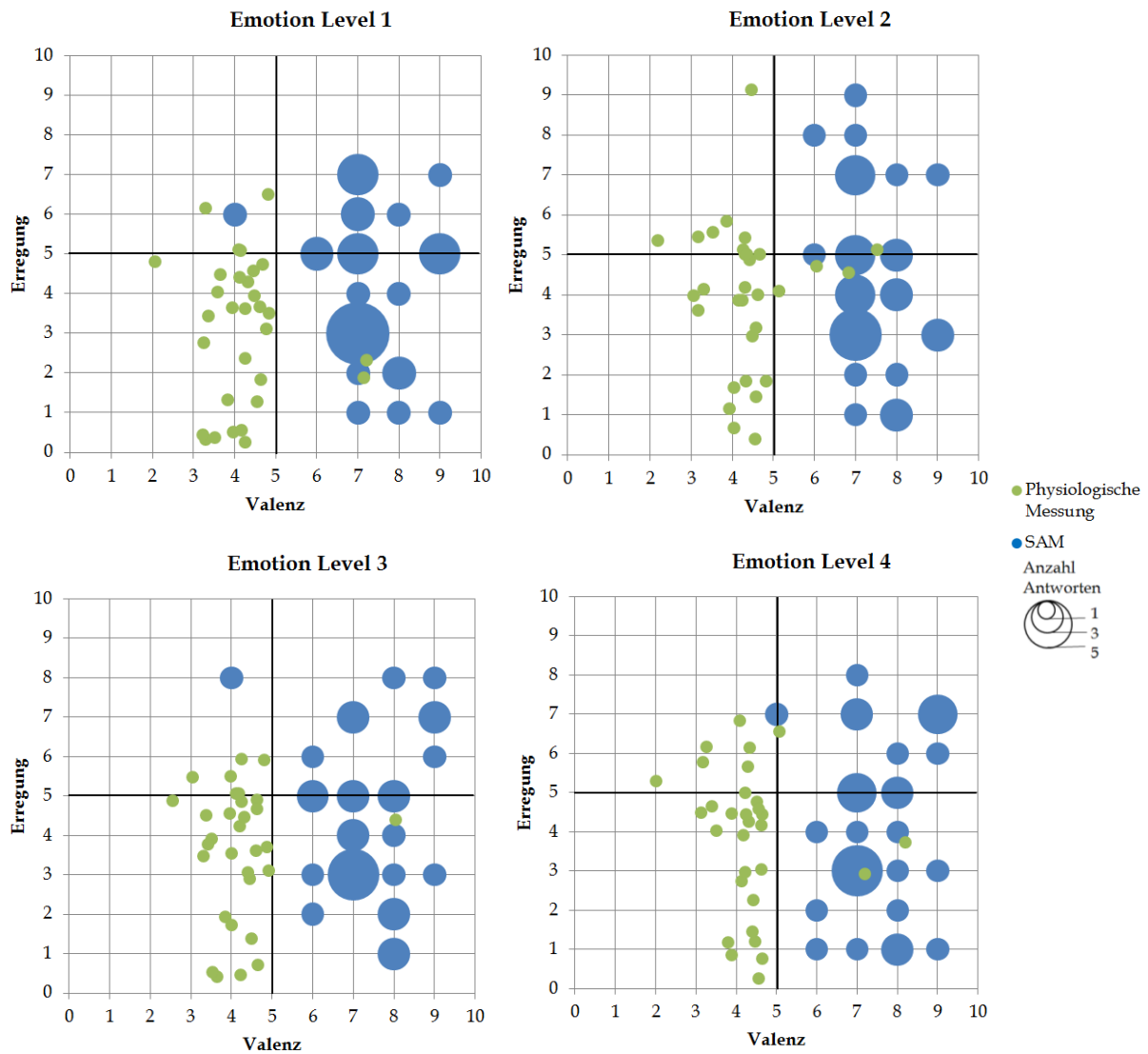


Abbildung 43: Vergleich der physiologischen und psychometrischen Emotionsmessung im zweidimensionalen Modell, die Legende gilt für alle vier Darstellungen

Die beiden Arten der Emotionsmessung unterscheiden sich in der Valenz deutlich. Die breitere Streuung der Erregung ist bei beiden Messarten erkennbar und auch die Ausdehnung ist ähnlich. Der Hauptteil der Datenpunkte liegt im wenig erregten Bereich und Level 1 weist für beide Messarten am wenigsten Testpersonen mit hoher Erregung auf. Die gefundenen Korrelationen der Erregung sind grafisch gut ersichtlich. Ansonsten wurden keine Muster im zweidimensionalen Modell erkannt.

## 5 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Forschungsfragen inklusive deren Hypothesen mit den Resultaten der Studie diskutiert. Die Diskussion ist anhand der drei Forschungsfragen gegliedert. Es werden jeweils zuerst die Resultate interpretiert und mögliche Begründungen für die erhaltenen Resultate diskutiert. Schliesslich folgt ein Kapitel, in welchem die Studie kritisch betrachtet wird und ihre Limitationen aufgezeigt werden.

### 5.1 Einfluss der Interaktivität auf die Emotion

Der Kern dieser Arbeit liegt darin, den Einfluss der Interaktivität auf die Emotion zu untersuchen. Dazu wurde die folgende Forschungsfrage gestellt: „Hat der Grad an Interaktivität in räumlichen Visualisierungen einen Einfluss auf die Emotion?“. Um dies zu analysieren, wurden die zu den vier Interaktivitätslevels gemessenen Emotionen verglichen.

Die Emotionsmessung mittels SAM zeigte für die Dimension Valenz keine signifikanten Unterschiede zwischen den Levels. Für die Dimension Erregung wurde während den Levels ebenfalls kein signifikanter Unterschied festgestellt. Bei den Resultaten der Emotionsmessung anhand des *Circumplex Model of Affect* wurde zwischen den Levels ein signifikanter Unterschied mit einem mittleren Effekt gefunden. Dieser liegt beim semantischen Differential *deprimiert / ermutigt* zwischen Level 1 und Level 3, wobei die Teilnehmenden beim Level 1 am wenigsten und bei Level 3 am meisten *ermutigt* waren. Die gefundenen Resultate zeigen inklusive den Messungen des Pre- und des Posttests eine Veränderung der Testpersonen über die Studie hinweg. So waren die Testpersonen am Ende der Studie *gelassener* und *ruhiger* als zu Beginn. Diese Veränderung war zu erwarten, spielt jedoch für die Auswirkung der Interaktivität auf die Emotion keine Rolle. Die Ergebnisse der Emotionsmessung mittels Fragebogen zeigen insgesamt keine Indizien für einen Einfluss des Grades an Interaktivität auf die Emotion.

Die physiologische Emotionsmessung zeigte für die Valenz keine signifikanten Unterschiede zwischen den miteinander verrechneten EMG-Messungen (Zygomaticus minus Corrugator). Es sind jedoch Unterschiede der Mittelwerte sichtbar, welche zeigen, dass Level 2 und Level 4 positiver wahrgenommen wurden, als Level 1 und Level 3. Beim einzelnen Vergleich beider gemessenen Muskeln zeigte sich jeweils keine signifikante Änderung. Beim Zygomaticus ist jedoch das soeben bei den verrechneten EMG-Messungen beschriebene Muster erkennbar. Die anhand der Hautleitfähigkeit gemessene Erregung zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Levels. Dennoch unterscheiden sich

die Mittelwerte deutlich. Bei Level 1 liegt die allgemeine Erregung am tiefsten, bei Level 2 am höchsten, gefolgt von Level 4 und Level 3.

Krygier et al. (1997) und Tversky, Morisson und Betrancourt (2002) zeigten, dass Testpersonen grundsätzlich Darstellungen mit einem höheren Grad an Interaktivität besser gefallen. Eine neuere Studie von Chen (2016) zeigte spezifischer, dass Interaktivität zu mehr Erregung, Eingebundenheit und Vergnügen führen kann. Die Ergebnisse der physiologischen Emotionsmessung zeigen Tendenzen dafür, dass Unterschiede der Emotion aufgrund der Interaktivität bestehen können. Bei Level 1 wurden statische Perspektiven gezeigt und es gab im Gegensatz zu den anderen Levels keine Interaktivitätsmöglichkeiten. Die physiologisch gemessene Valenz sowie die Erregung liegen bei Level 1 tiefer als bei den anderen Levels. Dies lässt vermuten, dass das Vorhandensein von Interaktivitätsmöglichkeiten einen positiven Einfluss auf beide Emotionsdimensionen hat. Die Veränderung der Emotion bei den anderen Levels folgt jedoch nicht dem angenommenen Muster, dass höhere Interaktivität zu höheren Werten der Valenz und der Erregung führt. Die physiologischen Messwerte liegen bei Level 2 jeweils am höchsten, obwohl Level 3 und 4 einen höheren Grad an Interaktivität aufweisen.

Die Hypothesen, dass ein höherer Grad an Interaktivität zu höheren Werten der Valenz (Hypothese 2) und Erregung (Hypothese 3) führen, müssen dementsprechend abgelehnt werden. Die Erkenntnis, dass der Level ohne Interaktivität die tiefsten Erregungs- und Valenzwerte aufweist, wäre zwar eine Basis für die Hypothesen gewesen, jedoch folgen die anderen Levels nicht dem erwarteten Muster. Die gefundenen Tendenzen können dennoch zusammen mit den weiteren Angaben, welche im Fragebogen eingeholt wurden, genauer ergründet werden.

### *Analyse der untersuchten Einflüsse auf die Emotion*

Die Wahrnehmung der Levels kann in dieser Studie beispielsweise durch deren Realitätsgrad, Perspektiven, Länge und Interaktivitätsmöglichkeiten beeinflusst werden. In den folgenden Abschnitten werden der mögliche Einfluss der Erfahrung der Testpersonen mit solchen interaktiven Visualisierungen, ihre Interaktivitätsnutzung und ihre Fähigkeit, sich in eine virtuelle Umgebung hinein zu versetzen diskutiert.

Der Realitätsgrad wurde für die vier Levels unterschiedlich bewertet, obwohl sie auf derselben Landschaftsvisualisierung basieren. Am realsten wurde Level 4 wahrgenommen, am zweitrealsten Level 2, gefolgt von Level 1 und Level 3. Level 4 hebt sich dabei mit einem signifikanten Unterschied zu Level 1 und 3 ab. Dass Level 4 am realsten wirkt, war aufgrund der Rundumsicht zu erwarten, da dies die höchste Kontrolle über die Ansicht darstellt

---

(Grodal 2000). Der im Vergleich am tiefsten wahrgenommene Realitätsgrad von Level 3 entspricht nicht den Erwartungen, kann jedoch begründet werden. Eine Analyse der Kommentare der Testpersonen in den offenen Fragen hilft dabei. So wurde von einigen Probanden der holprige Kamerapfad in Level 3 als störend empfunden. Eine Versuchsperson erklärte zudem, dass störte, „dass ich meinen Blick nicht selber steuern konnte“. Dies lässt sich mit den Erkenntnissen von Grodal (2000) vereinen, die besagen dass mehr Kontrolle positiv aufgenommen wird. Das heisst, dass der Kamerapfad keine Steigerung der Interaktivität gegenüber einem Standbild auslöst, sondern dem Betrachter gegebenenfalls bewusst macht, dass er nicht interagieren kann. Der geplante Grad an Interaktivität von Level 3 entspricht demzufolge nicht dem wahrgenommenen Grad.

Die Frage nach der *Presence*, also wie gut man sich in eine virtuelle Umgebung hinein versetzen kann, zeigt dieselbe Reihenfolge wie beim Realitätsgrad. In Level 4 konnten sich die Testpersonen am besten hinein versetzen, während dies bei Level 3 am wenigsten gelungen ist. Würde Level 3 aufgrund der Einordnungsprobleme ausgeschlossen werden, entspräche die Reihenfolge der wahrgenommenen Realität und *Presence* jener des Grades an Interaktivität. Daraus lässt sich schliessen, dass höhere Interaktivität von räumlichen Visualisierungen mehrheitlich zu einem höheren wahrgenommenen Realitätsgrad und einem erhöhten Gefühl von *Presence* führt.

Der angesprochene Einfluss der Erfahrung der Testpersonen mit Videospiele kann ebenfalls einen Einfluss auf die Emotion haben. Es wäre plausibel, davon auszugehen, dass Versuchspersonen mit mehr Erfahrung weniger gestresst sind durch die Aufgabe, einen Xbox Controller bedienen zu müssen. Da die Hautleitfähigkeit ein Indiz für Stress ist, kann dadurch eine höhere Erregung bei Testpersonen mit wenig Videospiele-Erfahrung erklärt werden. Sowohl bei den SAM-Messungen als auch bei den Messungen der Hautleitfähigkeit wurde ein höherer Mittelwert der Erregung bei Frauen gegenüber von Männern festgestellt. Dies kann wie bereits erwähnt, durch die Erfahrung mit Videospiele begründet werden, welche bei Männern signifikant höher ist als bei Frauen. Eine andere Erklärung wäre, dass Frauen grundsätzlich expressiver sind als Männer (Greenwald, Cook und Lang 1989; Kring und Gordon 1998; Dimberg und Lundquist 1990; Lang et al. 1993). Da die Unterschiede jedoch auch beim SAM festgestellt wurden, kann die Hypothese der erhöhten Erregung aufgrund fehlender Erfahrung mit Videospiele aufgestellt werden.

Einen weiteren Einfluss auf die Emotion kann die Länge der Levels haben, welche in der Studie sehr unterschiedlich bewertet wurde. Level 1 wurde dabei tendenziell als etwas zu lang, während Level 4 als tendenziell zu kurz eingestuft wurde. Wenn ein Level zu lang erscheint, kann dies zu einem Gefühl der Langeweile führen. Im *Circumplex Model of Affect*

---

wird dieses Gefühl mit einer tiefen Valenz und tiefen Erregung in Verbindung gebracht (Russel 1980). Wenn ein Level jedoch zu kurz ist, kann dies zu Stress führen, weil beispielsweise bei Level 4 mehrere Interaktivitätsmöglichkeiten zu nutzen sind. Stress führt in der Regel zu höheren Werten der Erregung, Änderungen der Valenz sind ungewöhnlich (Kinner, Het und Wolf 2014). Die tiefen Werte der Valenz und Erregung für Level 1 können demzufolge aus zwei Gründen aufgetreten sein. Erstens wegen der bereits genannten Abwesenheit von Interaktivitätsmöglichkeiten und zweitens wegen dem Gefühl von Langeweile. Welche Begründung eher zutrifft, kann von Testperson zu Testperson variieren. Wichtig ist dabei die Erkenntnis, dass mehrere Einflüsse zu den Resultaten geführt haben können.

Die Testpersonen wurden anhand ihrer Anzahl Tastenanschläge in drei Nutzergruppen eingeteilt. Damit wurde analysiert, welchen Einfluss die Nutzung der gegebenen Interaktivitätsmöglichkeiten auf die Emotion hat. Die Werte der Hautleitfähigkeit unterscheiden sich nicht signifikant, jedoch ist der Mittelwert für die Gruppe mit wenig Interaktivitätsnutzung am tiefsten. Bei der EMG-Messung wurden signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden. Die Gruppe mit wenig Interaktivitätsnutzung weist dabei den tiefsten Wert auf und unterscheidet sich damit signifikant von den beiden anderen Gruppen. Die Gruppe „viel Interaktivität“ hat die durchschnittlich höchste Valenz. Daraus lässt sich schliessen, dass Testpersonen, welche die Interaktivitätsmöglichkeiten häufiger benutzen eine höhere Valenz aufweisen. Bei der Erregung ist nur die Tendenz erkennbar, dass Testpersonen mit wenig Interaktivitätsnutzung tiefere Werte vorweisen. Dabei ist zu erwähnen, dass die Messungen der Hautleitfähigkeit von der Bewegung der Hand beeinflusst werden können. In den Vortests hatten die Bewegungen jedoch meist keinen Einfluss auf das Signal.

Die Einteilung der Nutzergruppen weist keine Korrelation mit der Erfahrung mit Videospielen auf. Deswegen muss bei der Emotionsanalyse unterschieden werden zwischen Einflüssen der Vertrautheit mit Interaktivität (durch Erfahrungen mit Videospielen) und der Nutzung von Interaktivität. Der Zusammenhang von Interaktivität und Emotion muss demzufolge anhand der Eigenschaften der Testpersonen erklärt werden.

Im abschliessenden Fragebogen mussten die Testpersonen angeben, welcher Level ihnen am besten gefallen hat. 61% der Testpersonen wählten Level 4, 29% Level 2 und 10% Level 3, während sich niemand für Level 1 entschied. Bei den offenen Fragen gaben viele Testpersonen an, dass es ihnen gefiel, selber die Geschwindigkeit der Turbinen zu bestimmen, die Windturbinen ein- und auszublenden, sowie selber navigieren zu können.

Damit kann die Aussage der Hypothese 1, dass Testpersonen Darstellungen mit höherer Interaktivität präferieren, unterstützt werden.

Insgesamt kann für die Forschungsfrage „Hat der Grad an Interaktivität in räumlichen Visualisierungen einen Einfluss auf die Emotion?“ zusammengefasst werden, dass die verschiedenen Einflüsse auf die Emotion es schwierig gestalten, Aussagen über die Wirkung der unterschiedlichen Interaktivitätslevels zu tätigen. Die Einteilung der Grade an Interaktivität der Levels erwies sich zudem als unterschiedlich interpretierbar. Die Levels wurden sehr ähnlich aufgebaut, damit sie vergleichbar sind. Gegebenenfalls würden deutlichere Unterschiede der Interaktivitätslevels zu stärkeren Messergebnissen führen. Auch die Dauer wurde für alle Levels gleich gewählt, könnte jedoch eventuell bei einem höheren Grad an Interaktivität verlängert werden. Ebenfalls fraglich ist, ob die Rotation der Windturbinen einen Maximalwert hätte erreichen sollen, damit die Drehgeschwindigkeit der Realität entspricht. MacEachren et al. (1999) nennen dies die Intelligenz der Objekte, welche erwünscht ist, um eine Visualisierung realitätsnaher darzustellen. In einem Planungsszenario wäre dies ein Muss, bei der Untersuchung der Interaktivität ist jedoch unklar, ob es einen Einfluss auf die Emotion hat.

Dennoch wurden wichtige Erkenntnisse betreffend dem Einfluss der Erfahrung mit Videospiele, der Interaktivitätsnutzung, der Präferenz von Interaktivitätsgraden, sowie des Unterschiedes von Visualisierungen mit und ohne Interaktivitätsmöglichkeiten gewonnen.

### **5.1.1 Vergleich der Methoden der Emotionsmessung**

Die zweite Forschungsfrage lautet: „Korrelieren Emotionsmessungen anhand von Fragebögen mit physiologischen Messungen?“. Um diese Frage zu beantworten, wurden die Resultate des SAM mit den physiologischen Messungen verglichen. Zuerst wurden die Werte der Valenz verglichen, dann jene der Erregung und schliesslich wurde eine optische Beurteilung der beiden Emotionsdimensionen im zweidimensionalen Modell vorgenommen. Die Resultate des *Circumplex Model of Affect* wurden nicht mit einbezogen.

Ein Vergleich der Valenz zeigte in keinem der Levels eine signifikante Korrelation der beiden Messmethoden. Der Wertebereich der Antworten liegt beim SAM hauptsächlich im positiven Bereich, die EMG-Messungen liegen hingegen mehrheitlich im negativen Valenzbereich. Ein möglicher Grund dafür ist die Verrechnung des Zygomaticus und des Corrugators. Durch eine simple Subtraktion des Corrugators vom Zygomaticus wirkt sich eine Abweichung der Intensitäten der beiden Einzelmessungen extrem auf das Resultat aus. Viel zentraler ist jedoch die Frage, ob positive und negative Valenzen überhaupt miteinander

verrechnet werden sollten. Mehrere Studien zeigten, dass positive und negative Gefühle zur selben Zeit wahrgenommen werden können (Cacioppo und Brentson 1994; Larsen, McGraw und Cacioppo 2001). Würde man diese Erkenntnis für die Emotionsanalyse mit einbeziehen, müsste das Emotionsmodell angepasst werden. In anderen Studien konnte eine Korrelation zwischen den Messmethoden gezeigt werden, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass das Emotionsmodell nicht für den Unterschied zwischen den Messmethoden verantwortlich ist (Lang et al. 1993; Mahlke und Minge 2008). Da die Visualisierungen keine spezifische Emotion hervorrufen und allgemein eher wenig Emotion erzeugen, ist die prozentuale Muskelaktivität beider gemessenen Muskeln gering. Wären die Stimuli emotionsgeladener, würden die Resultate anders aussehen. Aufgrund der erhaltenen Resultate mit dem ausgewählten Emotionsmodell muss Hypothese 6, welche einen Zusammenhang der Valenz-Messungen annimmt, abgelehnt werden.

Bei der Dimension Erregung wurden die Messungen der Hautleitfähigkeit mit der SAM-Erregung verglichen. Dabei konnten signifikante positive Zusammenhänge bei Level 1 und Level 2 festgestellt werden. Auch bei Level 3 und Level 4 bestehen positive Zusammenhänge mit einem mittleren Effekt, die jedoch nicht signifikant sind. Aufgrund dieser Erkenntnis kann die Hypothese 5 angenommen werden, welche vom Zusammenhang der beiden Erregungs-Messungen ausgeht. Wichtig ist bei diesem Vergleich, dass die über den Wertebereich normalisierten AUC-Werte für die Korrelation verwendet wurden, nicht die baseline-normalisierten.

### ***Unterschied der Emotion zwischen Frauen und Männern***

Um der Frage nach dem Unterschied der Emotion von Männern und Frauen nachzugehen, wurde bei allen Emotionsmessungen der Einfluss des Geschlechtes analysiert. Anhand des SAM wurden für die Erregung höhere Mittelwerte (nicht signifikant) für Frauen als für Männer gefunden. Bei der Valenz gab es keinen Unterschied zwischen den Geschlechtern. Bei den physiologischen Messungen konnte ein höherer Mittelwert der Hautleitfähigkeit bei weiblichen Testpersonen festgestellt werden (nicht signifikant). Bei der Messung der Muskelaktivität des Corrugators besteht kaum ein Unterschied zwischen den Geschlechtern, beim Zygomaticus ist dieser hingegen relativ deutlich, jedoch nicht signifikant. Männer weisen insgesamt eine höhere positive Valenz anhand des Zygomaticus auf. Mehrere Studien zeigten, dass sich der Unterschied zwischen Männern und Frauen oft nur auf die expressive Emotion bezieht, welche bei Frauen höher ist als bei Männern (Greenwald, Cook und Lang 1989; Kring und Gordon 1998; Dimberg und Lundquist 1990; Lang et al. 1993). Das Geschlecht scheint zwar in dieser Studie einen Einfluss auf die



Emotion zu haben, jedoch wird aufgrund der erhöhten Zygomaticus-Aktivität bei Männern die Hypothese nicht bestätigt, dass Frauen stärkere expressive Emotionen aufweisen. Hypothese 6 muss aus diesem Grund verworfen werden.

## 5.2 Haltung gegenüber Windenergie

Die dritte Forschungsfrage lautet: „Hat die Interaktivität einen Einfluss auf die Haltung gegenüber der in den Visualisierungen dargestellten Thematik?“. Damit möchte untersucht werden, ob der Grad an Interaktivität der Visualisierung einen Einfluss auf die Haltung der Testpersonen gegenüber Windenergie hat. Diese Untersuchung ist explorativ und testet keine Hypothesen.

Es lässt sich feststellen, dass sich die Haltung der Testpersonen gegenüber erneuerbaren Energien zwischen dem Pre- und Posttest nicht verändert hat. Auch die Antworten zur Frage nach der Einstellung gegenüber Windenergie im Speziellen zeigten kaum Veränderungen über die Levels hinweg. Ein signifikanter Unterschied wurde einzig bei dem semantischen Differential *ästhetisch - unästhetisch* gefunden, bei welchem die Testpersonen zu Beginn und am Ende der Studie angeben mussten, wie sehr die Adjektive für sie auf Windenergieanlagen zutreffen. Beim Posttest wurden sie als deutlich ästhetischer angesehen als im Pretest. Dies spricht dafür, dass die Auseinandersetzung mit der Visualisierung von Windturbinen einen Einfluss auf gewisse Ansichten der Testperson haben könnte.

Beim Vergleich der Frage nach dem Gefallen der Landschaft mit oder ohne Windturbinen gefällt den Testpersonen die Landschaft ohne Turbinen stets besser. Signifikant ist dieser Unterschied nur für Level 1, bei dem die Windturbinen immer eingeblendet waren und die Testperson sich die Landschaft ohne sie vorstellen musste. Es lässt sich vermuten, dass die tatsächliche Darstellung der Landschaftsveränderung mit und ohne Windturbinen den Unterschied kleiner erscheinen lässt, im Vergleich zur reinen Vorstellung der Landschaft ohne Turbinen.

Die Haltung der Testpersonen zu analysieren ist sehr schwierig, da bei Fragebögen häufig das Problem der sozialen Erwünschtheit auftaucht (Klößner und Friedrichs 2014). Dadurch erweist es sich als schwierig, beurteilen zu können, ob die Angaben der Testpersonen ihren tatsächlichen Einstellungen entsprechen. Allgemein stellt die Analyse der Haltung gegenüber Windenergie eine heikle Angelegenheit dar. Die einzige Vermutung, welche aufgrund der Resultate aufgestellt wird ist, dass eine interaktive Visualisierung nur wenig Einfluss auf die Haltungsänderung der Testperson haben kann.

### ***Wirkung der Landschaftsvisualisierung auf die Testpersonen***

Die Kommentare der abschliessenden Fragen zu den Visualisierungen wurden ebenfalls gesichtet, um analysieren zu können, wie die Landschaftsvisualisierung aufgenommen wurde. Als positiv wurden mehrfach die realistischen Windturbinen genannt, sowie der Hintergrund mit den Bergen im Nebel. Als negativ fielen hingegen das allgemein etwas pixelige Bild sowie die unrealistische Strasse auf. Bei der Frage, was den Testpersonen in der Visualisierung fehlte, wurden vereinzelt Objekte wie Tiere oder Sitzbänke genannt. Mehrere Testpersonen gaben an, ihnen hätten der Ton im Allgemeinen und die Geräusche der Windturbinen im Speziellen gefehlt.

Die Angabe, welche insgesamt am häufigsten gemacht wurde, ist das Fehlen der Geräusche. Es war zu erwarten, dass diese Antwort auftreten würde, da Geräusche von Windkraftanlagen oft thematisiert werden. Viele Windkraftgegner sehen neben der Landschaftsveränderung den durch Turbinen verursachten Lärm als Hauptproblem (Shepherd et al. 2011). Die Einbettung der Akustik in die Visualisierungen, wie dies Manyoky et al. (2014) vorgenommen haben, ist deshalb äusserst sinnvoll. Geräusche konnten in dieser Studie nicht eingebunden werden, da sie einen weiteren Einfluss auf die Emotion darstellen würden. Das Zusammenspiel der Einflüsse auf die Emotion ist ohnehin schon sehr komplex, weshalb der Fokus auf dem Einfluss der visuellen Komponente auf die Emotion lag. Spannend wäre jedoch ein Vergleich der Emotion bei derselben Visualisierung mit und ohne Akustik.

### **5.3 Kritische Betrachtung der Studie**

Der Aufbau der Studie und die angewendeten Messverfahren bringen einige Unsicherheiten mit sich. Das *within-subject design* wird von vielen Forschern kritisiert, da es den grossen Nachteil mit sich bringt, dass Testpersonen bei der Ansicht mehrerer Stimuli nach dem ersten bereits beeinflusst wurden (Martin 2008). Zudem wäre allgemein eine grössere Anzahl Testpersonen wünschenswert, um verlässlichere Resultate erhalten zu können. Gerade bei der physiologischen Emotionsmessung wäre dies hilfreich, da die Messwerte teilweise sehr unterschiedlich ausfallen und die Stichprobengrösse bei einer Analyse mit Zwischensubjektfaktoren einen grossen Einfluss auf das Resultat haben kann.

Die Konzeption der vier Levels sollte eine klare Abstufung des Grades an Interaktivität aufweisen. Level 3 wurde durch technische Unreinheiten unrealer wahrgenommen, was die Resultate beeinflusst hat. Die Interpretation der Resultate gestaltet sich aus diesem Grund als

schwierig. Dies zeigt, dass eine Abstufung einer Variable nicht immer wie erwartet wahrgenommen wird.

Die Vorbereitung der Interaktivitätslevels in der CryENGINE brachten mehrere kleine Probleme mit sich. So mussten beispielsweise dreidimensionale Darstellungen des Grases entfernt werden, wodurch der Realitätsgrad der Visualisierungen abnahm. Zudem verfügen die Projektoren im CAVE nicht über eine Full HD Auflösung, so erschien das Bild etwas pixelig. Bei den Visualisierungen stellt sich insgesamt die Frage, ob eine durchgehende Intelligenz der Objekte (MacEachren et al. 1999) nötig gewesen wäre. Falls ja, hätten die Windräder nur eine realistische maximale Drehgeschwindigkeit annehmen können. Zudem hätte die Empfindlichkeit des Joysticks des Xbox Controllers für die Rundumsicht so angepasst werden sollen, dass die Drehgeschwindigkeit real erscheint.

Die Untersuchung der durch Interaktivität ausgelösten Emotion erwies sich als kompliziert. Die Einflüsse der Wirkung des Gegenstandes der Visualisierung (Windenergieanlagen) verfloßen mit jener der Interaktivität, weshalb die gemessene Emotion vorsichtig interpretiert werden muss. Bei der Emotionsanalyse hat die Wahl des Analyseverfahrens einen grossen Einfluss auf die Resultate. Da in dieser Arbeit die Mittelwerte der Emotion über 45 Sekunden hinweg analysiert wurden, konnten kurzzeitige Veränderungen aufgrund der Interaktivität nicht berücksichtigt werden. Eine auf den Tastenanschlägen basierende Analyse der Emotion würde helfen, um den Zusammenhang von Interaktivität und Emotion besser verstehen zu können. Aus Zeitgründen konnte eine solche Analyse in dieser Arbeit nicht mehr durchgeführt werden.

Das Durchführen von physiologischen Messungen war herausfordernd, jedoch höchst interessant. Durch die fehlende Erfahrung mit den Messgeräten und -verfahren, sowie den Analysemethoden, kann ein mit verwandter Forschung vergleichbares Signal nicht garantiert werden. Die Messung der Gesichtsmuskulaturaktivität ist sehr sensibel und es können sich viele Fehlerquellen in das Signal einschleichen. Deswegen ist der Vergleich der physiologisch gemessenen Emotion mit dem Selbsteinschätzungs-Fragebogen umso wichtiger.



## 6 Schlussfolgerungen

Ziel dieser Arbeit war es, Erkenntnisse über den Einfluss des Grades an Interaktivität auf die Emotion zu generieren. Dazu wurde eine Studie durchgeführt, bei welcher die Emotion der Testpersonen während der Betrachtung einer interaktiven Visualisierung eines Windparks physiologisch gemessen, sowie mit einem Selbsteinschätzungs-Fragebogen erhoben wurde. Es gab vier Stufen an Interaktivität, deren Einfluss auf die Emotion untersucht wurde. Im Fragebogen wurde zusätzlich die Haltung der Testpersonen gegenüber Windenergie abgefragt, um deren Zusammenhang mit der Emotion untersuchen zu können.

Der Vergleich der anhand der beiden Dimensionen Valenz und Erregung gemessenen Emotion zeigte zwischen den vier Interaktivitätslevels keine signifikanten Unterschiede. Die Visualisierung ohne Interaktivitätsmöglichkeit wies jedoch die tiefsten Emotionswerte auf, weshalb vermutet wird, dass das Vorhandensein von Interaktivitätsmöglichkeiten zu höheren Emotionswerten führt. Die sonstigen Veränderungen zeigten kein klares, auf den Grad an Interaktivität basierendes Muster. Anhand des Fragebogens favorisierten die Testpersonen jedoch die Darstellung mit der höchsten Interaktivität. Dies wurde bereits in mehreren anderen Studien erwiesen (Krygier et al. 1997; Tversky, Morrison und Betrancourt 2002). Das Veränderungsmuster der Emotion wurde anhand der Einflüsse auf die Emotion genauer analysiert. Es wird angenommen, dass die Erfahrung mit Videospiele einen Einfluss auf die Erregung der Testpersonen hat. Testpersonen mit wenig Erfahrung waren bei den Levels mit mehr Interaktivität deutlich erregter als Testpersonen mit viel Erfahrung. Unabhängig von der Erfahrung mit Videospiele haben die Testpersonen die Interaktivitätsmöglichkeiten unterschiedlich oft benutzt. Testpersonen mit einer hohen Interaktivitätsnutzung wiesen eine höhere physiologisch gemessene Valenz auf, als jene mit weniger Interaktivitätsnutzung. Bei der Erregung war hingegen kein Unterschied erkennbar. Insgesamt wurde festgestellt, dass bei der Untersuchung des Zusammenhanges von Interaktivität und Emotion die Eigenschaften (Erfahrung mit Videospiele und Interaktivitätsnutzung) der Testpersonen miteinbezogen werden müssen. Zudem wurde die Erkenntnis gewonnen, dass höhere Interaktivität von räumlichen Visualisierungen mehrheitlich zu einem höheren wahrgenommenen Realitätsgrad und einem erhöhten Gefühl von *Presence* führt.

Der Vergleich der physiologischen Emotionsmessungen mit dem Selbsteinschätzungs-Fragebogen zeigte, dass diese in der Erregungs-Dimension korrelieren, sich jedoch in der Valenz-Dimension unterscheiden. Bisherige Forschung zeigte mehrheitlich eine Korrelation

---

der beiden Messverfahren für beide Dimensionen (Mahlke und Minge 2008). Eine Vermutung ist, dass diese Abweichung in der Valenz-Dimension kleiner wird, wenn Stimuli eingesetzt werden, die mehr Emotion auslösen. Dies müsste jedoch weiter untersucht werden.

Des Weiteren wurde der Einfluss des Geschlechts auf die Emotion untersucht. Für die Dimension Erregung wurde mittels SAM und Hautleitfähigkeit ein höherer Wert bei Frauen festgestellt. Für die Valenz gab es beim SAM keine Unterschiede, bei der Gesichtsmuskelaktivität wiesen Männer jedoch eine höhere Aktivität des Zygomaticus auf. Alle Unterschiede sind nicht signifikant, doch die Mittelwerte unterscheiden sich jeweils deutlich. Die Annahme, dass Frauen expressiver sind als Männer (Greenwald, Cook und Lang 1989; Kring und Gordon 1998; Dimberg und Lundquist 1990; Lang et al. 1993), kann mit diesen Resultaten nicht unterstützt werden.

Die Haltung der Testpersonen gegenüber erneuerbaren Energien generell und Windenergie spezifisch veränderten sich über die Studie hinweg nicht. Es wurde jedoch ein Unterschied beim semantischen Differential zur Wahrnehmung von Windenergieanlagen gefunden. Die Antworten des Gegensatzpaares *unästhetisch* – *ästhetisch* unterschieden sich zwischen dem Pre- und dem Posttest signifikant. Nach der Studie fanden die Testpersonen Windenergieanlagen durchschnittlich ästhetischer als noch zuvor. Da sich die Haltung der Testpersonen grundsätzlich nicht verändert hat, besteht vermutlich kein Zusammenhang mit der Veränderung der Emotion.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit unterstützen nur teilweise die bestehenden Annahmen aus der Forschung. Dies bestätigt das komplexe Zusammenspiel der Einflüsse auf die Emotion und die Schwierigkeit ihrer Messung. Nichts desto trotz konnten Erkenntnisse generiert werden, die in die weitere Forschung miteinbezogen werden können.

## **6.1 Ausblick**

Weitere Forschung könnte zur Untersuchung des Zusammenhanges von Interaktivität und Emotion an verschiedenen Erkenntnissen dieser Arbeit anknüpfen. Eine Analyse der kurzzeitigen Emotion bei der Nutzung einer Interaktivitätsmöglichkeit wäre der nächste Schritt. Dazu müsste die physiologisch gemessene Emotion mit den Zeiten der Tastenanschläge verbunden werden. Damit könnten genauere Aussagen über die Wirkung der Interaktivität auf die Emotion getätigt werden. Es wäre auch eine Studie denkbar, bei der die Emotion der Testperson beim Erkunden von unterschiedlich interaktiven Karten gemessen wird. Dabei könnte man noch einen Schritt weiter gehen und einen Eye-Tracker

einsetzen, um genau analysieren zu können, welche Elemente und Interaktionen Emotion auslösen.

Im Bereich der Landschaftsvisualisierung für die Planung wären weitere Studien zur Emotion basierend auf den Visualisierungen des Windparks denkbar. Der Einfluss der Geräusche auf die Emotion könnte untersucht werden, sowie die Auswirkung von unterschiedlichen Realitätsgraden auf die Emotion. Interessant wäre auch der Vergleich von Windparks in unterschiedlichen Umgebungen (Stadt, Berggebiet, Offshore).

Abschliessend ist zu erwähnen, dass die Emotionsmessung viele Unsicherheiten mit sich bringt. Deshalb ist die Wahl der Messverfahren, des zugrunde liegenden Emotionsmodells sowie der Analyseverfahren äusserst wichtig.





## 7 Literatur

- Anand, S. S., & Mobasher, B. (2003). Intelligent techniques for web personalization. In *Proceedings of the 2003 international conference on Intelligent Techniques for Web Personalization* (pp. 1-36). Springer-Verlag.
- Antle, A. N. (2000). Interactive visualization tools for spatial data & metadata (Doctoral dissertation, University of British Columbia).
- Antonenko, P., Paas, F., Grabner, R., & van Gog, T. (2010). Using electroencephalography to measure cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(4), 425-438.
- Bell, D., Gray, T., & Haggett, C. (2005). The 'social gap' in wind farm siting decisions: explanations and policy responses. *Environmental politics*, 14(4), 460-477.
- Bertin, J. (1967). *Sémiologie graphique: les diagrammes - les réseaux - les cartes*. Paris: Mouton.
- BFE (Bundesamt für Energie) (2013). *Energieperspektiven 2050*.
- Bopp, J. A., Mekler, E. D., & Opwis, K. (2016). Negative Emotion, Positive Experience?: Emotionally Moving Moments in Digital Games. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2996-3006). ACM.
- Boucsein, W. (2012). *Electrodermal activity*. Springer Science & Business Media.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2000). Affective reactions to acoustic stimuli. *Psychophysiology*, 37(02), 204-215.
- 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. *Psychophysiology*, 49, 1017-1034.
- Brandstätter, V., & Otto, J. H. (Eds.). (2009). *Handbuch der Allgemeinen Psychologie - Motivation und Emotion*. Hogrefe Verlag.
- Busselle, R., & Bilandzic, H. (2008). Fictionality and perceived realism in experiencing stories: A model of narrative comprehension and engagement. *Communication Theory*, 18(2), 255-280.
- Buziek, G. (2003). *Eine Konzeption der kartographischen Visualisierung*, Dissertation am kartografischen Institut der Universität Hannover.
- Buziek, G., Dransch, D., & Rase, W. D. (2000). *Dynamische Visualisierung*.
- Cacioppo, J. T., & Berntson, G. G. (1994). Relationship between attitudes and evaluative space: A critical review, with emphasis on the separability of positive and substrates. *Psychological bulletin*, 115(3), 401.
- Cacioppo, J. T., Petty, R. E., Losch, M. E., & Kim, H. S. (1986). Electromyographic activity over facial muscle regions can differentiate the valence and intensity of affective reactions. *Journal of personality and social psychology*, 50(2), 260.
- Carlson, J. G., & Hatfield, E. (1992). *Psychology of emotion*. Harcourt Brace Jovanovich.
- Carr, N. (2011). *The shallows: What the Internet is doing to our brains*. WW Norton & Company.

- 
- Chen, Y. S. (2016). Emotion Management and Highly Interactivity Video Games.
- Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences Lawrence Earlbaum Associates. Hillsdale, NJ, 20-26.
- Cohen, J. (1992). Statistical power analysis. *Current directions in psychological science*, 1(3), 98-101.
- Crampton, J. W. (2002). Interactivity types in geographic visualization. *Cartography and geographic information science*, 29(2), 85-98
- Danahy, J. W. (2001). Technology for dynamic viewing and peripheral vision in landscape visualization. *Landscape and Urban Planning*, 54(1), 127-138.
- Dawson, M. E., Schell, A. M., & Filion, D. L. (2007). 7 the electrodermal system. *Handbook of psychophysiology*, 159.
- Devine-Wright, P. (2014). Renewable Energy and the Public: from NIMBY to Participation. Routledge.
- Devine-Wright, P. (2009). Rethinking NIMBYism: The role of place attachment and place identity in explaining place-protective action. *Journal of community & applied social psychology*, 19(6), 426-441.
- DiBiase, D., MacEachren, A. M., Krygier, J. B., & Reeves, C. (1992). Animation and the role of map design in scientific visualization. *Cartography and geographic information systems*, 19(4), 201-214.
- Dimberg, U., & Lundquist, L. O. (1990). Gender differences in facial reactions to facial expressions. *Biological psychology*, 30(2), 151-159.
- Dimberg, U., & Petterson, M. (2000). Facial reactions to happy and angry facial expressions: Evidence for right hemisphere dominance. *Psychophysiology*, 37(5), 693-696
- Dransch, D. (2007). Designing suitable cartographic multimedia presentations. In *Multimedia Cartography* (pp. 75-87). Springer Berlin Heidelberg.
- Ebinger, S., & Skupin, A. (2007). Comparing Different Forms of Interactivity in the Visualization of Spatio-Temporal Data. *Kartographische Nachrichten*, (2), 63-70.
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition & emotion*, 6(3-4), 169-200.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1975). Unmasking the face: A guide to recognizing emotions from facial cues.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1977). Facial action coding system.
- Ekman, P., Sorenson, E. R., & Friesen, W. V. (1969). Pan-cultural elements in facial displays of emotion. *Science*, 164(3875), 86-88.
- Ertel, S. (1965). Standardisierung eines Eindrucks-differentials. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*.
- Fabrikant, S. I., & Lobben, A. (2009). Introduction: Cognitive issues in geographic information visualization. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 44(3), 139-143.
- Field, A. (2009). Discovering statistics using SPSS. Sage publications.
- Fowles, D. C., Christie, M. J., Edelberg, R., Grings, W. W., Lykken, D. T., & Venables, P. H. (1981). Publication recommendations for electrodermal measurements. *Psychophysiology*, 18(3), 232-239.
-

- 
- Freeman, J., Lessiter, J., Pugh, K., & Keogh, E. (2005). When presence and emotion are related, and when they are not. *Proceedings of PRESENCE*, 213-218.
- Fridlund, A. J., & Cacioppo, J. T. (1986). Guidelines for human electromyographic research. *Psychophysiology*, 23(5), 567-589.
- Fuhrmann, S., Schmidt, B., Berlin, K., & Kuhn, W. (2001). Anforderungen an 3D-Interaktionen in geovirtuellen Visualisierungsumgebungen. *Kartographische Nachrichten*, 51(4), 191-195.
- Greenwald, M. K., Cook, E. W., & Lang, P. J. (1989). Affective judgment and psychophysiological response: Dimensional covariation in the evaluation of pictorial stimuli. *Journal of psychophysiology*, 3(1), 51-64.
- Grodal, T. (2000). Video games and the pleasures of control. *Media entertainment: The psychology of its appeal*, 197-213.
- Grossman, M., & Wood, W. (1993). Sex differences in intensity of emotional experience: a social role interpretation. *Journal of personality and social psychology*, 65(5), 1010.
- Harrower, M., & Fabrikant, S. I. (2008). The role of map animation for geographic visualization. *Geographic visualization*, 49-65
- Harrower, M., MacEachren, A., & Griffin, A. L. (2000). Developing a geographic visualization tool to support earth science learning. *Cartography and Geographic Information Science*, 27(4), 279-293.
- Hazlett, R. L., & Hazlett, S. Y. (1999). Emotional response to television commercials: Facial EMG vs. self-report. *Journal of Advertising Research*, 39, 7-24.
- IPCC (2011). IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1075 pp.
- Ijsselstein, W. (2002). Elements of a multi-level theory of presence: Phenomenology, mental processing and neural correlates. *Proceedings of PRESENCE*, 245-259.
- James, W. (1884). What is an emotion? *Mind*, 9,188-205.
- Jessel, B., Fischer-Hüftle, P., Jenny, D., Zschalich, A. (2003): Erarbeitung von Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen für Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes. *Angewandte Landschaftsökologie*, Heft 53, Bundesamt für Naturschutz, Bonn – Bad Godesberg, 294 S.
- Kinner, V. L., Het, S., & Wolf, O. T. (2014). Emotion regulation: exploring the impact of stress and sex. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 8, 397.
- Klößner, J., & Friedrichs, J. (2014). Gesamtgestaltung des Fragebogens. In *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (pp. 675-685). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Kring, A. M., & Gordon, A. H. (1998). Sex differences in emotion: expression, experience, and physiology. *Journal of personality and social psychology*, 74(3), 686.
- Krygier, J., Reeves, C., Cupp, J., & DiBiase, D. (1997). Multimedia in geographic education: Design, implementation, and evaluation. *J. Geography in Higher Education*, 21(1), 1739.
- Lang, P. J. (1980). Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: Computer applications.
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., & Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30(3), 261-273.
-

- 
- Lange, E. (2002). Visualization in Landscape Architecture and Planning - Where we have been, where we are now and where we might go from here. Trends in GIS and Virtualization in Environmental Planning and Design. Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences, 8-18.
- Lange, E., & Bishop, I. D. (2005). Visualization in landscape and environmental planning: technology and applications. Taylor & Francis.
- Lange, E., Schroth, O., Wissen Hayek, U., & Schmid, W. A. (2003). Anforderungen an Visualisierungstools zur Partizipation der Öffentlichkeit bei der Bewertung der Landschaftsentwicklung. CORP. Wien.
- Larsen, J. T., McGraw, A. P., & Cacioppo, J. T. (2001). Can people feel happy and sad at the same time? *Journal of personality and social psychology*, 81(4), 684.
- 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. *Psychophysiology*, 40(5), 776-785.
- Lovett, A., Ribeiro, S. C., Van Berkel, D., Verburg, P., & Firmino, A. (2010). Representing and Communicating Rural Futures through 3D Landscape Visualizations-Experiences from the RUFUS Project. In Peer Reviewed Proceedings of Digital Landscape Architecture 2010 (pp. 261-268). Anhalt University of Applied Sciences, Wichmann Verlag Heidelberg.
- MacEachren, A. M., Edsall, R., Haug, D., Baxter, R., Otto, G., Masters, R., & Qian, L. (1999). Virtual environments for geographic visualization: Potential and challenges. In Proceedings of the 1999 workshop on new paradigms in information visualization and manipulation in conjunction with the eighth ACM international conference on Information and knowledge management (pp. 35-40). ACM.
- MacEachren, A. M., & Kraak, M. J. (2001). Research challenges in geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 3-12.
- Mahlke, S., & Minge, M. (2006). Emotions and EMG measures of facial muscles in interactive contexts. *Cognition and Emotion*, 6, 169-200.
- Mahlke, S., & Minge, M. (2008). Consideration of multiple components of emotions in human-technology interaction. In *Affect and emotion in human-computer interaction* (pp. 51-62). Springer Berlin Heidelberg.
- Manyoky, M. (2011). SoundLandScape - Linking GIS-based 3D landscape visualization and spatial explicit ambient noise made by wind turbines (Master thesis in M. Sc. Geomatic and Planning, PLUS, IRL, ETH Zurich).
- Manyoky, M., Wissen Hayek, U., Heutschi, K., Pieren, R., & Grêt-Regamey, A. (2014). Developing a GIS-based visual-acoustic 3D simulation for wind farm assessment. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 3(1), 29-48.
- Martin, D. (2008). *Doing psychology experiments*. Cengage Learning
- Miller, G. A., Levin, D. N., Kozak, M. J., Cook III, E. W., McLean Jr, A., & Lang, P. J. (1987). Individual differences in imagery and the psychophysiology of emotion. *Cognition and Emotion*, 1(4), 367-390.
- Motion Lab Systems (2009). *EMG Analysis. A software user guide for EMG Graphing and EMG Analysis*.
-

- 
- Nakasone, A., Prendinger, H., & Ishizuka, M. (2005, September). Emotion recognition from electromyography and skin conductance. In Proc. of the 5th International Workshop on Biosignal Interpretation (pp. 219-222).
- Oh, J., & Sundar, S. S. (2015). How does interactivity persuade? An experimental test of interactivity on cognitive absorption, elaboration, and attitudes. *Journal of Communication, 65*(2), 213-236.
- Ortony, A., Clore, G. L., & Collins, A. (1990). The cognitive structure of emotions. Cambridge university press.
- Ortony, A., Clore, G. L., & Foss, M. A. (1987). The referential structure of the affective lexicon. *Cognitive science, 11*(3), 341-364.
- Ortony, A., & Turner, T. J. (1990). What's basic about basic emotions? *Psychological review, 97*(3), 315.
- Paar, P., Schroth, O., Wissen Hayek, U., Lange, E., & Schmid, W. A. (2004). Steckt der Teufel im Detail? Eignung unterschiedlicher Detailgrade von 3D-Landschaftsvisualisierung für Bürgerbeteiligung und Entscheidungsunterstützung. In Proceedings of the 9th International Conference on Urban Planning and Regional Development in the Information Society, Vienna, Austria (pp. 25-27).
- Partala, T., Surakka, V., & Vanhala, T. (2005). Person-independent estimation of emotional experiences from facial expressions. In Proceedings of the 10th international conference on Intelligent user interfaces (pp. 246-248). ACM.
- Pedersen, E., & Larsman, P. (2008). The impact of visual factors on noise annoyance among people living in the vicinity of wind turbines. *Journal of Environmental Psychology, 28*(4), 379-389.
- Petschek, P., & Lange, E. (2004). Planung des öffentlichen Raumes-der Einsatz von neuen Medien und 3D Visualisierungen am Beispiel des Entwicklungsgebietes Zürich-Leutschenbach. Schrenk, Manfred (Hrsg.), 9.
- Plutchik, R. (1980). A general psychoevolutionary theory of emotion. *Theories of emotion, 1*, 3-31.
- Posner, J., Russell, J. A., & Peterson, B. S. (2005). The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and psychopathology, 17*(03), 715-734.
- Prinz, J. J. (2004). Gut reactions: A perceptual theory of emotion. Oxford University Press.
- Raithel, J. (2006). Quantitative Forschung. VSVerlag für Sozialwissenschaften.
- Rothermund, K., Eder, A. B., & Eder, A. B. (2011). Allgemeine Psychologie: Motivation und Emotion. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology, 39*, 1161-1178
- Russell, J. A., Weiss, A., & Mendelsohn, G. A. (1989). Affect grid: A single-item scale of pleasure and arousal. *Journal of Personality and Social Psychology, 57*(3), 493-502.
- Scaife, M., & Rogers, Y. (1996). External cognition: how do graphical representations work? *International journal of human-computer studies, 45*(2), 185-213.
- Scherer, K. R. (1984). On the nature and function of emotion: A component process approach. *Approaches to emotion, 2293*, 317.
-

- 
- Schroth, O. (2007). From Information to Participation. Interactive Landscape Visualization as a Tool for Collaborative Planning. Diss ETH No 17409
- Schwartz, G. E. (1975). Biofeedback, self-regulation, and the patterning of physiological processes. *American Scientist*, 63, 314-324.
- Schwartz, G. E., Brown, S. L., & Ahern, G. L. (1980). Facial muscle patterning and subjective experience during affective imagery: Sex differences. *Psychophysiology*, 17, 75-82.
- Seitz, N. J. (2011). Akzeptanz von Windkraftanlagen.
- Shepherd, D., McBride, D., Welch, D., Dirks, K. N., & Hill, E. M. (2011). Evaluating the impact of wind turbine noise on health-related quality of life. *Noise and Health*, 13(54), 333.
- Sheppard, S. R. (2001). Guidance for crystal ball gazers: developing a code of ethics for landscape visualization. *Landscape and urban planning*, 54(1), 183-199.
- Sheppard, S. R. J., & Salter, J. (2004). The role of visualization in forest planning. *Encyclopedia of Forest Sciences*, 486-498.
- Silbernagl, S. (2012). Taschenatlas Physiologie. Georg Thieme Verlag.
- Slocum, T. A., Blok, C., Jiang, B., Koussoulakou, A., Montello, D. R., Fuhrmann, S., & Hedley, N. R. (2001). Cognitive and usability issues in geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 61-75.
- Sundar, S. S. (2007). Social psychology of interactivity in human-website interaction. *The Oxford handbook of Internet psychology*, 89-104.
- Tan, J. W., Andrade, A. O., Li, H., Walter, S., Hrabal, D., Rukavina, S., & Traue, H. C. (2016). Recognition of Intensive Valence and Arousal Affective States via Facial Electromyographic Activity in Young and Senior Adults. *PloS one*, 11(1), e0146691.
- Traxel, W., & Heide, H. J. (1961). Dimensionen der Gefühle. *Psychologische Forschung*, 26(3), 179-204.
- Tversky, B., Morrison, J. B., & Betrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate? *International journal of human-computer studies*, 57(4), 247-262.
- Van Boxtel, A. (2010). Facial EMG as a tool for inferring affective states. In Proceedings of measuring behavior (pp. 104-108). Wageningen: Noldus Information Technology.
- VisAsim (2016). <http://www.visasim.ethz.ch/> (letzter Zugriff: 10.09.2016)
- Von Leupoldt, A., & Ritz, T. (Eds.). (2008). Verhaltensmedizin: Psychobiologie, Psychopathologie und klinische Anwendung. W. Kohlhammer Verlag.
- Waltisberg, D. (2015). Virtual Reality für die Raum- und Infrastrukturplanung. Beispiel Windenergie (Master thesis in M. Sc. Geomatic and Planning, PLUS, IRL, ETH Zurich).
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of personality and social psychology*, 54(6), 1063.
- West, J., Bailey, I., & Winter, M. (2010). Renewable energy policy and public perceptions of renewable energy: A cultural theory approach. *Energy Policy*, 38(10), 5739-5748.
- Wissen Hayek, U. (2011). Which is the appropriate 3D visualization type for participatory landscape planning workshops? A portfolio of their effectiveness. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 38(5), 921-939.
-

- Wissen Hayek, U. (2016). Einführung in CryENGINE. GIS-basierte 3D Landschaften zur Partizipativen Planung. Skript zur Vorlesung im FS2016.
- Wissen Hayek, U., & Grêt-Regamey, A. (2010). Virtuelle Landschaften zur partizipativen Planung der Landschaftsentwicklung-Einsatz und Nutzen von 3D Landschaftsvisualisierungen in Planungsworkshops. *Forum für Wissen*.
- Wolsink, M. (2007). Wind power implementation: the nature of public attitudes: equity and fairness instead of 'backyard motives'. *Renewable and sustainable energy reviews*, 11(6), 1188-1207.
- Wundt, W. (1896). *Grundriss der Psychologie*. Leipzig: Engelmann.
- Wüstenhagen, R., Wolsink, M., & Bürer, M. J. (2007). Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy policy*, 35(5), 2683-2691.





# Anhang

## A. Fragebogen

### Fragebogenteil Pretest

#### Persönliche Fragen

Proband Nr.

Speichern - nächste Frage!

#### Persönliche Fragen

Geschlecht

- weiblich  
 männlich

Speichern - nächste Frage!

#### Persönliche Fragen

Alter

Speichern - nächste Frage!

#### Persönliche Fragen

Wie viel Erfahrung haben Sie mit Videogames?

- viel  
 vermehrt  
 mittel  
 wenig  
 keine

Speichern - nächste Frage!

#### Persönliche Fragen

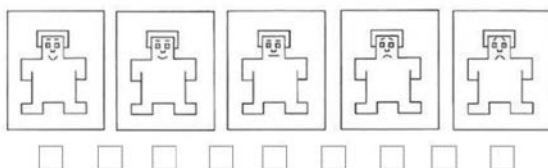
Wie stark treffen folgende Adjektive auf Ihr momentanes Befinden zu?

wachsam	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	müde
aufgeregt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	gelangweilt
ermüdet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	deprimiert
glücklich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	traurig
zufrieden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	verärgert
gelassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	gestresst
entspannt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	nervös
ruhig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	angespannt

Speichern - nächste Frage!

#### Persönliche Fragen

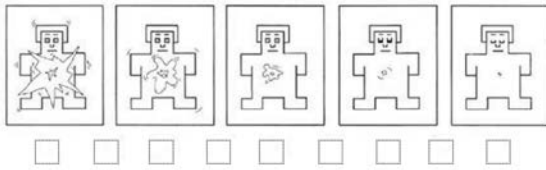
Welches Bild passt am besten zu Ihrer jetzigen Gefühlslage?



Speichern - nächste Frage!

### Persönliche Fragen

Welches Bild passt am besten zu Ihrer jetzigen Gefühlslage?



Speichern - nächste Frage!

### Persönliche Fragen

Wie stehen Sie zu erneuerbaren Energien?

- stark dafür
- sehr dafür
- eher dafür
- neutral
- eher dagegen
- sehr dagegen
- stark dagegen

Speichern - nächste Frage!

### Persönliche Fragen

Wie stehen Sie zu Windenergie im Speziellen?

- stark dafür
- sehr dafür
- eher dafür
- neutral
- eher dagegen
- sehr dagegen
- stark dagegen

Speichern - nächste Frage!

### Persönliche Fragen

Wie stark sollte man die folgenden Energieformen Ihrer Meinung nach fördern?

	prioritär	stark	mittelmässig	wenig	gar nicht
Wasserkraft	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Windenergie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonnenenergie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geothermie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Biomasse und Holz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atomenergie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Speichern - nächste Frage!

### Persönliche Fragen

Wie stark treffen folgende Adjektive für Sie auf Windenergieanlagen zu?

leise	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	laut
sinnvoll	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unnützlich
leistungsstark	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	leistungsschwach
ästhetisch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unästhetisch
beruhigend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	bedrohlich

Speichern - nächste Frage!

### Hinweis

Dieser Fragebogenteil endet hier, melde dich bitte bei Corin. Vielen Dank!

weiter...

## Fragebogenteil nach Level

(Für jeden Level identisch, deshalb nur für erste Ansicht aufgeführt)

### Erste Ansicht

Wie stark treffen folgende Adjektive auf Ihr momentanes Befinden zu?

wachsam	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	müde
aufgeregt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	gelangweilt
ermüdet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	deprimiert
glücklich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	traurig
zufrieden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	verärgert
gelassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	gestresst
entspannt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	nervös
ruhig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	angespannt

Speichern - nächste Frage!

### Erste Ansicht

Welches Bild passt am besten zu Ihrer jetzigen Gefühlslage?

Speichern - nächste Frage!

### Erste Ansicht

Welches Bild passt am besten zu Ihrer jetzigen Gefühlslage?

Speichern - nächste Frage!

### Erste Ansicht

Wie gut hat Ihnen die Landschaft MIT Windkraftanlagen gefallen?

- sehr gut
- gut
- eher gut
- neutral
- eher nicht
- nicht
- gar nicht

Speichern - nächste Frage!

### Erste Ansicht

Wie gut hat Ihnen die Landschaft OHNE Windkraftanlagen gefallen?

- sehr gut
- gut
- eher gut
- neutral
- eher nicht
- nicht
- gar nicht

Speichern - nächste Frage!

### Erste Ansicht

Wie gut konnten Sie sich in die Umgebung hinein versetzen?

- sehr gut
- gut
- eher gut
- neutral
- eher nicht
- nicht
- gar nicht

Speichern - nächste Frage!

### Erste Ansicht

Hatten Sie das Gefühl, nur Bilder zu sehen?

- trifft stark zu
- trifft zu
- trifft eher zu
- neutral
- trifft eher nicht zu
- trifft nicht zu
- trifft überhaupt nicht zu

Speichern - nächste Frage!

### Erste Ansicht

Wie real erschien Ihnen die virtuelle Umgebung?

- vollkommen real
- real
- eher real
- neutral
- eher unreal
- unreal
- sehr unreal

Speichern - nächste Frage!

### Erste Ansicht

Wie stehen Sie zu Windenergie im Speziellen?

- stark dafür
- sehr dafür
- eher dafür
- neutral
- eher dagegen
- sehr dagegen
- stark dagegen

Speichern - nächste Frage!

## Fragebogenteil Posttest

### Abschliessende Fragen

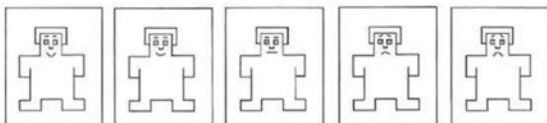
Wie stark treffen folgende Adjektive auf Ihr momentanes Befinden zu?

wachsam	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	müde
aufgeregt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	gelangweilt
ermüdet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	deprimiert
glücklich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	traurig
zufrieden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	verärgert
gelassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	gestresst
entspannt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	nervös
ruhig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	angespannt

Speichern - nächste Frage!

### Abschliessende Fragen

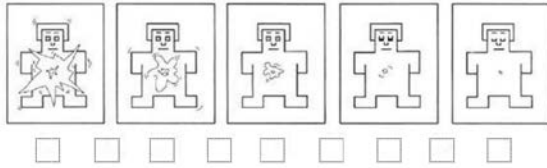
Welches Bild passt am besten zu Ihrer jetzigen Gefühlslage?



Speichern - nächste Frage!

### Abschliessende Fragen

Welches Bild passt am besten zu Ihrer jetzigen Gefühlslage?



Speichern - nächste Frage!

### Abschliessende Fragen

Wie stehen Sie zu erneuerbaren Energien?

- stark dafür
- sehr dafür
- eher dafür
- neutral
- eher dagegen
- sehr dagegen
- stark dagegen

Speichern - nächste Frage!

### Abschliessende Fragen

Wie stehen Sie zu Windenergie im Speziellen?

- stark dafür
- sehr dafür
- eher dafür
- neutral
- eher dagegen
- sehr dagegen
- stark dagegen

Speichern - nächste Frage!

### Abschliessende Fragen

Wie stark sollte man die folgenden Energieformen Ihrer Meinung nach fördern?

	prioritär	stark	mittelmässig	wenig	gar nicht
Wasserkraft	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Windenergie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonnenergie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geothermie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Biomasse und Holz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atomenergie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Speichern - nächste Frage!

### Abschliessende Fragen

Wie stark treffen folgende Adjektive für Sie auf Windenergieanlagen zu?

leise	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	laut
sinnvoll	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unnützlich
leistungsstark	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	leistungsschwach
ästhetisch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unästhetisch
beruhigend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	bedrohlich

Speichern - nächste Frage!

### Abschliessende Fragen

Welcher Interaktivitätslevel hat Ihnen am besten gefallen?  
(Bitte melden Sie sich, falls Sie nicht wissen welche Ansicht welchem Level entspricht.)

- Standbild
- animiertes Standbild
- Filmsequenz
- Navigation

Speichern - nächste Frage!

## Abschliessende Fragen

Wie fanden Sie die Länge der einzelnen Ansichten?

	zu kurz	eher zu kurz	gute Länge	eher zu lang	zu lang
Standbild	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
animiertes Standbild	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Filmssequenz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Navigation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Weitere Bemerkungen zu dieser Frage:

**Speichern - nächste Frage!**

## Abschliessende Fragen

Hat Ihnen an den Visualisierungen etwas besonders gut gefallen?

**Speichern - nächste Frage!**

## Abschliessende Fragen

Hat Sie an den Visualisierungen etwas gestört?

**Speichern - nächste Frage!**

## Abschliessende Fragen

Hat Ihnen in den Visualisierungen etwas gefehlt?

**Speichern - nächste Frage!**

## Abschliessende Fragen

Wie gut kamen Sie mit der Navigation zurecht?

- sehr gut
- gut
- eher gut
- neutral
- eher nicht
- nicht
- überhaupt nicht

Was hat Sie genau gestört, falls Ihnen die Navigation nicht so gepasst hat?

**Speichern - nächste Frage!**

## Abschliessende Fragen

Wie fanden Sie das EMG/EDA? (störend, (un)bequem, spannend...)

**Speichern - nächste Frage!**

## Abschliessende Fragen

Haben Sie sonstige Anmerkungen?

**Speichern - nächste Frage!**

## B. Einwilligungsf formular



Geographisches Institut

Corin Meier, 2016

# Einfluss des Grades an Interaktivität auf die Emotion des Betrachters

Masterarbeitsstudie

### Teilnehmerinformation

Proband Nr. \_\_\_\_\_

Herzlich Willkommen zu der Studie und herzlichen Dank für Ihre Teilnahme!

#### Ziel

Das Ziel dieser Studie ist es, den Einfluss verschiedener Interaktivitätsgrade auf die Emotion zu untersuchen. Dabei wird die physiologisch messbare sowie die psychometrische Emotion (mittels Fragebogen) erhoben.

#### Ablauf

In der folgenden Studie werden als erstes die Messinstrumente für die psychophysiologischen Messungen an Ihnen angebracht. Während der gesamten Studie wird Ihre Gesichtsmuskelaktivität und Ihre Hautleitfähigkeit physiologisch gemessen, um ihr Empfinden der Visualisierungen analysieren zu können. Als erstes füllen Sie dann am Computer einen Fragebogen aus und sehen im Anschluss auf einer Grossleinwand vier verschiedene Ansichten einer Landschaft mit Windkraftanlagen. Nach jeder Ansicht werden Sie wiederum einen Fragebogen am Computer ausfüllen und zuletzt werden Ihnen die Messinstrumente wieder abgenommen.

#### Dauer

Die ganze Studie dauert in der Regel ca. 40 Minuten und beinhaltet keinerlei Risiken für Sie.

#### Daten

Ihre Daten sind anonymisiert. Bei Interesse können wir Ihnen ab Februar 2017 die Auswertung der Ergebnisse zusenden.

#### Entschädigung

Für die Teilnahme an der Studie bieten wir keine Entschädigung an (auch nicht für Reisekosten). Es wird lediglich eine kleine Verpflegung zur Verfügung gestellt.



### Einverständniserklärung

Ihre Entscheidung, an der Studie teilzunehmen oder nicht, wird zukünftige Beziehungen mit der Universität Zürich nicht beeinträchtigen. Entscheiden Sie sich dafür, an der Studie teilzunehmen, steht es Ihnen jederzeit frei, die Teilnahme ohne Begründung abzubrechen. Sollten Sie Fragen haben, zögern Sie bitte nicht, diese zu stellen. Sollten zu einem späteren Zeitpunkt Fragen aufkommen, wird Corin Meier (076 560 46 33, corin\_meier@hotmail.com) oder Prof. Dr. Sara I. Fabrikant (044 635 51 50, sara@geo.uzh.ch) diese gerne beantworten. Sie erhalten eine Kopie dieses Dokuments.

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

Unterschrift des Teilnehmers

\_\_\_\_\_

Vor- und Nachname in Blockschrift

\_\_\_\_\_

Ort/Datum: \_\_\_\_\_

Unterschrift des Experimentleiters

*C. Meier*

Vor- und Nachname in Blockschrift

Corin Meier

----- bitte unten leer lassen -----

### Widerruf der Einwilligung

Hiermit möchte ich meine Einwilligung, an der oben beschriebenen Studie teilzunehmen, widerrufen.

Unterschrift des Teilnehmers

\_\_\_\_\_

Vor- und Nachname in Blockschrift

\_\_\_\_\_

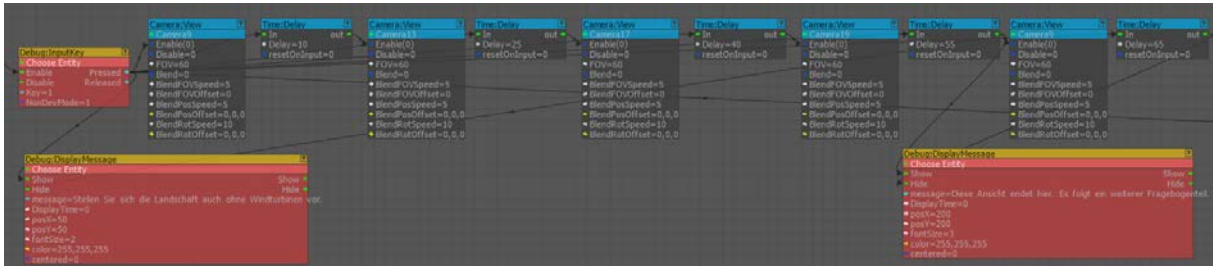
Ort/Datum: \_\_\_\_\_

Mit dem Widerruf der Einwilligung beeinträchtigen Sie in keiner Weise Ihre Beziehungen mit der Universität Zürich. Der Widerruf kann jederzeit und ohne Angabe von Gründen beantragt werden. Den Widerruf der Einwilligung bitte an *Corin Meier, Eichbühlstrasse 64, 8004 Zürich* oder eingescannt an *corin\_meier@hotmail.com* senden.

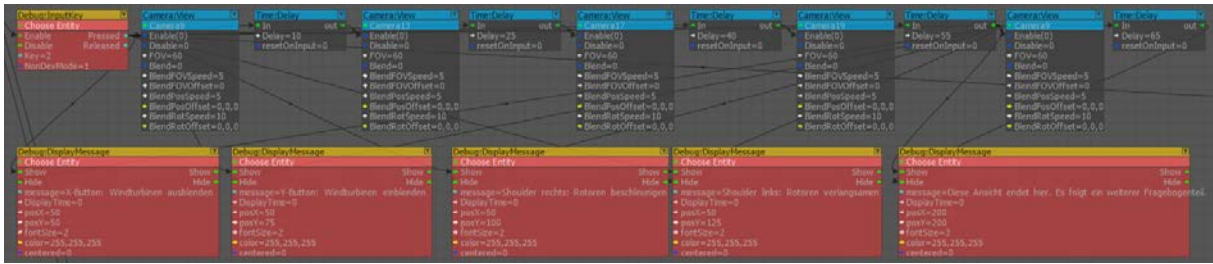


## C. Flowgraphs der Levels

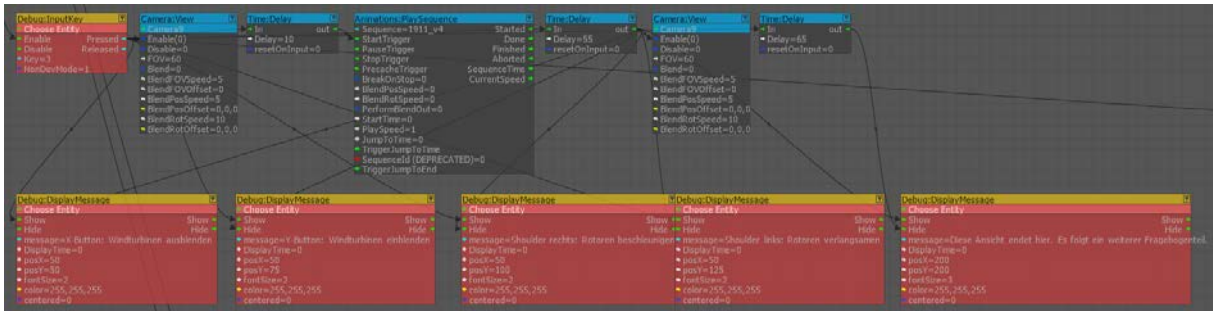
### Level 1



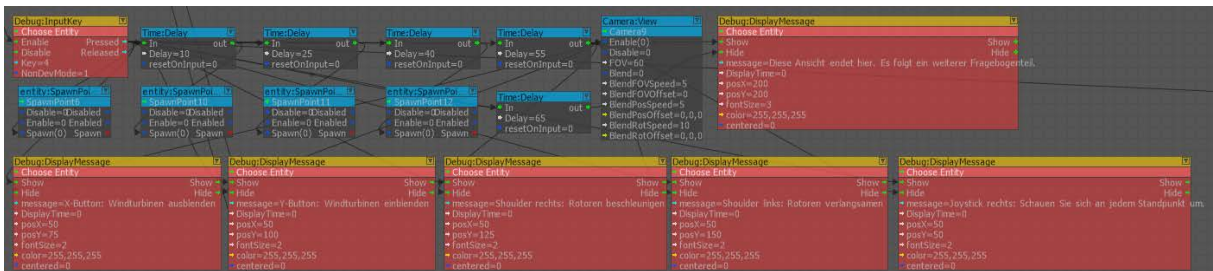
### Level 2



### Level 3



### Level 4



## D. Ablauf der Studie

Tabelle 9: Detaillierter Ablauf der Studie mit Zeitangaben

Zeit	Zu erledigende Schritte	Notizen
Davor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BIOPAC Messinstrumente vorbereiten</li> <li>- Elektroden und Säuberungsmaterial vorbereiten</li> <li>- AcqKnowledge öffnen, bereit machen für neue Aufnahme</li> <li>- Laptop neuen Fragebogen öffnen, Probanden-Nr. eintragen</li> <li>- Einverständniserklärung bereitlegen</li> <li>- „Bitte nicht stören“-Schild an Tür anbringen</li> </ul>	
0:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Testperson willkommen heissen im Lab</li> <li>- Instruktion allgemein zur Studie</li> <li>- Einverständniserklärung ausfüllen</li> <li>- allfällige Fragen klären</li> </ul>	
0:05	EMG/EDA/E4 vorbereiten an Testperson (bei Studienleitungspult), E4 verbinden mit Realtime App	<b>Aufnahmen starten</b>
0:10	Testen und Grundemotion aufnehmen 2 Minuten Stillsitzen, einatmen, lachen und Stirnrunzeln testen	Zeit <b>markieren</b>
0:15	Testperson umsetzen, Pretest Fragebogen ausfüllen	Cryengine starten Key 6 (Blackscreen)
0:17	<b>LEVEL</b> Testperson umsetzen, Anweisungen geben, Licht löschen	<b>Key 8</b> (XML erstellen) Key Level drücken
0:19	Licht an, Testperson umsetzen, nächsten Fragebogenteil ausfüllen	<b>Key 9</b> (XML speichern) Cryengine neustarten Key 6 (Blackscreen)
0:21	<b>LEVEL</b> Testperson umsetzen, Anweisungen geben, Licht löschen	<b>Key 8</b> (XML erstellen) Key Level drücken
0:23	Licht an, Testperson umsetzen, nächsten Fragebogenteil ausfüllen	<b>Key 9</b> (XML speichern) Cryengine neustarten Key 6 (Blackscreen)
0:25	<b>LEVEL</b> Testperson umsetzen, Anweisungen geben, Licht löschen	<b>Key 8</b> (XML erstellen) Key Level drücken
0:27	Licht an, Testperson umsetzen, nächsten Fragebogenteil ausfüllen	<b>Key 9</b> (XML speichern) Cryengine neustarten Key 6 (Blackscreen)
0:29	<b>LEVEL</b> Testperson umsetzen, Anweisungen geben, Licht löschen	<b>Key 8</b> (XML erstellen) Key Level drücken
0:31	Licht an, Testperson umsetzen, nächsten Fragebogenteil ausfüllen	<b>Key 9</b> (XML speichern) Exit Cryengine
0:33	Testperson umsetzen, Grundemotion aufnehmen 2 Minuten Stillsitzen, einatmen	Zeit <b>markieren</b>
0:36	Testperson umsetzen, Posttest Fragebogen ausfüllen	Aufnahmen anhalten und <b>speichern</b>
0:38	EMG/EDA/E4 der Testperson abnehmen	
0:40	Danksagung und Belohnung geben, verabschieden Zettel Einverständniserklärung/Widerruf mitgeben	
Danach	Fragebogen speichern, neuen öffnen. Elektroden entsorgen, neue vorbereiten.	Keystroke-files mit Probandennummer abspeichern

### E. Circumplex Model of Affect (unterteilt nach Geschlecht)

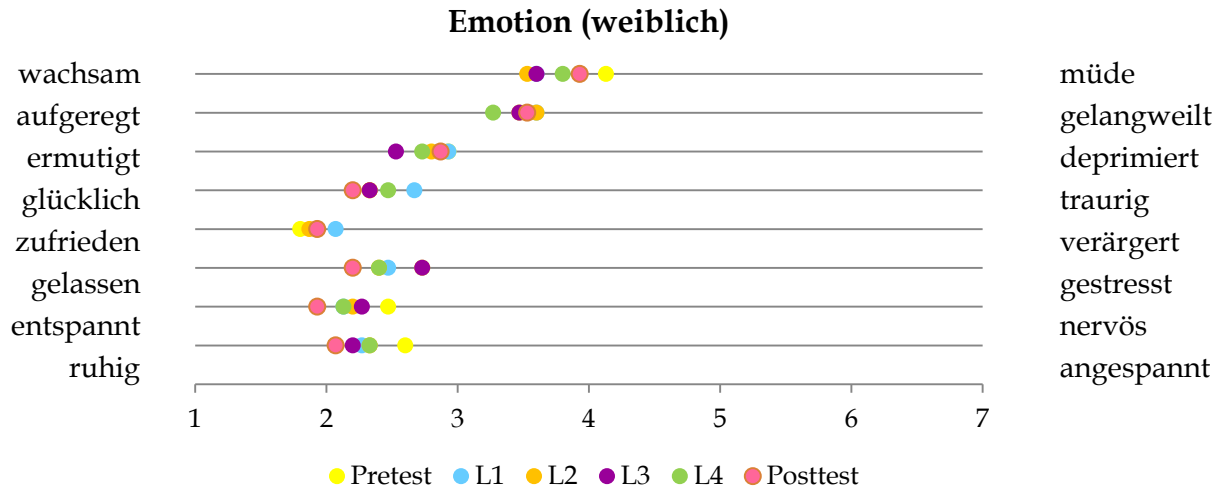


Abbildung 44: Semantisches Differential weiblicher Testpersonen basierend auf dem Circumplex Model of Affect. Mittelwert aller Fragezeitpunkte auf einer Skala von 1-7 zwischen jeweils zwei Adjektiven.

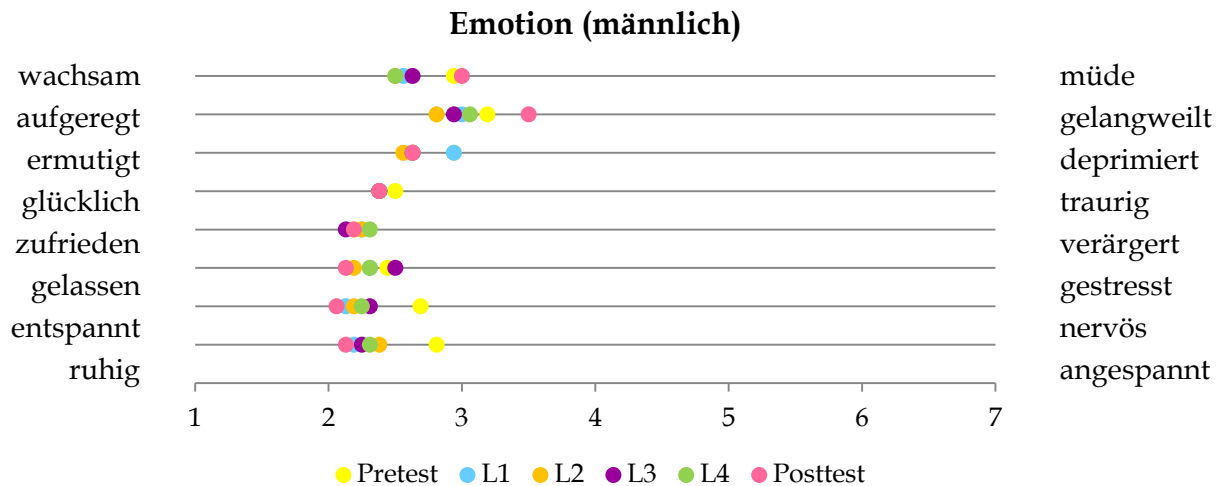


Abbildung 45: Semantisches Differential männlicher Testpersonen basierend auf dem Circumplex Model of Affect. Mittelwert aller Fragezeitpunkte auf einer Skala von 1-7 zwischen jeweils zwei Adjektiven.

## F. Vergleich der Hautleitfähigkeit (Wertebereich-normalisiert)

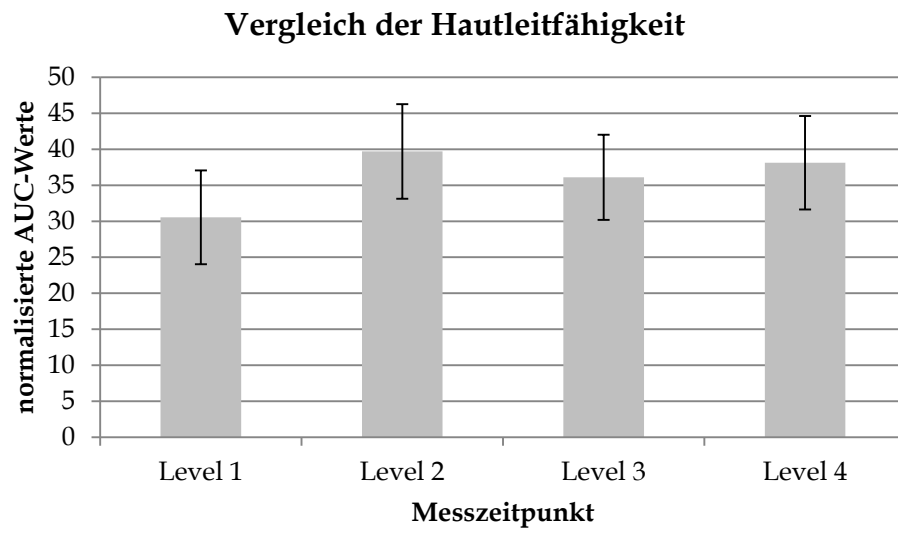


Abbildung 46: Vergleich der Hautleitfähigkeit anhand der Wertebereich-normalisierten AUC-Werte (Mittelwerte  $\pm 2$  Standardfehler)

## **Eigenständigkeitserklärung**

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.“

Corin Meier

Zürich, 27.01.2017