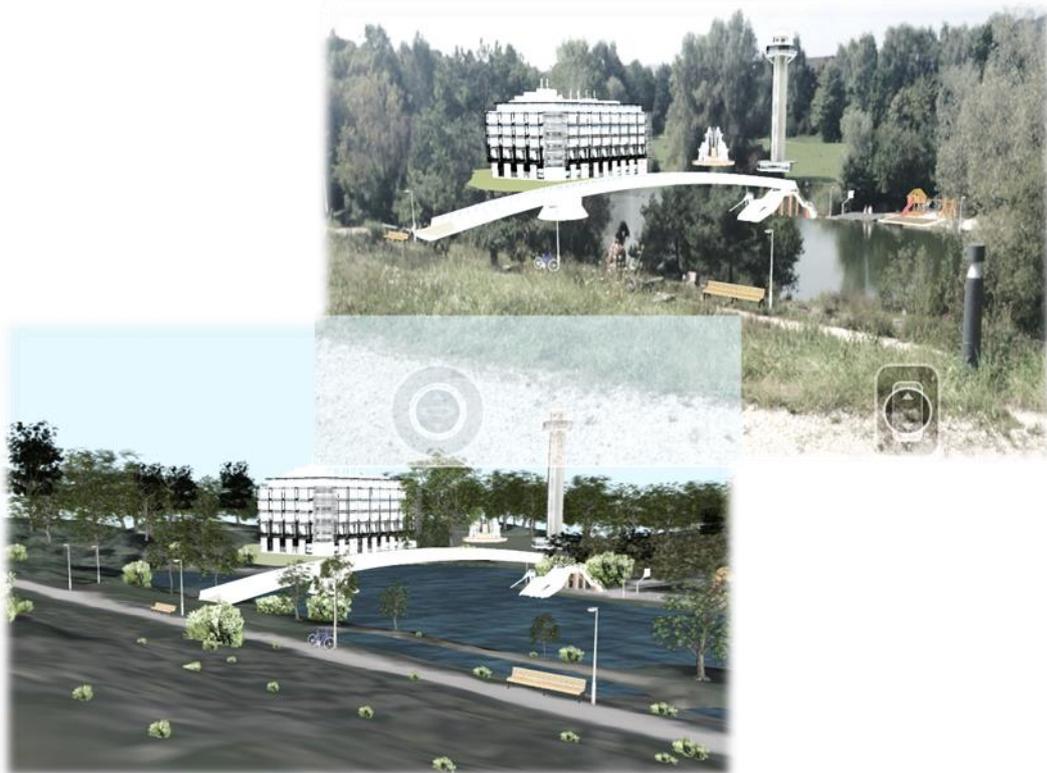


GEO 511: Masterarbeit

Universität Zürich, Geographisches Institut  
Geographische Informationsvisualisierung und Analyse (GIVA)

# Einsatz von Augmented Reality zur Vermittlung von räumlichen Informationen



Autor:

Peter Kälin

06-714-976

Betreuer:

Dr. Arzu Çöltekin

Dipl. Geogr. Thomas Klein – ETHZ

Fakultätsmitglied:

Prof. Dr. Sara Irina Fabrikant

Eingereicht: Januar 2014



# Kurzfassung

Diese Masterarbeit untersuchte den Einsatz von Augmented Reality (AR) zur Vermittlung von räumlichen Informationen, wobei das Hauptziel der Arbeit darin bestand, einen möglichen Mehrwert von AR als Werkzeug bei der Planungsunterstützung festzustellen. Es wurde anhand eines Experiments überprüft, ob die Nutzung von AR-Technologie die Wahrnehmung und Funktionalität einer 3D-Visualisierung verändern würde. Dabei wurden traditionelle, computergenerierte, 3D-Visualisierungen und Visualisierungen welche mittels AR dargestellt werden einander gegenübergestellt und verglichen. Anhand von verschiedenen Aufgaben und Fragen, welche die Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer zu bearbeiten hatten, sollten potentielle Unterschiede aufgedeckt und möglichst Begründet werden. Es wurden dabei wahrnehmungsspezifische und planungsspezifische Aufgaben und Fragen gestellt. Die Resultate zeigten kein einheitliches Bild. Bei den meisten Aufgaben konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten festgestellt werden. Nur beim Erkennen und Erinnern von relevanten Objekten anhand der Visualisierung und bei der Anzahl von eingebrachter Information bei den Planungsaufgaben, wurde jeweils ein statistisch signifikanter Wert erreicht. Die AR-Visualisierungen schnitt dabei besser beim Erkennen und Erinnern ab, die traditionelle Visualisierung bei der Anzahl eingebrachter Information. Mittels einer visuellen Analyse der zusätzlich Daten welche aus dem Experiment gewonnen wurden und durch das Heranziehen von Erkenntnissen aus der Literatur, wurden Einflussfaktoren ausgemacht sowie Konsequenzen und Einsichten bezüglich des Nutzens von AR als Werkzeug zur Planungsunterstützung gewonnen. Anhand dieser Resultate konnte gezeigt werden, dass der Einsatz von AR über ein hohes Potential als Werkzeug zur Vermittlung von räumlichen Informationen besitzt. Dabei spielen besonders die Vorteile bei der: (i) Kognition, (ii) Motivation, (iii) Partizipation und (iv) Kollaboration, einen starken Einfluss. Weiter wurden in dieser Arbeit Probleme und Einschränkungen bei der Nutzung von AR aufgezeigt und mögliche Lösungsvorschläge vorgebracht. Abschliessend wurden die aus der Arbeit gewonnen Einsichten dargelegt und ein Vorschlag für eine zukünftige Nutzung von AR bei der Vermittlung von räumlichen Informationen vorgestellt.



# Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle zuerst meinen beiden Betreuern, Dr. Arzu Çöltekin und Dipl. Geogr. Thomas Klein danken, welche mich bei meiner Arbeit fachlich wie auch menschlich unterstützt haben. Speziell danken möchte ich meiner Familie, welche mich immer wieder motivierte und mir dabei half auch an schlechten Tagen den Mut nicht zu verlieren. Ganz besonders möchte ich mich bei all meinen Probanden bedanken, welche ihre Zeit für mein Experiment zur Verfügung stellten und auch teilweise bei schlechten Wetterbedingungen im Feld ausharren mussten. Dann möchte ich noch meinem Freund Thomas Knobel danken, für die Durchsicht und die Korrekturarbeiten.

**Danke!**

Näfels am 26.1.2015.



---

# Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	V
Abbildungsverzeichnis .....	VI
1 Einführung.....	1
2 Stand der Forschung.....	3
2.1 Definitionen .....	3
2.1.1 Realitätskontinuum .....	3
2.1.2 Virtuelle Realität .....	3
2.1.3 Augmentierte Realität .....	4
2.1.4 Immersion .....	5
2.1.5 Funktionen von 3D-Visualisierungen in Planungsprozessen .....	5
2.1.6 Werkzeuge zur Planungsunterstützung.....	5
2.1.7 Visuelle Kommunikation und Geovisualisierung .....	6
2.2 Einbettung der Arbeit ins Forschungsgebiet .....	7
2.3 Stand der Forschung .....	8
3 Ziele der Arbeit .....	13
3.1 Forschungslücke .....	13
3.2 Ziel der Arbeit .....	13
3.3 Hauptforschungsfrage:.....	13
3.4 Forschungsfragen: .....	14
3.4.1 Wahrnehmungsspezifische Fragen .....	14
3.4.2 Planungsspezifische Fragen .....	14
4 Implementierung .....	16
4.1 Benutzte Software.....	16
4.1.1 Autodesk InfraWorks.....	16
4.1.2 Autodesk InfraWorks App für iPad .....	16
4.1.3 Trimble SketchUp.....	17
4.2 Hardware .....	17
4.3 Daten.....	18
4.3.1 Digitales Geländemodell (DHM).....	18
4.3.2 Digitales Orthofoto .....	18
4.3.3 3D Objekte .....	18
4.4 Gestaltung und Implementierung des Test-Szenarios .....	19
4.4.1 Örtlichkeit des Test-Szenarios .....	19
4.4.2 Aufbau des experimentellen Szenario .....	20
4.4.3 Beschreibung des geplanten Szenario.....	20
4.5 Feldlabor .....	21
5 Methoden.....	22
5.1 Probanden .....	22
5.2 Experiment Design .....	23
5.2.1 Ablauf des Experiments.....	24

5.3	Statistisches Design .....	25
5.3.1	Untersuchungsaspekte .....	26
5.3.2	Variablen des Experiments .....	26
5.4	Material .....	27
5.4.1	Aufgabenblock 1 .....	27
5.4.2	Aufgabenblock 2 .....	27
5.4.3	Aufgabenblock 3 .....	27
5.4.4	Aufgabenblock 4 .....	27
5.4.5	Frageblock 1 .....	27
5.4.6	Frageblock 2 .....	27
5.4.7	Frageblock 3 .....	27
5.4.8	Frageblock 4 .....	27
5.5	Statistisches .....	28
5.6	Pilot Test .....	29
6	Resultate .....	30
6.1	Vorgehen .....	30
6.2	Aufgabeblock 1 .....	30
6.2.1	Erkennen von Objekten und Objektkategorien .....	30
6.2.2	Benötigte Zeit zum Einprägen .....	31
6.2.3	Einfachheit des Erkennens .....	32
6.2.4	Anzahl gezählter Strassenlampen .....	32
6.2.5	Benötigte Zeit zum Zählen .....	33
6.2.6	Einfachheit des Zählens .....	34
6.2.7	Erweiterte Resultate .....	34
6.3	Aufgabeblock 2 .....	39
6.3.1	Höhe Turm schätzen .....	39
6.3.2	Zeit für Schätzung .....	40
6.3.3	Höhe und Länge des Gebäudes schätzen .....	41
6.3.4	Zeit zum Schätzen Gebäude .....	43
6.3.5	Vergleich Gebäude und Brücke .....	44
6.3.6	Zeit zum Vergleichen .....	45
6.3.7	Vergleich Benutzte Visualisierungsart zu einem 2D-Plan .....	46
6.3.8	Erweiterte Resultate .....	46
6.4	Aufgabeblock 3 .....	51
6.4.1	Anzahl Begründungen .....	51
6.4.2	Zeit für Begründungen / Benutzung der Visualisierung .....	52
6.4.3	Vergleich Benutzte Visualisierungsart zu einem 2D-Plan .....	53
6.4.4	Erweiterte Resultate .....	53
6.5	Aufgabeblock 4 .....	56
6.5.1	Auswahl Variante .....	57
6.5.2	Zeit für Wahl .....	57
6.5.3	Eingebrachte Informationen .....	58
6.5.4	Nutzungsdauer der Visualisierung .....	59
6.5.5	Erweiterte Resultate .....	60

---

6.6	Frageblock 1 .....	64
6.6.1	Übersicht Resultate .....	64
6.7	Frageblock 2 .....	65
6.7.1	Frage 1: .....	65
6.7.2	Frage 2: .....	65
6.7.3	Frage 3: .....	66
6.7.4	Frage 4: .....	66
6.8	Frageblock 3 .....	67
6.9	Aussagen der Probandinnen und Probanden .....	67
7	Diskussion .....	68
7.1	Erkennen, Erinnern und Zählen .....	68
7.1.1	Erkennen .....	68
7.1.2	Zählen .....	70
7.1.3	Nutzungsdauer .....	70
7.1.4	Geschlecht .....	71
7.1.5	Empfundene Störungen .....	71
7.1.6	Technologische Erfahrung .....	71
7.1.7	Zusammenfassung und Fazit zu Forschungsfrage 1 .....	72
7.2	Schätzen von Massen .....	72
7.2.1	Schätzen und Messen .....	72
7.2.2	Bevorzugung .....	74
7.2.3	Nutzungsdauer .....	74
7.2.4	Geschlecht .....	75
7.2.5	Erfahrung Kartographie/Geodaten .....	75
7.2.6	Erfahrung Technologie .....	75
7.2.7	Zusammenfassung und Fazit zu Forschungsfrage 2 .....	76
7.3	Nutzung von abstrakter Darstellung .....	76
7.3.1	Erkennen .....	76
7.3.2	Begründungen/Nutzungsdauer .....	76
7.3.3	Bevorzugung .....	77
7.3.4	Geschlecht .....	77
7.3.5	Ortskenntnis .....	77
7.3.6	Erfahrung Kartographie/Geodaten .....	78
7.3.7	Zusammenfassung und Fazit zu Forschungsfrage 3 .....	78
7.4	Entscheidungsfindung und Erweiterung der Informationsbasis .....	78
7.4.1	Wahl des Szenarios .....	78
7.4.2	Eingebrachte Informationen .....	79
7.4.3	Nutzungsdauer und Informationsgewinn .....	79
7.4.4	Geschlecht .....	80
7.4.5	Ortskenntnis .....	80
7.4.6	Realitätsempfindung .....	80
7.4.7	Persönliches Interesse .....	81
7.4.8	Erfahrung (Raum-)Planung .....	81
7.4.9	Zusammenfassung und Fazit zu Forschungsfrage 4 .....	81

---

7.5	Funktionalitäten im Planungsprozess .....	81
7.5.1	Zusammenfassung und Fazit zu Forschungsfrage 5 .....	82
7.6	Einsatz von AR zur Planungsunterstützung .....	82
7.6.1	Zusammenfassung und Fazit zu Forschungsfrage 6 .....	82
8	Schlussfolgerungen .....	83
8.1	Gesamtfazit .....	83
8.2	Verbesserungsmöglichkeiten .....	84
8.3	Gewonnene Erkenntnisse (Lesson Learned) .....	85
8.4	Ausblick .....	87
9	Literatur .....	89
10	Anhang .....	97
10.1	Verwendete 3D-Objekte .....	97
10.2	Abhängige Variablen .....	99
10.3	Resultate Frageblock 1 .....	101
10.4	Resultate Frageblock 2 .....	104
10.5	Resultate Frageblock 3 .....	105
10.6	Legende zur Wasserqualität .....	106
10.7	Legende zur Beantwortung der Likert-Fragen .....	106
10.8	Fragebogen Teilnehmer .....	107
10.9	Informationsblatt für Teilnehmer .....	109
10.10	Einwilligungsformular Teilnehmer .....	110
10.11	Persönliche Erklärung .....	111

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausprägung der Visualisierungsarten .....	23
Tabelle 2: Aufteilung der Aufgaben und Fragen des Experiments .....	24
Tabelle 3: Randomisierte Versionen des Experiments.....	24
Tabelle 4: Ablauf des Experiments .....	24
Tabelle 5: Ausprägung der unabhängigen Variablen .....	26
Tabelle 6: Liste der verwendeten 3D-Objekte .....	97

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Realitätskontinuum ( aus Milgram,1994) .....	3
Abbildung 2: Ausprägungen von Geovisualisierungen (aus MacEachren und Kraak, 1994) .....	7
Abbildung 3: Einordnung der Arbeit im Forschungsfeld .....	8
Abbildung 4: Visualisierung einer Grossstadt in InfraWorks (Quelle: <a href="http://www.autodesk.com">http://www.autodesk.com</a> ).....	16
Abbildung 5: Ansicht eines Szenarios auf dem Tablet (Quelle: <a href="http://www.autodesk.com">http://www.autodesk.com</a> ).....	17
Abbildung 6: Bearbeitung eines 3D-Objekts in SketchUp (eigene Abbildung) .....	17
Abbildung 7: iPad mini 2 von Apple (Quelle: <a href="http://www.apple.com/">www.apple.com/</a> ).....	18
Abbildung 8: Untersuchungsgebiet und Standort des Experiments. (Quelle: <a href="http://map.bafu.admin.ch">map.bafu.admin.ch</a> ) .....	20
Abbildung 9: Geplante Veränderung im Irchelpark (Screenshot: <i>Autodesk InfraWorks</i> ).....	21
Abbildung 10: Aufgebautes Feldlabor im Irchelpark (UZH) .....	21
Abbildung 11: Altersgruppen der Probanden .....	22
Abbildung 12: Höchster Schulabschluss der Probanden .....	22
Abbildung 13: Ein Proband nutzt die statische AR-Variante im Experiment.....	23
Abbildung 14: Untersuchungsaspekte im Experiment.....	26
Abbildung 15: Erkannte Objekte bei AR-VR (A); alle Visualisierungen (B) .....	30
Abbildung 16: Nutzungsdauer bei AR-VR (A); alle Visualisierungen (B) .....	31
Abbildung 17: Einfachheit des Erkennens AR-VR (A); alle Visualisierungen (B).....	32
Abbildung 18: Anzahl gezählter Strassenlampen .....	32
Abbildung 19: Erkannte Lampen in Prozent AR-VR (A); alle Visualisierungen (B).....	33
Abbildung 20: Benötigte Zeit zum Zählen .....	34
Abbildung 21: Einfachheit des Zählens AR-VR (A); alle Visualisierungen (B).....	34
Abbildung 22: Erkannte Objekte und Nutzungsdauer (A); alle Visualisierungen (B).....	35
Abbildung 23: Nutzungsdauer und Geschlecht AR-VR (A); alle Visualisierungen (B).....	36
Abbildung 24: Erkannte Objekte und Störungen (A); alle Visualisierungen (B) .....	36
Abbildung 25: Nutzungsdauer und Störungen (A); alle Visualisierungen (B) .....	37
Abbildung 26: Zählen und technische Erfahrung (A); alle Visualisierungen (B).....	37
Abbildung 27: Technische Erfahrung (A); alle Visualisierungen (B) .....	38
Abbildung 28: Turm aus AR-Ansicht (A)- Turm aus VR-Ansicht (B) .....	39
Abbildung 29: Geschätzte Höhe Turm AR-VR (A); alle Visualisierungen (B) .....	39
Abbildung 30: Dauer der Schätzung AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B) .....	40
Abbildung 31: Gebäude und Brücke aus AR-Ansicht (A) und aus VR-Ansicht(B).....	41
Abbildung 32: Länge des Gebäudes AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B).....	41
Abbildung 33: Höhe des Gebäudes AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B) .....	42
Abbildung 34: Zeit zum Schätzen AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B) .....	43
Abbildung 35: Geschätztes Verhältnis- Gebäude und Brücke AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B) .....	44
Abbildung 36: Zeit zum Schätzen AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B).....	45
Abbildung 37: Bevorzugung 2D-Plan oder 3D-Visualisierung, AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B) .....	46
Abbildung 38: Abweichung der Schätzung auf die Nutzungsdauer(A); alle Visualisierungsarten (B) .....	47
Abbildung 39: Geschlecht und Schätzungsgenauigkeit AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B) .....	48
Abbildung 40: Geschlecht und Schätzungsdauer AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B) .....	48
Abbildung 41: Schätzung und Erfahrungsstand in Kartographie (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	49
Abbildung 42: Zeit zum Schätzen und Erfahrungsstand in Kartographie (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	49
Abbildung 43: Schätzung und Erfahrungsstand in Technologie (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	50
Abbildung 44: Zeit zum Schätzen und Erfahrungsstand in Technologie (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	50
Abbildung 45: Wasserzustand vor der Bebauung (A); nach der Bebauung (B) .....	51
Abbildung 46: Anzahl Begründungen AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B).....	51
Abbildung 47: Nutzungsdauer Visualisierungsart (A); alle Visualisierungsarten (B).....	52
Abbildung 48: Bevorzugung 2D-Plan und 3D-Visualisierung AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B).....	53
Abbildung 49: Anzahl Begründungen und Geschlecht AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	54
Abbildung 50: Nutzungsdauer und Geschlecht AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B).....	54
Abbildung 51: Anzahl Begründungen und Ortsvertrautheit (A); alle Visualisierungsarten (B).....	55

---

Abbildung 52: Anzahl Begründungen und Erfahrung in Kartographie (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	55
Abbildung 53: Planungsvariante A (A) und Planungsvariante B (B) .....	56
Abbildung 54: Anzahl gewählte Variante AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	57
Abbildung 55: Zeitgebrauch zur Wahl der Variante AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	57
Abbildung 56: Eingebrachte Informationen AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	58
Abbildung 57: Nutzungsdauer AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B).....	59
Abbildung 58: Eingebrachte Information und Nutzungsdauer (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	60
Abbildung 59: Eingebrachte Information und Geschlecht (A); alle Visualisierungsarten (B).....	61
Abbildung 60: Eingebrachte Information und Ortsvertrautheit (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	61
Abbildung 61: Eingebrachte Information und Realitätsgrad (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	62
Abbildung 62: Eingebrachte Information und persönliches Interesse (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	62
Abbildung 63: Eingebrachte Information und Erfahrung in Planungssituationen (A); alle Visualisierungsarten (B) .....	63
Abbildung 64: Eingeschätzter Nutzen bei Planungsaufgaben.....	64
Abbildung 65: Selbstgebrauch von AR (A) und kontra öffentliche Bereitstellung (B) .....	65
Abbildung 66: Wunsch nach Feedbackfunktion (A); Nützlichkeit um Unklarheiten zu beseitigen (B) .....	66
Abbildung 67: Interesse wecken .....	101
Abbildung 68: Prozesse&Strukturen verstehen .....	101
Abbildung 69: Objekte&Orte lokalisieren .....	101
Abbildung 70: Sachliche Bewertung abgeben .....	102
Abbildung 71: Ästhetische Bewertung abgeben .....	102
Abbildung 72: Emotionale Bewertung abgeben .....	102
Abbildung 73: Unterstützung für Diskussionen.....	103
Abbildung 74: Entwicklung von neuen Ideen.....	103
Abbildung 75: Auswahl von Lösungsalternativen .....	103
Abbildung 76: Selbstgebraucht von AR.....	104
Abbildung 77: Kontra öffentliche Bereitstellung.....	104
Abbildung 78: Feedbackfunktion.....	104
Abbildung 79: Nützlichkeit bei Unklarheiten .....	104
Abbildung 80: Realitätsgrad der 3D-Objekte.....	105
Abbildung 81: Realitätsgrad der VR-Visualisierung .....	105
Abbildung 82: Einfachheit Handhabung Gerät .....	105
Abbildung 83: Störungen durch natürliche Einflüsse .....	105
Abbildung 84: Wunsch nach Zoom-Funktion.....	105
Abbildung 85: Möglichkeit zum Perspektiven wechseln .....	105
Abbildung 86: Störung durch technische Probleme.....	106
Abbildung 87: Legende zur Wasserqualität .....	106
Abbildung 88: Legende zur Beantwortung der Likert-Fragen .....	106



# 1 Einführung

Seit jeher nutzt der Mensch Visualisierungen um damit die verschiedensten Wirkungen und Funktionen zu erzielen. So bemalten beispielsweise bereits Höhlenmenschen ihre Behausungen mit den Szenen ihrer geglückten Jagden, vielleicht um ihre Erfolge noch lange in Gedanken zu haben und diese mit anderen teilen zu können. Oder die Maler und Malerinnen im ausgehenden Mittelalter: Diese versuchten die Natur in exakter Weise festzuhalten und „speicherten“ somit diese Informationen in ihren Gemälden und Zeichnungen. Diese Informationen können wir nun heute wieder „nutzen“ und so Einblicke in diese Zeit sowie ihre Landschaften und Örtlichkeiten zu erfahren.

Im Verlaufe der Zeit sind Visualisierungen so zu einem beliebten Mittel der Kommunikation von verschiedensten Inhalten und Themen geworden. Wie die Metapher „*Ein Bild sagt mehr als Tausend Worte*“ ausdrückt, können Visualisierungen komplexe Sachverhalte oftmals einfacher und effektiver vermitteln, als z.B. ein geschriebener Text. Eine besondere Rolle haben Visualisierungen in der Geographie, wo mittels Karten und kartenähnlichen Darstellungen, schon früh Lebensräume beschrieben und wichtige Örtlichkeiten festgehalten wurden. Im Zuge der rasanten technologischen Entwicklung im 20. und 21. Jahrhundert, veränderten sich auch die Möglichkeiten um Visualisierungen zu erstellen, sowie die Art und Weise wie mit Visualisierungen interagiert werden kann. Was früher auf Zeichnungen, Grafiken oder Gemälden dargestellt wurde, fand nun seinen Weg auf Fotopapier oder Filme und später dann Eingang in die Informationstechnologie. Leitungsstarke digitale Systeme ermöglichen es uns heute, Daten in verschiedenen Dimensionen darzustellen, mit ihnen zu interagieren und sie zu analysieren. Die Nutzung von Virtueller Realität (VR) erlaubt uns in eine digitale Welt „einzutreten“, wodurch sich wiederum eine Vielzahl an neuen Visualisierungsmöglichkeiten und Verwendungszwecken ergeben.

Die Entwicklung von mobilen und leistungsfähigen Endgeräten, ermöglichte dann den Sprung weg von den Computerbildschirmen im Büro, hin zu den Smartphones oder den Tablet PCs, die fernab von Strom- und Kabelanschlüssen auch im Freien benutzt werden können. Somit konnte ein nächstes Glied in die Kette der Visualisierungsmöglichkeiten eingebracht werden; dasjenige der immer einfacheren Benutzung<sup>1</sup> der erweiterten oder überlagerten, sprich Augmentierten Realität (AR), in welcher die reale Umwelt mittels virtueller Informationen angereichert und visuell<sup>2</sup> überlagert wird. Dreidimensionale Objekte werden mit Hilfe von GPS-Positionierung sowie

---

<sup>1</sup> Die Möglichkeit Augmented Reality zu benutzen gab es schon früher. Dies war jedoch oft sehr unpraktisch, da Computer und Anzeigegeräte (z.B. tragbare Helme und Rucksäcke) umständlich in der Handhabung (Gewicht, Grösse, etc.) und eingeschränkt bezüglich ihrer Leistung waren.

<sup>2</sup> Es ist durchaus möglich auch akustische oder haptische Reize zu überlagern.

durch Unterstützung von Kompassfunktionen und Gyroskopen mit realen Orten verknüpft und können anhand der geographischen Koordinaten, räumlich exakt und perspektivisch korrekt, auf dem jeweiligen Display dargestellt werden..

Diese Masterarbeit hat zum Ziel den Einsatz von AR bei der Kommunikation von räumlichen Informationen zu untersuchen. Dabei sollen die besonderen Eigenschaften betrachtet und experimentell überprüft werden, die ein AR-System naturgemäss beinhaltet, beispielsweise „*das Sich vor Ort befinden*“ oder die Kombination von Realität und Virtualität. Weiter sollen mittels eines direkten Vergleiches, mögliche Unterschiede zwischen AR und herkömmlichen, (photorealistische) 3D-Visualisierungen aufgedeckt und möglichst durch die erhobene Umfrageanalyse begründet werden. Schliesslich soll, anhand der gefundenen Resultate, der Nutzen von AR in der Raum- und Landschaftsplanung diskutiert und mögliche Mehrwerte erkannt werden.

Die Arbeit ist folgendermassen gegliedert: In Kapitel 2, werden zunächst einige für die Arbeit wichtige Begriffe besprochen. Nachfolgend wird mittels einer Literaturrecherche der aktuelle Stand der Forschung beschrieben. Die gefundenen Forschungslücken legen die Grundlage für die Forschungsfragen, welche in Kapitel 3 besprochen werden. Kapitel 4 enthält die technische Umsetzung und Implementierung des Experiments, während Kapitel 5 das Experiment und seine methodischen Aspekte dargelegt. In Kapitel 6 werden dann Resultate präsentiert. Die Ergebnisse werden anschliessend in Kapitel 7 analysiert und mit den Forschungsfragen verknüpft. Als Abschluss wird in Kapitel 8 ein Fazit gezogen und ein Ausblick gewagt, auf mögliche weitere Forschungen im Bereich der Augmentierten Realität zur Vermittlung von räumlichen Informationen.

## 2 Stand der Forschung

### 2.1 Definitionen

In diesem Abschnitt werden einige wichtige Aspekte beschrieben, welche für das Verständnis der vorliegenden Arbeit von Bedeutung sind.

#### 2.1.1 Realitätskontinuum

Im Jahr 1994 stellt Milgram (1994) das sog. „*Realitätskontinuum*“ vor, welches den Grad der Verschmelzung von virtuellem und realem Raum beschreibt. An den jeweiligen Endpunkten stehen dabei auf der einen Seite die reale Welt während auf der anderen der völlig virtuelle Raum zu liegen kommt. Der Bereich dazwischen wird als „*gemischte Realität* (englisch: *mixed Reality, MR*)“ bezeichnet, welche ihrerseits durch die Ausprägungen „überlagerte/erweiterte“, Augmentierte Realität (AR) (englisch: „*Augmented Reality*“) und „überlagerte/erweiterte“, Augmentierte Virtualität (AV) (englisch: „*Augmented Virtuality*“) beschrieben wird (siehe Abbildung 1).

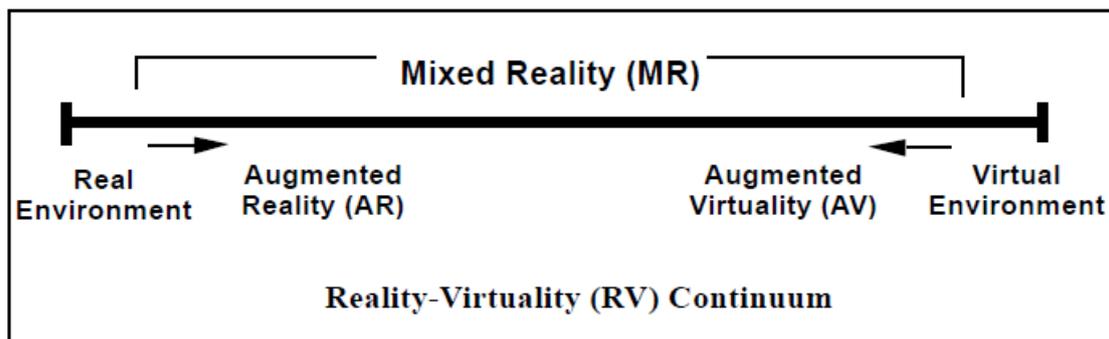


Abbildung 1: Realitätskontinuum ( aus Milgram,1994)

#### 2.1.2 Virtuelle Realität

Die perfekte virtuelle Realität, in welcher alle unsere Sinne künstlich oder virtuell beeinflusst werden, steht an einem der Endpunkte des zuvor erwähnten Kontinuums. Dörner et al. (2013) erwähnen, dass eine weitgehende Übereinkunft zu den wesentlichen bzw. wünschenswerten Merkmalen von VR besteht, obschon das Wissenschaftsgebiet der VR bisher keine einheitliche Definition von „Virtueller Realität“ hervorgebracht hat.

Technologieorientierte Charakterisierung:

„The ultimate display would, of course, be a room within which the computer can control the existence of matter. A chair displayed in such a room would be good enough to sit in. Handcuffs displayed in such a room would be confining, and a bullet displayed in such a room would be fatal. With appropriate programming such a

display could literally be the Wonderland into which Alice walked.“ (Sutherland, 1965)

Charakterisierung von VR als Mensch-Maschine Interaktion:

„The promise of immersive virtual environments is one of a three-dimensional environment in which a user can directly perceive and interact with three-dimensional virtual objects. The underlying belief motivating most virtual reality (VR) research is that this will lead to more natural and effective human-computer interfaces.“ (Mine et al., 1997)

Charakterisierung mentaler Aspekte von VR:

„Im Zentrum der VR steht eine Erfahrung – die Erfahrung in einer Virtuellen Welt oder an einem fremden Ort zu sein.“ (Rheingold, 1992)

Gemäss Dörner et al. (2013) besitzt VR die folgenden Merkmale:

- Multimodale Präsentation: visuell, akustisch, haptisch
- Vom Betrachter abhängige Präsentation
- Echtzeitinteraktion und -simulation
- 3D-Interaktion
- Immersive Präsentation.

Der Begriff „Virtuelle Realität“ beschreibt demnach die Technik, die es den Nutzern ermöglicht, mit von Computern berechneten und zumeist optisch dargestellten dreidimensionalen Erfahrungsräumen möglichst realistisch zu interagieren; diese Erfahrungsräume werden anhand des Grades der Immersion gemessen (vgl. Kapitel 2.1.4) (Stocker, 2008).

### 2.1.3 Augmentierte Realität

Unter AR wird oft eine Erweiterung/Überlagerung der Realität mittels virtueller Informationen verstanden. Azuma (1997) definiert AR als System, bei welchem insbesondere die folgenden drei Punkte charakteristisch sind:

- Kombination von Realität und Virtualität
- Interaktivität in Echtzeit
- Dreidimensionaler Bezug der virtuellen Elemente zur Realität

Craig (2013) definiert AR folgendermassen:

“Augmented reality is a medium in which digital information is overlaid on the physical world that is in both spatial and temporal registration with the physical world and that is interactive in real time” (Craig, 2013).

Gemäss Hugues et al. (2011), kann AR aus einer technologischen oder funktionalen Sichtweise heraus betrachtet werden. Sie erwähnen, dass aus technologischer Sicht, AR auf drei Grundsäulen: Hard- und Software-Technologie sowie Daten bzw. Datenverfügbarkeit beruht. Aus funktionaler Sichtweise könne man AR als eine Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine verstehen.

Carmigniani et al. (2011) erwähnen zudem, dass AR nicht nur die visuelle Wahrnehmung betreffe, sondern potentiell auch auf alle anderen Sinneswahrnehmungen appliziert werden kann.

#### 2.1.4 Immersion

Die Immersion kann als psychologischer Bewusstheitszustand charakterisiert werden und bezeichnet insbesondere den Grad, mit dem man in eine virtuelle Umgebung „eintaucht“ oder sich darin „eingebettet“ fühlt (Witmer und Singer, 1998). Das Gefühl der Immersion kann beispielsweise erzeugt werden durch das Tragen einer geschlossenen Datenbrille (sog. *Head Mounted Display*) die stereoskopische<sup>3</sup> Bilder liefert. Noch stärker ist dieser Effekt bei der Benutzung einer sog. *CAVE (Cave Automated Virtual Environment)*, einem Raum, in dem sich die Nutzerinnen und Nutzer frei bewegen können. Dabei werden ihnen ebenfalls stereoskopische Bilder zur Verfügung gestellt, die anhand der Position der Betrachter generiert werden.

#### 2.1.5 Funktionen von 3D-Visualisierungen in Planungsprozessen

Gemäss Wissen (2007) können 3D-Visualisierungen die folgenden sechs grundlegenden Aufgaben in Planungsprozessen unterstützen oder wahrnehmen:

- Erhöhung der Motivation zur Teilnahme am Planungsprozess und an Diskussionen
- Gesteigerte Vermittlung planungsrelevanter Information zur Analyse
- Erweiterung der Informationsbasis
- Unterstützung der Meinungsbildung (Bewertung)
- Förderung der Diskussion über Veränderungsmöglichkeiten (Ideenentwicklung)
- Unterstützung der Entscheidungsfindung

Für eine detaillierte Beschreibung der Wirkungen, Einsatzmöglichkeiten aber auch Einschränkungen beim Gebrauch von 3D-Visualisierungen wird auf Wissen (2007) verwiesen.

#### 2.1.6 Werkzeuge zur Planungsunterstützung

Werkzeuge, die Planungsprozesse erleichtern sollen, werden als *Planning Support Systems (PSS)* beschrieben. Andrienko et al. (2007) beschreiben diese Werkzeuge wie folgt:

---

<sup>3</sup> Stereoskopische Bilder können beim Betrachter einen räumlichen Eindruck vermitteln. Sie entstehen durch die Betrachtung zweier leicht zueinander verschobenen Ansichten (für jedes Auge ein Bild), die im Hirn kombiniert werden und so für die Tiefenwahrnehmung sorgen.

„Spatial decision support means computerized assistance to people in the development, evaluation, and selection of proper policies, plans, scenarios, projects, or interventions where the problems have a geographic or spatial component“ (Andrienko et al., 2007).

Räumliche PSS beinhalten eine grosse Diversität an geo-technologischen Werkzeugen (geographische Informationen und räumliche Modellierungssysteme) die öffentliche und private Planungsprozesse (oder Teile davon) unterstützen können (Geertman und Stillwel, 2003). Sie bieten insbesondere Unterstützung bei:

- Der Diagnose von Problemen
- Der Modellierung von Daten
- Der Partizipation
- Der (räumlichen-) Trendanalysen
- Der Visualisierung und Anzeige.
- Der kollaborativen Entscheidungsfindung

PSS sind nahe verwandt mit Geographischen Informationssystemen (GIS) und sogenannten „*Spatial Decision Support Systems*“ (SDSS), unterscheiden sich jedoch in der strategischen Nutzung (PSS=Langzeit- und Strategieplanung; SDSS=kurzfristige Entscheide) sowie im Spezifizierungsgrad der Anwendung (GIS=generisch; PSS=spezifisch)(Geertman und Stillwel, 2003).

### 2.1.7 Visuelle Kommunikation und Geovisualisierung

Kommunikation ist ein Vorgang, an dem mindestens zwei Kommunikationspartner beteiligt sind, wobei dies Menschen, Tiere, Maschinen und andere Individuen oder auch Objekte sein können, die untereinander Nachrichten austauschen oder übergeben (Rupprecht, 2014). Die visuelle Kommunikation kann als Sonderfall der Kommunikation betrachtet werden: Es werden dabei mittels einer bestimmten Visualisierungsart Nachrichten durch optische Signale übertragen. Geise (2011) erwähnt, dass in der klassischen Definition von Kommunikation, die Wahrnehmung, das Lernen und das Erinnern kognitive Determinanten darstellen. In den Geowissenschaften werden diese zumeist als Geovisualisierungen (MacEachren und Kraak, 2001) oder Geowissenschaftliche Visualisierungen (Fuhrmann et al., 2000) bezeichnet. Liqiu Meng (2003), erwähnt hierzu:

„Unter der Geovisualisierung versteht man im engeren Sinne einen kognitiven Prozess zur graphischen Abbildung von Geoobjekten samt dem Geowissen, das man beim Umgang mit dem Georaum erworben hat, auf einer Projektionsoberfläche“ (Meng, 2003).

MacEachren und Kraak (1994) identifizieren verschiedene Ziele welche Geovisualisierungen verfolgen und ordnen sie innerhalb eines Würfels an. Die Seiten des Würfels beschreiben dabei verschiedene Aspekte der Nutzung von Geovisualisierungen (vgl. Abbildung 2).

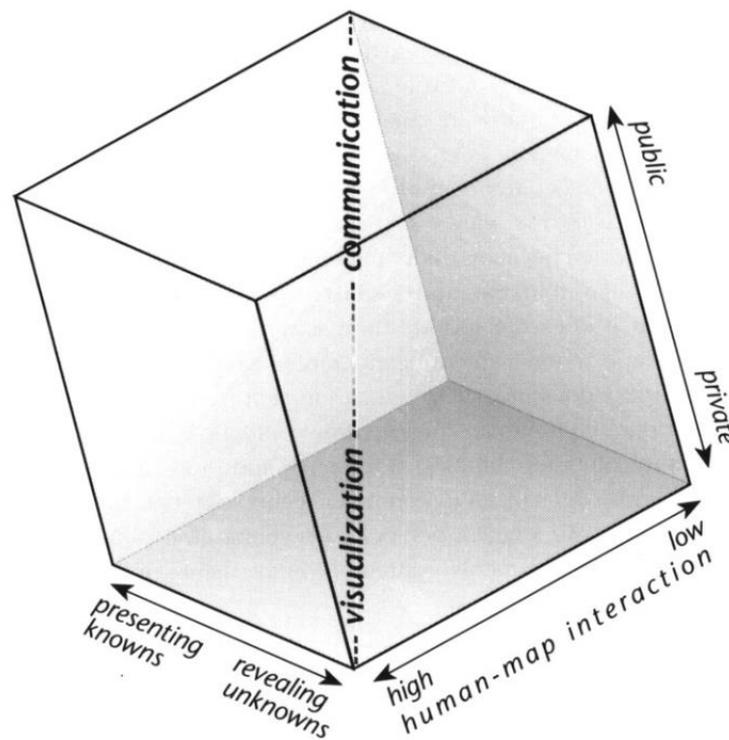


Abbildung 2: Ausprägungen von Geovisualisierungen (aus MacEachren und Kraak, 1994)

Die drei Hauptaufgaben von (Geo-)Visualisierungen sind gemäss Kraak (1996), (1) Exploration und Erkundung, (2) Analyse sowie (3) Präsentation. Diese Aufgaben finden sich im bereits angesprochenen Würfel auf der Raumdiagonale wieder, wobei Exploration und Erkundung eher in der unteren linken Ecke situier sind während die Präsentation in der rechten oberen Ecke zu liegen kommt. Die Analyse als dritte Aufgabe, befindet sich zwischen diesen beiden Punkten.

## 2.2 Einbettung der Arbeit ins Forschungsgebiet

Meine Forschung verfolgt einen interdisziplinären Ansatz, weshalb es mir wichtig erscheint, diese zu Beginn in das betreffende Forschungsfeld einzuordnen und zu lokalisieren. Im Allgemeinen befinden wir uns einerseits im Bereich der Geovisualisierung und Analyse (GIVA) von geographischen Daten. Hierbei werden insbesondere 3D-Geovisualisierungen, mobile Kartographie und standortbezogenen Dienste untersucht. Auf der anderen Seite stehen wir im Bereich der Forschung zur Planung von Landschaft und Urbanen Systemen (PLUS). Dabei liegen wir im übergeordneten Bereich der Anwendung und Verbesserung computergestützter Planungsinstrumente für die Umwelt- und Landschaftsplanung, sowie im Feld der Entwicklung und Tests von Entscheidungsunterstützungssystemen (PSS/SDSS) für räumliche Strategien und Massnahmen. Auch in diesem Feld ist eine weitere Spezifikation möglich, wobei wir einerseits in den For-

schungsbereich der Visualisierungstypen und deren Nutzung gelangen sowie andererseits in das Feld der partizipativen Planung. Im Hintergrund und als Basis für die genutzten 3D-Technologien steht die Forschung zu Hard- und Software. Nicht zu vergessen ist zudem der Forschungsbereich der Mensch-Computer-Interaktionen (englisch: *human-computer-interaction*, HCI), der sich aus Teilgebieten der Informatik und der Psychologie zusammensetzt (vgl. Abbildung 3).

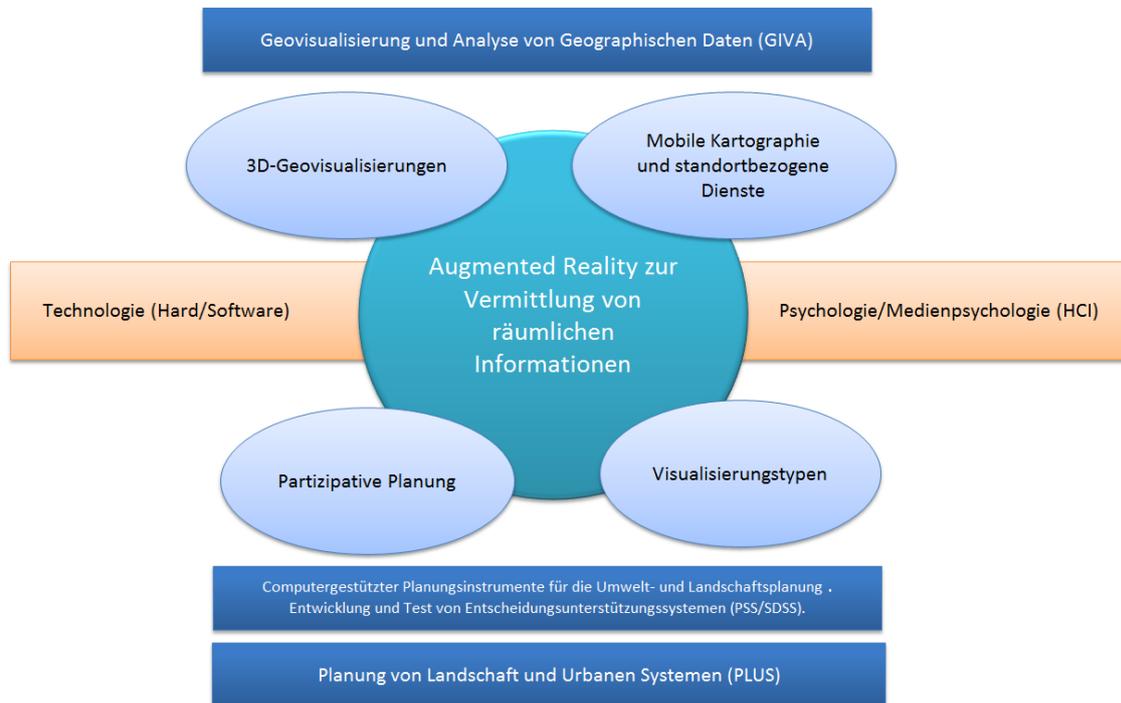


Abbildung 3: Einordnung der Arbeit im Forschungsfeld

## 2.3 Stand der Forschung

Dieser Abschnitt soll einen Überblick über den Stand der für die Arbeit relevanten Forschung geben, wobei auf Grunde der Multidisziplinarität meines Forschungsvorhabens kein Anspruch auf Vollständigkeit gegeben werden kann. Es soll exemplarisch gezeigt werden, in welcher Linie die vorliegende Forschungsarbeit einzuordnen ist, dabei wird chronologisch vorgegangen.

Als eigentlichen Start der Forschung im Gebiet von AR kann das Jahr 1968 erwähnt werden. Sutherland (1968) entwickelte das wohl erste AR-System, bei welchem der Benutzer mittels einer Datenbrille, 3D-Objekte im Raum betrachten konnte. Mithilfe von Kopf- und Körperdrehungen war damit eine Erkundung des Raumes in allen Ebenen möglich. Danach dauerte es eine gewisse Zeit bis die Technologie auf einem Stand war, um AR effektiver und einfacher nutzen zu können.

Im Jahr 1997 entwickelten Feiner et al. (1997) einen tragbaren AR-Prototypen (sog. „*Touring Machine*“), welcher mithilfe einer Datenbrille und eines 2D-Anzeigegeräts dem Benutzer Infor-

mationen zu einem Universitäts-Campus liefern konnte. Dieser Schritt bedeutete, dass die Technologie nun soweit war um auch in mobilen Systemen eingesetzt zu werden. Im Jahr 1998 wurde untersucht ob AR als kollaboratives Werkzeug eingesetzt werden kann. So konnten Billinghurst et al. (1998) zeigen, dass in einer AR-Umgebung, bei der die Benutzer sowohl die natürliche Umgebung als auch andere Personen sehen konnten, bessere Lernleistungen erzielt wurden als in einer reinen VR-Umgebung.

Ebenfalls erforscht wurde, ob neben der visuellen Überlagerung auch andere Sinne angesprochen werden können. So entwickelten Höller et al. (1999) den Prototypen aus dem Jahr 1997 weiter, um dem Benutzer neben visuellen Daten auch andere multimediale Dateien zur Verfügung zu stellen. Azuma et al. (1999) forschten ebenfalls im Jahr 1999, an einem AR-System, welches sogenannte „Landmarken“ (markante Objekte im Blickfeld) in freier Umgebung erkannte, wobei die Namen der Objekte im Display des Betrachters überlagert wurden.

Da AR und VR sehr nahe verwandt sind, wurde untersucht, ob VR-spezifische Anwendungen auch mittels AR genutzt werden könnte. Thomas et al. (2000), entwickelten anhand des Computerspiels „*Quake*“<sup>4</sup> eine AR-Anwendung zur Informationsvermittlung, welche eine Nutzung sowohl in Gebäuden als auch auf freiem Feld erlaubte. Somit konnten die Möglichkeiten die in einer rein virtuellen Welt gegeben waren, nun auch in den realen Raum transportiert werden.

Die Möglichkeiten von AR wurden auch im Bereich der Architektur untersucht. So beschreibt Krogh (2000), dass AR eine Art „Atmosphäre“ oder Kategorie sei, welche die Lücke zwischen physikalischer und virtueller Welt fülle, in der Konzepte erprobt und Entwürfe ausgetestet werden können.

Im Jahr 2003 stellten Wagner et al. (2003) ein modulares Softwaresystem mit dem Namen „*Studierstube*“ vor, welches das Ziel verfolgte, dass Anwendungen welche 3D-Informationen nutzen, einfacher und effektiver erstellt werden können.

Ein negativer Punkt war nach wie vor, dass tragbare AR-Systeme immer noch relativ schwer und unhandlich waren. Die Empfangs- und Recheneinheiten mussten auf dem Rücken mitgeführt und zusätzlich dazu, spezielle Helme oder Brillen getragen werden. Um diese Einschränkungen zu minimieren wurde auch immer mehr Forschung im Bereich der mobilen Endgeräte (Smartphones, PDA, Handhelds) betrieben. Möhring et al. (2004), beispielsweise, präsentierten eine AR-Anwendung die auf einem handelsüblichen Mobilfunktelefon funktionierte. Diese Geräte waren jedoch nur für sehr einfache Anwendungen geeignet.

---

<sup>4</sup> Das 3D-Computerspiel „*Quake*“ wurde von der Firma id-Software im Jahr 1996 für den PC veröffentlicht.

Auch im Bereich der Landschaftsplanung bzw. Architektur wurden zu dieser Zeit bereits Systeme eingesetzt, welche AR beinhalteten. So nutzten Broll et al. (2004) ein System mit dem Namen "ARTHUR", bei welchem Personen mittels Datenbrillen, 3D-Informationen (z.B. ein neues Gebäude) innerhalb eines physikalischen 3D-Stadtmodells betrachten und mit diesem interagieren konnten. Dies ermöglichte es mehreren Personen gleichzeitig und kollaborativ neue Ansätze zu testen oder mögliche Entwicklungen zu erkennen; sie konnte auch genutzt werden um Entschiede zu fällen.

Die neuen Möglichkeiten welche AR bot, um mit virtuellen 3D-Objekten zu arbeiten, wurden auch im pädagogischen Umfeld erkannt und entsprechend untersucht: So konnten nutzen beispielsweise Shelton und Hedley (2004) AR erfolgreich um den Studenten Phänomene des Sonnensystems zu erklären. Armstrong und Bennett (2005) erwähnten, dass wesentliche Vorteile einer Nutzung von mobiler Technologie auf den Lernerfolg von Studenten besonders darin liegt, dass die zu untersuchenden Prozesse *in situ*, also direkt vor Ort, erlebt werden können.

Im Jahr 2005 konnten Schmalstieg und Reitmayer (2005) neue Möglichkeiten der Nutzung und Anwendung von mobilen Endgeräten mittels AR aufzeigen und erklärten, dass die mobile AR-Technologie nun bereit sei, um in ersten kommerziellen Anwendungen eingebunden zu werden.

Neben der Möglichkeit mit mobilen Geräten zu arbeiten, wurden weiterhin auch Anwendungen erprobt, welche einen eher statischen Ansatz verfolgten: Sareika und Schmalstieg (2007) entwickelten die Anwendung „*Urban Sketcher*“ welche die Kommunikation zwischen verschiedenen Akteursgruppen innerhalb von Planungsprojekten verbessern sollte. Dabei wurde am Standort der geplanten Veränderung eine Kamera installiert; die Bilder dieser Kamera wurden in ein nahestehendes Zelt geliefert, von wo diese für die Planungsbeteiligten zugänglich waren. Die Live-Bilder wurden mittels zusätzlicher Informationen überlagert und dienten so als gemeinsame Diskussionsbasis. Einen ähnlichen Ansatz verfolgten auch Ghadirian und Bishop (2008), die AR in Kombination mit Geographischen Informationssystemen nutzten um Veränderungen in der Landschaft aufzuzeigen: Dabei überlagerten sie Videoaufnahmen von realen Landschaften mit GIS-Daten.

Virtuelle 3D-Visualisierungen wurden somit immer häufiger in partizipativen Prozessen eingesetzt, um planungsrelevante Informationen zu vermitteln. Wissen (2007) untersuchte diesen Aspekt und stellte dabei fest, dass 3D-Visualisierungen dazu beitragen können, dass lokale Probleme, Bedürfnisse und Potentiale zur Sprache gebracht werden und dabei der Austausch von Informationen in alle Richtungen (zwischen Experten, Entscheidungsträgern und der lokalen Bevölkerung) unterstützt wird.

AR-Technologie ist keineswegs nur für oberirdische Phänomene geeignet, sondern auch für Phänomene, die normalerweise für das menschliche Auge nicht ersichtlich sind: Schall et al. (2008) untersuchten den Einsatz von AR zur Darstellung von unterirdischen Infrastrukturelementen; sie stellten unter anderem fest, dass die Benutzer des Systems die Visualisierungen als sehr nützlich einschätzten, da diese eine grosse Zeitersparnis für ihre Aufgaben mit sich brachten.

Im neuen Jahrtausend wuchs die Forschung im Bereich der AR stark an: Duh et al. (2008) analysierten bisherige Forschungsergebnisse zu AR aus dem Zeitraum von 1998 bis 2007 und konnten zeigen, dass sich über 70% der Forschungsarbeiten vorwiegend mit den Kernkategorien von AR (z.B. Tracking, Interaktion, Kalibrierung, Applikationen, Anzeige) beschäftigten. Nur ca. 10% der Arbeiten behandelten Themen des mobilen AR und von AR-Visualisierungen.

Im Jahr 2009 wurden in der thematischen Synthese V des Schweizerischen Nationalen Forschungsprogramms 48 "*Landschaften und Lebensräume der Alpen*" unter anderem die Perspektiven von Visualisierungstechniken in der (Landschafts-)Planung angesprochen. Dabei wurde erwähnt, dass photorealistische Darstellungen ein geeignetes Instrument zur Kommunikation von Informationen und Wissen mit der Öffentlichkeit und Entscheidungsträgern darstellt, da sie eindrücklich und leicht verständlich sei; es wurde auch auf die Gefahr der Manipulation hingewiesen, die beim Einsatz von photorealistischen Darstellungen entstehen kann (Walz et al., 2008).

Wissen und Grêt-Regamey (2010) haben die Wirkung von 3D-Visualisierungen in Planungsworkshops untersucht und herausgefunden, dass verschiedene Arten von 3D-Visualisierungen ganz unterschiedlich und teilweise sogar komplementär wirken können.

Die Forschungsergebnisse im Bereich AR zeigten, dass viele Wahrnehmungsprobleme und Einschränkungen bei der Nutzung von AR-Systemen bestehen. Kruijff et al. (2010) behandelten diese Probleme anhand von Forschungsarbeiten und stellten fest, dass eine wahrnehmungsgereue Überlagerung/Erweiterung der Realität noch immer ein grosses Problem darstellt trotz aktueller Forschung und technischen Fortschrittes.

Allen et al. (2011) untersuchten die Bereitschaft zur Teilnahme in öffentlichen Planungsprozessen in urbanen Gebieten mittels Einsatz von mobilem AR und stellten in diesem Zusammenhang eine erhöhte Motivation der Teilnehmer fest.

Lange (2011) prüfte die Literatur über Visualisierungen in der Landschaft- und Stadtplanung für den Zeitraum von 1974 bis 2011 und erwähnt dabei das Potential von mobilem AR in diesem Umfeld. Hierbei wurden insbesondere die beiden folgenden Nutzen hervorgehoben: erstens, dass Informationen vor Ort begutachtet werden können und zweitens den damit zusammenhängenden Nutzen der partizipativen Zusammenarbeit.

Graham-Rowe (2011) erwähnt, dass in Sheffield (UK) eine Mobiletelefon-App durch die örtlichen Behörden eingesetzt wurde um eine neue Parkanlage zu planen; dabei wurde der zukünftige Nutzen dieser Anwendung als sehr hoch eingeschätzt.

Die Anzahl der Anwendungen und Gebiete in welchem AR eingesetzt wird, steigt stetig an: Carmigniani et al. (2011) geben eine Übersicht über bestehende Lösungen, sie zeigen zudem Trends für zukünftige AR-Anwendungen auf. AR-Anwendungen findet man mittlerweile in den verschiedensten Bereichen: In der Medizin, Werbung, Architektur, Städte- und Infrastrukturplanung, Navigation, dem Fernsehen und in der Unterhaltung (Carmigniani et al. 2011).

Kipper (2013) erwähnt zudem (i) Anwendungen, die Feuerwehreute unterstützen und (ii) Anwendungen, welche nützlich für das Militär sind (Steuerung von Drohnen, Einsatzhilfe für Spezialeinsatzkräfte). Weiter (iii) erwähnt er (2013), die Nutzung von AR als Ortungsgeräte für Satelliten, Flugzeuge und Schiffe und schliesslich (iv) lässt er Gedanken zu rechtlichen Aspekten von AR einfließen (Haftpflicht, Copyright, Datenschutz).

Auch im pädagogischen Umfeld wurde der Nutzen von AR wurde zunehmend bestätigt: Nincarean et al. (2013) zeigten anhand von zehn Studien, die im Bereich der mobilen AR (MAR) im pädagogischen Umfeld durchgeführt wurden, dass MAR ein enormes pädagogisches Potenzial enthält, da die damit gemachten Lernerfahrungen motivierend und unterhaltend sind. Auch Kamarainen et al. (2013) untersuchten den Nutzen von AR zur pädagogischen Vermittlung von ökologischen/biologischen Lerninhalten und konnten zeigen, dass deren Verwendung zu erheblichen Lernsteigerung bei den Schülerinnen und Schülern führte.

Fortschritte wurden auch beim Einsatz von AR im dichtbebauten, urbanen Gebiet gemacht: So entwickelten Cirulis et al. (2013) eine Anwendung, die es erlaubt, geplante Gebäude an exakter Position im städtischen Raum darzustellen, welcher besondere Anforderungen für die Positionierung der 3D-Objekte mittels GPS darstellt.

Immer häufiger wird AR dazu verwendet dynamische Prozesse in der Natur fassbar zu machen. Lonergan und Hedley (2014) entwickelten eine AR-Simulation, bei welcher der Einfluss von Regenfällen auf die Umgebung untersucht werden kann.

Die aktuellsten Forschungsergebnisse zu AR und VR in verschiedenen Anwendungsgebieten wurden unter anderem an der sechsten internationalen Konferenz für AR, MR und VR, der „VAMR 2014“, in Griechenland präsentiert und publiziert (vgl. Shumaker und Lackey, 2014).

## 3 Ziele der Arbeit

### 3.1 Forschungslücke

Wie in Kapitel 2.3 gezeigt werden konnte, besteht aktuell eine rege Forschungstätigkeit zu AR in vielen Richtungen. Der Überblick hat auch gezeigt, dass die Forschung zum Einsatz von AR im Bereich der Raum- und Landschaftsplanung noch lückenhaft erscheint. Besonders fehlt ein Vergleich von Wirkung und Anwendungsmöglichkeiten zwischen einerseits eher traditionell verwendeten und mittlerweile auch besser erforschten Visualisierungsarten (z.B. 2D-Karten, virtuelle und photorealistische 3D-Darstellungen) und andererseits Visualisierungen, die mittels AR-Systemen präsentiert werden. Die vorliegende Arbeit versucht zur Schliessung dieser Lücke beizutragen.

### 3.2 Ziel der Arbeit

Das primäre Ziel dieser Masterarbeit ist es herauszufinden, inwiefern der Einsatz von AR ein geeignetes Mittel für die Vermittlung von räumlichen Informationen darstellt. Dies soll auf Grundlage eines Vergleichs zwischen zwei verschiedenen Visualisierungsformen (AR und VR) überprüft werden. Es ist zu beachten, dass die in dieser Arbeit mit VR bezeichnete Visualisierungsform nicht alle jene Qualitäten aufweist (z.B. Immersion, echtes, stereoskopisches-3D) wie sie in Kapitel 2.1.2 beschrieben wurden. **Die Bezeichnung „VR“ steht deshalb für virtuelle 3D-Repräsentationen welche mittels 2D-Anzeigegeräte darstellt werden.** Die beiden Grundformen (AR und VR) werden in jeweils zwei weitere Visualisierungsarten unterteilt („statisch“ und „dynamisch“). Hiermit soll untersucht werden, wie sich die Visualisierungsarten bezüglich der Vermittlung von räumlichen Informationen zueinander verhalten und welche Wirkungen die besonderen Eigenschaften von AR (Kombination von Realität/Virtualität und Dynamik/freie Perspektivenwahl) entfalten. Neben dem direkten Vergleich der Visualisierungsarten, sollen mögliche beeinflussende Faktoren hinsichtlich der gewonnen Ergebnisse identifiziert und analysiert werden. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist es, anhand der Resultate den möglichen Nutzen von AR in der (Raum-)Planung einzuschätzen und besonders, ob AR als unterstützendes Werkzeug bei räumlichen Planungs- und Entscheidungsproblemen dienen kann. Schliesslich sollen auch Schwierigkeiten und Unklarheiten aber auch mögliche Verbesserungsvorschläge mit AR aufgezeigt werden.

### 3.3 Hauptforschungsfrage:

Die Hauptforschungsfrage dieser Masterarbeit lässt sich wie folgt formulieren:

Ist AR ein geeignetes Mittel zur Vermittlung von räumlichen Informationen, weshalb sollte es in der Planung eingesetzt werden und was gibt es dabei zu beachten?

### 3.4 Forschungsfragen:

Um die Hauptforschungsfrage zu beantworten werden einzelne ausgewählte Aspekte zur Wahrnehmung und zu planungsspezifischen Themen untersucht.

#### 3.4.1 Wahrnehmungsspezifische Fragen

Wie in Kapitel 2.1.7 erwähnt, kann die Wahrnehmung als eine Determinante der Kommunikation erkannt werden. Es kann statuiert werden, dass der Einsatz von (Geo-)Visualisierungen zum Ziel haben sollte, die in ihr gespeicherten (räumlichen) Informationen möglichst gezielt und unverfälscht an die Betrachterinnen oder Betrachter zu vermitteln. Deshalb ist es unumgänglich, dass die relevanten Informationen auch leicht erkannt und interpretiert, sprich, einfach wahrgenommen werden können. Nicholson-Cole (2005) erwähnt in diesem Zusammenhang, dass sinnvolle Visualisierungen dazu beitragen können, starke Nachrichten zu transportieren, an die man sich auch leichter erinnern kann; um dies zu erreichen müssen dazu die wesentlichen Merkmale der komplexen Landschaften und Entwicklungsoptionen hervorgehoben werden. Forschungsfrage 1 soll diese Feststellung überprüfen. Sie bezieht sich dabei auf einen Vergleich zwischen verschiedenen AR- und VR-Visualisierungen.

Forschungsfrage 1:

Gibt es Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten beim Erkennen und Erinnern von Objekten und welche Einflüsse spielen dabei eine Rolle?

Gibson (1973) erwähnt, dass die Dreidimensionalität dem Menschen die Tiefenwahrnehmung, die Orientierung im Raum, und die Identifikation von Objekten und Standorten erleichtert. Eine exakte räumliche Wahrnehmung kann die Nutzerakzeptanz erhöhen und auch als Indikator derselben dienen (Loomis und Philbeck, 2008). Forschungsfrage 2 soll überprüfen wie exakt die räumliche Wahrnehmung in VR- und AR-Visualisierungen ist und ob Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten feststellbar sind.

Forschungsfrage 2:

Gibt es Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten bei der räumlichen Wahrnehmung und Analyse (Schätzen von Massen) von Objekten und welche Einflüsse spielen dabei eine Rolle?

#### 3.4.2 Planungsspezifische Fragen

Wie in Kapitel 2.1.5 erwähnt, gibt es verschiedene Funktionen die 3D-Visualisierungen im Planungsprozess unterstützen können. Deussen (2003) erwähnt dazu, dass eines der wichtigsten Potentiale von 3D-(Landschafts-)Visualisierungen in der Darstellung von nicht sichtbaren Parametern und ihrem räumlichen Bezug liegt. Forschungsfrage 3 untersucht die Wirkung von abs-

traktanten Informationen, die beispielsweise zur Vermittlung von ökologischen Sachverhalten benutzt werden.

Forschungsfrage 3:

Gibt es Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten bei der Nutzung von abstrakten (z.B. ökologischen) Darstellungen und welche Einflüsse spielen dabei eine Rolle?

Die Entscheidungsfindung und die Erweiterung der Informationsbasis sind Funktionen von 3D-Visualisierungen die bereits in den Kapiteln 2.1.5 und 2.1.6 angesprochen wurden. Gemäss Wietzel (2007) bietet die AR-Technologie – wie keine andere Visualisierungsart – die Möglichkeit, die baulichen und gestalterischen Auswirkungen von Vorhaben und Massnahmen im realen Raum realistisch einzuordnen und abzuschätzen. Wietzel (2007) erachtet dies als grundlegend für die Erstellung einer objektiven Diskussions- und Entscheidungsbasis (Informationsbasis).

Forschungsfrage 4:

Gibt es Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten bei der Entscheidungsfindung und der Erweiterung der Informationsbasis und welche Einflüsse spielen dabei eine Rolle?

In Kapitel 2.1.5 wurden die potentiellen Funktionen von 3D-Visualisierungen im Planungsprozess besprochen. Forschungsfrage 5 vergleicht die von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern eingeschätzte Nützlichkeit der Visualisierungsarten bezüglich einiger dieser Funktionen.

Forschungsfrage 5:

Gibt es Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten bezüglich der Einschätzung zur Funktionalität welche die 3D-Visualisierungen in einem Planungsprozess haben können?

Wie in Kapitel 2.1.6 erwähnt, können Werkzeuge zur Planungsunterstützung (PSS/SDSS) wichtige Hilfsmittel im Planungsprozess sein. Bei Planungsfragen erhält auch die Partizipation bzw. Kollaboration mit der Öffentlichkeit eine immer grössere Wichtigkeit. Forschungsfrage 6 untersucht deshalb den Einsatz von AR als Hilfsmittel im Planungsprozess, insbesondere im Hinblick auf eine intensiviere und verbesserte Partizipation bzw. Kollaboration mit der Öffentlichkeit.

Forschungsfrage 6:

Wie schätzen Laien den generellen Nutzen von AR zur Planungsunterstützung ein?

## 4 Implementierung

Dieses Kapitel beschreibt wie das Experiment zur Beantwortung der Forschungsfragen gestaltet und technisch umgesetzt wurde. Um zu überprüfen wie sich eine AR-Visualisierung im Vergleich zu einer VR-Visualisierung verhält, wurde ein rein fiktives Szenario einer möglichen Landschaftsveränderung im Irchelpark der Universität Zürich (UZH) geplant und als virtuelle 3D-Darstellung in einer Softwareumgebung implementiert. Dieses Szenario soll die Möglichkeit bieten, verschiedene Aspekte der Visualisierungsarten (AR/VR) zu überprüfen und miteinander zu vergleichen. Als erstes wird die benutzte Hard- und Software vorgestellt, danach werden die verwendeten Daten und die Implementierung in die Systemumgebung beschrieben. Schliesslich folgt die Darstellung und Beschreibung des eigentlichen Szenarios. In Kapitel 5 werden anschliessend die benutzten Methoden vorgestellt.

### 4.1 Benutzte Software

#### 4.1.1 Autodesk InfraWorks

Die Software *InfraWorks*<sup>5</sup> von der Firma *Autodesk*<sup>6</sup> ist eine Softwarelösung welche zur Unterstützung der Planung bei Infrastrukturprojekten entwickelt wurde. Die Software bietet die Möglichkeit, zahlreiche vorhandene Datenquellen einzubinden und daraus umfangreiche 3D-Infrastrukturmodelle zu generieren, welche dann anschliessend analysiert werden können. Entwurfsvorstudien und Vorschlägen lassen sich so im Kontext der bereits bestehenden Umgebung betrachten (vgl. Abbildung 4).

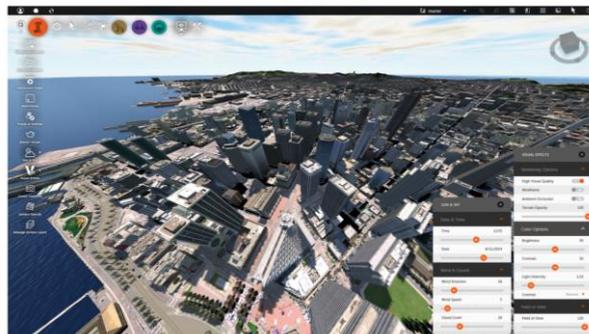


Abbildung 4: Visualisierung einer Grossstadt in InfraWorks (Quelle: <http://www.autodesk.com>)

#### 4.1.2 Autodesk InfraWorks App für iPad

Die *Autodesk InfraWorks-App*<sup>7</sup> für das iPad ermöglicht es, Modelle und Szenarien mobil und vor Ort zu begutachten. Diese App beinhaltet auch die Möglichkeit der Nutzung von AR, welche

<sup>5</sup> Autodesk InfraWorks-360: <http://www.autodesk.com/products/infracore-360/>

<sup>6</sup> Autodesk: <http://www.autodesk.com>

<sup>7</sup> Autodesk InfraWorks App: <http://www.autodesk.de/products/infracore-family/overview>

mittels der eingebauten Kamera, der GPS-Sensoren und dem Beschleunigungsmesser des Tablets realisiert wird.

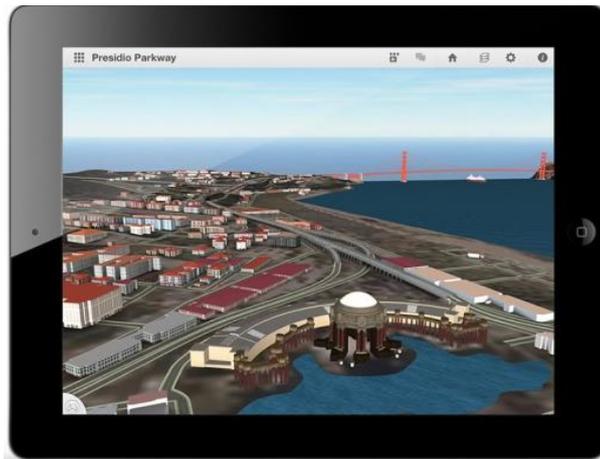


Abbildung 5: Ansicht eines Szenarios auf dem Tablet (Quelle: <http://www.autodesk.com>)

#### 4.1.3 Trimble SketchUp

Um zusätzlich 3D-Objekte in das geplante Szenario zu integrieren, war oft eine Konvertierung und/oder Anpassung nötig. Diese Arbeitsschritte wurde mittels des Programms *SketchUp*<sup>8</sup> von *Trimble*<sup>9</sup> durchgeführt. Dabei wurden die 3D-Objekte zuerst in *SketchUp* eingelesen und danach als *Collada*<sup>10</sup>-Datei exportiert. Dieses Format ist gut geeignet um in *InfraWorks* importiert zu werden.

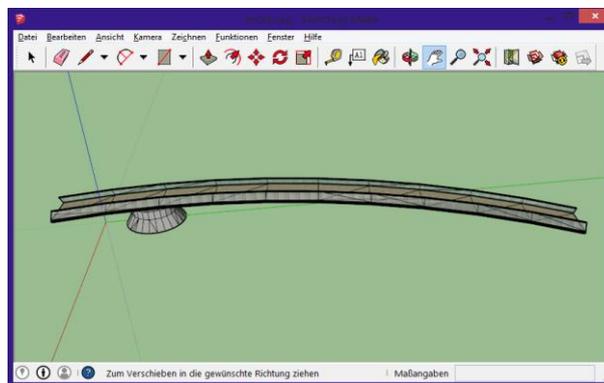


Abbildung 6: Bearbeitung eines 3D-Objekts in SketchUp (eigene Abbildung)

## 4.2 Hardware

Das Experiment wurde mittels eines *iPad-mini* (Version 2, Modell: A1490, Ende 2013) von *Apple*<sup>11</sup> durchgeführt, welches die Nutzung der AR-App von *Autodesk InfraWorks* erlaubt.

8 Trimble SketchUp: <http://www.sketchup.com/de/products/sketchup-pro>

9 Trimble: <http://ww2.trimble.com/>

10 Collada: <http://collada.org/>

11 Apple: <http://www.apple.com/>



Abbildung 7: iPad mini 2 von Apple (Quelle: [www.apple.com/](http://www.apple.com/))

## 4.3 Daten

Um das geplante Szenario in *Autodesk InfraWorks* zu erstellen wurden folgenden Datensätze verwendet.

### 4.3.1 Digitales Geländemodell (DHM)

Als Höhenbasisdatensatz wurde das *swissALTI3D*<sup>12</sup> im Dateiformat ESRI ASCII Grid verwendet. Dabei wurde das Koordinatensystem LV95 LN02 benutzt. Die Genauigkeit der Daten liegt unterhalb von 2000 m. ü. M. bei plus/minus 0.5m. Das *swissALTI3D* bietet somit eine ideale Grundlage für 3D-Visualisierungen und die Orthorektifizierung von Luft- und Satellitenbildern (Swisstopo, 2014).

### 4.3.2 Digitales Orthofoto

Um ein möglichst realistisches, virtuelles Szenario erstellen zu können, wurde das DHM mittels eines digitalen Orthofotos überlagert. Digitale Orthofotos können den Realitätsgrad von virtuellen Visualisierungen stark verbessern (Lange, 1998). Dabei wurde das *SWISSIMAGE*-Orthofoto von *Swisstopo* im Datenformat TIFF mit TFW (World File)-Georeferenz verwendet. Die Bodenauflösung schwankt je nach Region zwischen 0.25m und 2.5m. (Swisstopo, 2014).

### 4.3.3 3D Objekte

Für die Erstellung des Szenarios für das Experiment wurden diverse 3D-Objekte benötigt. Ein Teil dieser Objekte stammt aus der mitgelieferten Datensammlung von *Autodesk InfraWorks*. Die zusätzlichen 3D-Objekte wurden aus der freien 3D-Datenbank<sup>13</sup> von *Trimble*<sup>14</sup> bezogen. Eine vollständige Liste der verwendeten 3D-Objekte ist im Anhang (A) zu finden.

<sup>12</sup> Swisstopo: <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/height/swissALTI3D.html>

<sup>13</sup> 3D Warehouse SketchUp: [3dwarehouse.sketchup.com/](http://3dwarehouse.sketchup.com/)

<sup>14</sup> Trimble: [www.trimble.com/](http://www.trimble.com/)

## 4.4 Gestaltung und Implementierung des Test-Szenarios

Um die anfangs gestellten Forschungsfragen möglichst adäquat beantworten zu können, wurden diese experimentell überprüft. Das Test-Szenario musste somit diverse Anforderungen erfüllen um die möglichen Einflüsse von AR zu untersuchen. So war es zunächst wichtig, eine geeignete Örtlichkeit zu finden. Weiter musste das Szenario mit Inhalten aufgefüllt werden, welche verschiedene Fragen zu verschiedenen Themen und Aspekten erlaubte. Der folgende Abschnitt behandelt diese Themen. Die Methodik wird dann in Kapitel 5 beschrieben.

### 4.4.1 Örtlichkeit des Test-Szenarios

Auf Grund der Möglichkeit des mobilen Einsatzes von AR, hätte das Experiment an einem beliebigen Ort durchgeführt werden können. Es sprachen jedoch einige wichtige Gründe dafür, dies im Irchelpark der UZH (Campus Irchel) zu tun. Die zentrale Lage des Parks und die hohe Frequenzierung stellen eine gute Möglichkeit dar, um spontan Probandinnen und Probanden zu rekrutieren. Viele der Teilnehmenden waren bereits vertraut mit der Örtlichkeit und auch oft am Campus Irchel unterwegs. Diese Faktoren erhöhten sicherlich die Akzeptanz einer Teilnahme am Experiment. Ein weiterer Punkt war, dass der Irchelpark über viele freie Grünflächen verfügt, welche im Szenario benötigt wurden um eine mögliche Landschaftsveränderung zu simulieren. Ein nicht unwesentlicher Punkt war auch, die Möglichkeit zu haben, mittels vertretbarem Aufwands, ein „Feldlabor“ einzurichten, wo die Befragungen aufgezeichnet und dokumentiert werden konnten.

Lange (2005) erwähnt, dass die Wahl eines repräsentativen Standortes für die Betrachtung und Einschätzung von Landschaften eine wichtige Rolle spielt. Um die Landschaftsveränderung aufzeigen zu können, war es einerseits notwendig, eine geeignete Stelle zu finden in welchem das fiktive Szenario eingefügt werden konnte. Andererseits sollte es ein Standort sein, welcher einen möglichst grossen Überblick über das geplante Gebiet ermöglichte. Dies war notwendig, damit die Teilnehmer keine weiten Wege gehen mussten mit der Konsequenz, dass der Zeitaufwand für das Experiment dadurch nicht zusätzlich erhöht wurde. Deshalb fiel die Wahl relativ schnell auf einen erhöhten Punkt, der diese Möglichkeit bot. In Abbildung 8, sind der Standort der Befragung sowie der Perimeter des geplanten Szenarios ersichtlich.

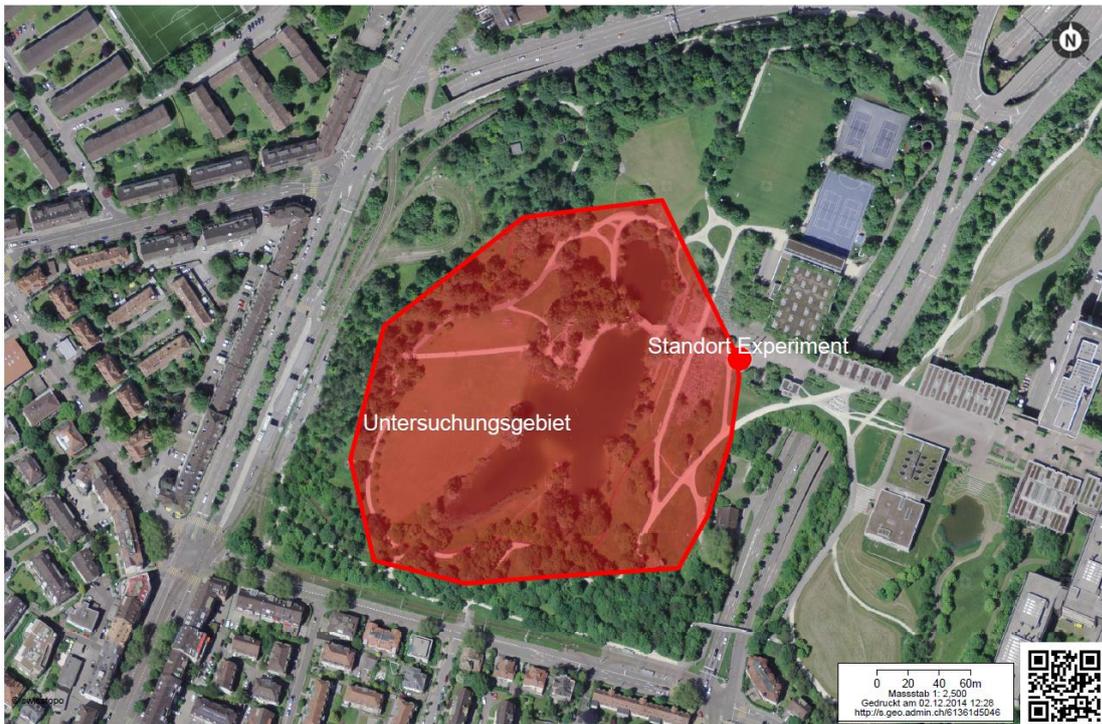


Abbildung 8: Untersuchungsgebiet und Standort des Experiments. (Quelle: map.bafu.admin.ch)

#### 4.4.2 Aufbau des experimentellen Szenario

Wie in Kapitel 3.2 beschrieben, sollte das Experiment die Funktionalitäten welche 3D-Visualisierungen in der Planung übernehmen, überprüfen und vergleichen können. Das geplante Szenario muss deshalb eine möglichst realistische Landschaftsveränderung darstellen, damit die Fragen im Zusammenhang mit dem Thema (Landschafts-)Planung beantwortet werden können. Weiter muss das Szenario auch Elemente enthalten, welche unabhängig von Planungsbegriff betrachtet und beantwortet werden können und somit die Möglichkeit bieten weitere Fragen und Aspekte von AR zu untersuchen. Dieses Szenario bildet somit die Grundlage für das Experiment.

#### 4.4.3 Beschreibung des geplanten Szenario

Auf der freien Rasenfläche am See wird ein neues, grosses Universitätsgebäude geplant, welches eine Aufschüttung eines Teils des Irchel-Sees notwendig machen wird. Zur Steigerung der Attraktivität des neuen Gebietes ist ein Aussichtsturm geplant, welcher einen Ausblick auf den Park und die angrenzende Stadt erlaubt. Weiter sollen Spiel- und Sportmöglichkeiten integriert werden. Der See soll auch zum Baden benutzt werden können und eine Fussgängerbrücke wird das Gebiet erschliessen. Ein dekorativer Brunnen, sowie eine neu installierte Beleuchtungsanlage mit diversen Sitzgelegenheiten runden das Gestaltungskonzept ab. Eine virtuelle Ansicht des geplanten Szenarios wird in Abbildung 9 gezeigt.



Abbildung 9: Geplante Veränderung im Irchelpark (Screenshot: Autodesk InfraWorks)

## 4.5 Feldlabor

Um das Experiment durchzuführen wurde an den vereinbarten Terminen jeweils ein mobiles Feldlabor aufgebaut (vgl. Abbildung 10). Dieses diente dazu, möglichst gleiche Verhältnisse für alle Probandinnen und Probanden zu schaffen. Ebenfalls bot es gleichzeitig Schutz gegen Sonne und Regen. Weiter ermöglichte es, ein Aufzeichnungsgerät zu montieren, welches benötigt wurde um die Experimente später genauer zu analysieren (z.B. Zeitmessungen, Unregelmässigkeiten).



Abbildung 10: Aufgebautes Feldlabor im Irchelpark (UZH)

## 5 Methoden

In diesem Abschnitt werden die Methoden besprochen, welche zur Beantwortungen der Forschungsfrage eingesetzt wurden. Der Aufbau und der Ablauf des Experiments folgen dabei weitgehend den Vorschlägen und Hinweisen von Rubi und Chisnell(2008) welche in ihrem Buch über Usability-Test, detaillierte Handlungsvorschläge und Informationen liefern.

### 5.1 Probanden

Die Rekrutierung der Probandinnen und Probanden wurde hauptsächlich mittels direkter Anfrage, per E-Mail oder Telefon durchgeführt. Weiter wurden an den Aushängen an der UZH (Campus-Irchel) Aushänge angebracht, Flyers verteilt, sowie Personen direkt vor Ort angesprochen. Es wurden keine wesentlichen Einschränkungen getroffen um Personen am Experiment auszuschliessen.<sup>15</sup> An der Studie nahmen insgesamt 32 Personen teil (n=32, 15 weiblich, 17 männlich). Das Alter der Teilnehmenden lag zwischen 19 und 77 Jahren. Die Mehrheit (ca. 66%) befand sich im Alter zwischen 20 und 29 Jahren und der Grossteil der Befragten verfügte über einen Schulabschluss im Bereich einer Hochschule/Fachhochschule (ca. 69%)(siehe Abbildung 11 und 12).

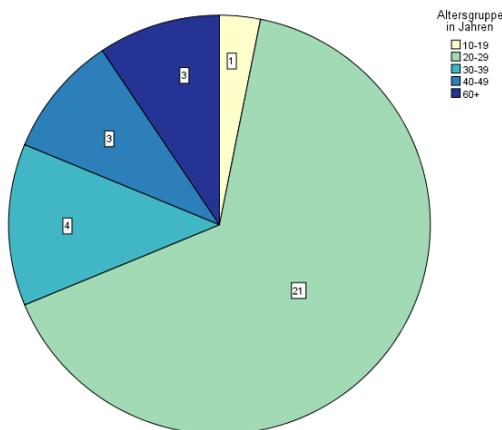


Abbildung 11: Altersgruppen der Probanden

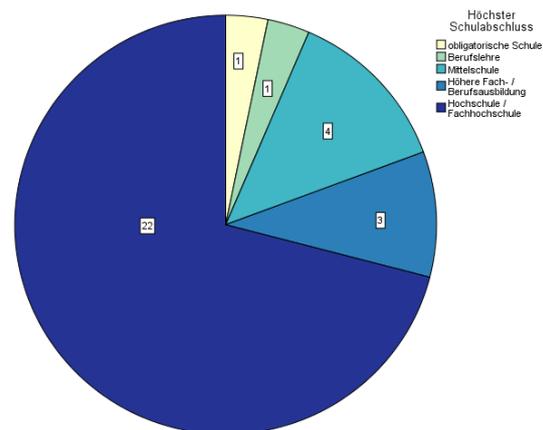


Abbildung 12: Höchster Schulabschluss der Probanden

Nachdem sich die Probandinnen und Probanden angemeldet hatten, wurde mit ihnen ein individueller Termin für das Experiment ausgemacht. Dieses dauerte durchschnittlich 45 Minuten und fand hauptsächlich in den Nachmittagsstunden zwischen 12:00 Uhr und 18:00 Uhr statt. Die Experimente wurden im Irchelpark an der UZH (Campus Irchel) durchgeführt und fanden im Zeitraum vom 12.9.2014 bis 22.10.2014 statt.

<sup>15</sup> Es wurde ein Mindestalter von 18 Jahren vorausgesetzt.

## 5.2 Experiment Design

Das Ziel dieser Studie ist es, einen Vergleich zwischen zwei verschiedenen Visualisierungsarten anzustellen. Diese werden dazu benutzt um räumliche Informationen zu vermitteln. Die zwei Hauptvisualisierungsarten sind dabei AR und VR. Es soll zusätzlich die Interaktionsmöglichkeit „*Perspektivenwahl*“ untersucht werden. Der Faktor „*Perspektivenwahl*“ beinhaltet die Varianten *dynamisch* und *statisch*. Die Variante „*dynamisch*“ erlaubt es den Probandinnen und Probanden den Bildausschnitt der Visualisierung mittels Fingerbewegung (VR) bzw. Bewegung des *iPads* (AR) zu variieren. Bei der Variante „*statisch*“, wird den Teilnehmenden ein fixer Ausschnitt aus der Visualisierung angezeigt, welches bei der AR-Variante, mithilfe eines Stativs erreicht wird (vgl. Abbildung 13). Die gezeigten Inhalte und 3D-Objekte, sowie die Betrachtungsperspektive waren bei allen Versionen identisch. Somit verfügen beide Hauptvarianten AR und VR über eine dynamische und eine statische Version. Tabelle 1 verdeutlicht den Zusammenhang.

Tabelle 1: Ausprägung der Visualisierungsarten

Visualisierungsart	Augmented Reality (AR)		Virtual Reality (VR)	
Interaktionsmöglichkeit/ Bewegungsfreiheit	dynamisch	statisch	dynamisch	statisch



Abbildung 13: Ein Proband nutzt die statische AR-Variante im Experiment

Auf Grunde dieser Aufteilung war es notwendig auf dem Unterlevel der Interaktionsmöglichkeiten, vier Gruppen für die Auswertung zu haben. Die Probandinnen und Probanden wurden zufällig auf eine Gruppe AR ( $n = 16$ ) und eine Gruppe VR ( $n = 16$ ) zugewiesen. Um den Effekt der Bewegungsfreiheit mit einzubeziehen, wurden die Gruppen jeweils noch einmal unterteilt ( $n = 8$ ). Für jede dieser Gruppen galt es im Experiment vier unabhängige Aufgabenblöcke zu lösen. Weiter beinhaltete das Experiment vier geschlossene Frageblöcke. Diese wurden in folgende

Kategorien gegliedert: (i) Visualisierungsabhängige-, (ii) AR-spezifische-, (iii) allgemeine- und (iv) demografische- Fragen. In Tabelle 2 ist diese Aufteilung ersichtlich. Ein Muster des Fragebogens ist in Anhang 10.8 zu finden.

Tabelle 2: Aufteilung der Aufgaben und Fragen des Experiments

Aufgabenblock	Aufgabe 1
	Aufgabe 2
	Aufgabe 3
	Aufgabe 4
Frageblock	Frageblock 1 (mit Bezug zur Aufgabe 4)
	Frageblock 2 (Fragen zu AR)
	Frageblock 3 (Allgemeine Fragen)
	Frageblock 4 (Demografisch Fragen)

Da die Probandinnen und Probanden sowohl visualisierungsspezifische als auch allgemeine Fragen zu beantworten hatte, war es erforderlich, dass die Gruppenbildung auf der Stufe der Teilnehmenden vorgenommen wurde. Aus diesem Grunde wurden die Aufgaben randomisiert und zu Fragebogen/Aufgabe-Versionen zusammengefügt. Diese wurden dann zufällig den einzelnen Probandinnen und Probanden zugewiesen. Somit war sichergestellt, dass jede Visualisierungsart einmal benutzt werden konnte, um anschliessen die spezifischen Fragen auch beantworten zu können. Die Randomisierung erfolgte nach dem Muster in Tabelle 3 und wurde mittels einer Losziehung durchgeführt.

Tabelle 3: Randomisierte Versionen des Experiments

	Version A	Version B	Version C	Version D
Aufgabe 1	Dynamisches AR	Statisches AR	Dynamisches VR	Statisches VR
Aufgabe 2	Statisches VR	Dynamisches AR	Statisches AR	Dynamisches VR
Aufgabe 3	Dynamisches VR	Statisches VR	Dynamisches AR	Statisches AR
Aufgabe 4	Statisches AR	Dynamisches VR	Statisches VR	Dynamisches AR
Frageblock 1	Statisches AR	Dynamisches VR	Statisches VR	Dynamisches AR
Frageblock 2	AR	AR	AR	AR
Frageblock 3/4	Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

### 5.2.1 Ablauf des Experiments

Das Experiment umfasste mehrere Teile. Tabelle 4 zeigt schematisch den Ablauf des Experiments.

Tabelle 4: Ablauf des Experiments

3 min	35 min				5 min				2min
Beginn	Aufgaben mit iPad				Frageblock auf Papier				Schlussteil
Begrüßung/ Infoblatt/Einwilligung	1	2	3	4	1	2	3	4	Dank/ Verabschiedung

Im ersten Teil wurden den Probandinnen und Probanden allgemeine Informationen zum Experiment schriftlich vorgelegt (Zweck, Inhalt, Dauer, Ablauf, Vertraulichkeitsvereinbarung, siehe Anhang 10.9). Dies sollte garantieren, dass die Teilnehmenden zu Beginn auf dem gleichen Informationsstand waren und so weniger Nachfragen während des Experiments nötig wurden. Im zweiten Teil mussten die Probandinnen und Probanden je vier Aufgabenblöcke mittels dargebotenen Visualisierungen auf dem *iPad* lösen. Die Fragen wurden jeweils mündlich vom Versuchsleiter gestellt. Im dritte Teil des Experiments wurde ein Fragebogen in Papierform bearbeitet, welcher verschiedene zusätzliche Informationen erhob (Einschätzung zur Nützlichkeit der Visualisierung im Planungsprozess, persönliche Verwendung von AR, allgemeine Fragen zum Experiment, Vorbildungen und Erfahrungen, sowie demografische Angaben, siehe Anhang 10.8). Den Probandinnen und Probanden wurde als Entschädigung für die Teilnahmen, Getränke und Süßigkeiten angeboten.

### 5.3 Statistisches Design

Durch den in Abschnitt 5.2 erwähnten komplexen Aufbau des Experiments war es nicht ganz eindeutig welche Form das statistische Design annehmen würde. Grundsätzlich unterscheidet man zwei Hauptarten von Studiendesigns, diese sind das „*within-subject design*“ und das „*between-subject design*“. Nach Martin (2008) ist ein „*between-subject design*“ eines, bei welcher die Probandinnen und Probanden nur jeweils einer Ausprägung der unabhängigen Variablen ausgesetzt werden. Dies trifft in diesem Experiment soweit zu, dass die Teilnehmenden jede Aufgabe nur mittels einer Visualisierungsart (unabhängige Variable) zu sehen bekamen. Dies war wie bereits beschrieben notwendig um die visualisierungsabhängigen Fragen beantworten zu können. Um jedoch auch die visualisierungsunabhängigen Fragen beantworten zu können, mussten die Probandinnen und Probanden mit jeder Form der Visualisierungsart konfrontiert werden. So könnte man gemäss Martin (2008) auch von einem „*within-subject design*“ ausgehen, bei welcher die unabhängige Variable, je Probandinn und Proband (subject), manipuliert wird. Da die einzelnen Aufgaben jedoch nicht mit den verschiedenen Visualisierungsformen repetiert wurden, ist eine Einteilung des Studiendesign in eine reines „*within-subject design*“ eher fragwürdig.

Anhand dieser Überlegungen gingen wir davon aus, dass es sich beim Design der vorliegenden Studie überwiegend um ein „*between-subject design*“ handelt bzw. sich um ein sog „*mixed design*“ handelt, welche als Kombination der beiden Hauptarten anzusehen ist. Weiterhin ist das Experiment ein faktorielles, da in dieser Studie vier relevante Faktoren untersucht werden (zwei Visualisierungsarten in den Ausprägungen dynamisch und statisch).

### 5.3.1 Untersuchungsaspekte

Abbildung 14 zeigt schematisch die Untersuchungsaspekte der Studie. Die Achse des Stimulus zeigt die vier Gruppen in welche die Aufgaben eingeteilt wurden. Auf der Achse der Probandinnen und Probanden, sind die persönlichen Angaben sowie das Vorwissen und Erfahrungen projiziert. Die Achse der Aufgabe und Fragen repräsentiert die jeweiligen zu untersuchenden Themen.

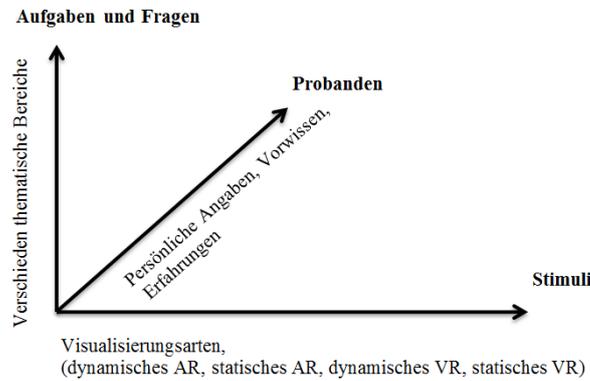


Abbildung 14: Untersuchungsaspekte im Experiment

### 5.3.2 Variablen des Experiments

#### 5.3.2.1 Unabhängige Variable

Nach Martin (2008) werden die unabhängigen Variablen vom Studienleiter festgelegt und sind unabhängig von den Reaktionen der Probandinnen und Probanden. Die unabhängigen Variablen in diesem Experiment sind die verschiedenen Visualisierungsarten unterteilt in AR und VR mit den Ausprägungen dynamisch und statisch (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Ausprägung der unabhängigen Variablen

Visualisierungsart	Augmented Reality (AR)		Virtual Reality (VR)	
Ausprägung Variablen	dynamisch	statisch	dynamisch	statisch

#### 5.3.2.2 Abhängige Variable

Nach Martin (2008) definieren sich die abhängigen Variablen als die gemessenen Reaktionen welche in Abhängigkeit zur Manipulation der unabhängigen Variable aufgetreten sind. In der vorliegenden Studie gibt es eine grosse Anzahl an abhängigen Variablen, dies sind die jeweiligen Resultate der Aufgaben und Frageblöcke bzw. die Aggregation mehrerer Variablen zu einer Übergeordneten. Für eine detaillierte Übersicht über die einzelnen abhängigen Variablen mit Beschreibung siehe Anhang 10.2

## 5.4 Material

Wie in Abschnitt 4.4 beschrieben wurde, war es notwendig ein Szenario für die Überprüfung der Forschungsfragen zu entwickeln. In diesem Abschnitt werden kurz die Inhalte der Aufgaben- und Frageblöcke erwähnt.

### 5.4.1 Aufgabenblock 1

In diesem Aufgabenblock geht es um das Wahrnehmen, das Erkennen und Zählen von Objekten.

### 5.4.2 Aufgabenblock 2

In diesem Aufgabenblock geht es um das Abschätzen von Massen und dem Vergleich von Objekten.

### 5.4.3 Aufgabenblock 3

In diesem Aufgabenblock wird die Nutzen von abstrakter Darstellung und ihre Interpretation untersucht.

### 5.4.4 Aufgabenblock 4

Dieser Aufgabenblock ist explizit planungsspezifisch gestellt und befasst sich mit dem Thema der Entscheidungsfindung und der Erhöhung der Informationsbasis, also dem Zugewinn an Informationen welche Personen neu entwickeln.

### 5.4.5 Frageblock 1

Die Fragen richten sich spezifisch nach den Funktionalitäten welche 3D-Visualisierungen im Planungseinsatz haben können. Die bewertet Visualisierungsart ist dabei diejenige, welche im Aufgabenblock 4 verwendet wurde und somit für die Probandinnen und Probanden am präsentesten war.

### 5.4.6 Frageblock 2

Es werden Fragen zur spezifischen Verwendung von AR in Planungssituationen und nach der empfundenen Nützlichkeit gestellt.

### 5.4.7 Frageblock 3

Es werden allgemeine Fragen zum Experiment gestellt.

### 5.4.8 Frageblock 4

Es wird nach den Erfahrungen, dem Vorwissen und den demografische Angaben der Teilnehmenden gefragt.

## 5.5 Statistisches

Die Daten wurde mit Hilfe der Software *SPSS*<sup>16</sup> von *IBM* bearbeitet. Die Auswertung wurde zunächst mittels deskriptiver Statistik vorgenommen. Mittels dieses explorativen Vorgehens sollen mögliche Zusammenhänge in den Daten aufgedeckt werden. Weiter wurden quantitative Methoden benutzt um die Stichprobendaten auf signifikante Unterschiede hin zu überprüfen. Durch weitere quantitative und qualitative Angaben aus den Befragungen wurden die Resultate dann zusätzlich analysiert und beschrieben.

Der Hauptfokus der Analyse besteht darin herauszufinden, inwiefern sich die unabhängigen Variablen voneinander unterscheiden. Weshalb ein starker Focus auf die sog. Haupteffekte (englisch: *main-effect*) gelegt wird. In Abhängigkeit der vorliegenden Grunddaten wurde dann jeweils der entsprechende parametrische Test (bei Annahme Normalverteilung ein *unabhängiger T-Test*) bzw. ein nicht-parametrisches Test verwendet (*Mann-Whitney-U-Test*). Der Test auf Normalverteilung wurde anhand eines *Shapiro-Wilk-Tests* durchgeführt welcher sich auch für kleine Stichprobengrößen eignet. Statistische Signifikanz wurde angenommen bei einem Niveau von 95% (p-Wert: +/- 0.05). Signifikanz wurde nur auf dem Level AR-VR berechnet, da bei den Untergruppen die Stichprobengröße mit jeweils n=8 zu gering war um noch sinnvolle statistische Aussagen treffen zu können. Die Feinanalyse selbst wurde jedoch auf diesem Unterniveau durchgeführt. Da es im Rahmen dieser Masterarbeit nicht möglich war, alle gewonnenen abhängigen Variablen einzeln zu analysieren, wurden diese teilweise gruppiert und kombiniert. Neben den Haupteffekten sollen mögliche Einflüsse mittels explorativer, visueller Korrelationen bzw. Regression aufgedeckt werden. Folgende Einflussbereiche wurden anhand der Frageblöcke 1-4 definiert:

- Einfluss Erfahrung mit Geodaten und Kartographie
- Einfluss Realitätsempfindung der Visualisierung
- Einfluss von störenden Faktoren (natürliche und technische)
- Einfluss der Ortskenntnis
- Einfluss persönlicher Interessen
- Einfluss persönlicher Planungserfahrung
- Einfluss Erfahrung mit technischen Geräten (iPad/Smartphone)
- Einfluss des Geschlechts

---

<sup>16</sup> IBM SPSS: <http://www-01.ibm.com/software/ch/de/analytics/spss/>

Die Fragen innerhalb der einzelnen Blöcke (siehe Anhang 10.8) wurden anhand einer sog. *Likert*<sup>17</sup>-Skala beantwortet, bei welcher die Resultate grundsätzlich als ordinalskaliert betrachtet werden müssen. Da die Abstufungen der einzelnen Antwortmöglichkeiten jedoch symmetrisch verteilt sind, und die Abstände zwischen zwei Werten so gewählt wurde, dass diese näherungsweise identisch sind, werden diese Daten oft auch als intervallskaliert betrachtet, was eine mathematische Verarbeitung erlaubt.

## 5.6 Pilot Test

Rubi und Chisnell(2008) schlagen vor, um mögliche Probleme und Unklarheiten im Experiment im Vorhinein zu erkennen einen sog. Pilot-Test, also einen möglichst realen Testlauf des Experiments durchzuführen. Für diese Studie wurden zwei Pilot-Tests durchgeführt und anhand der Ergebnisse leichte Anpassungen am Experiment vorgenommen.

---

<sup>17</sup> Rensis Likert, entwickelte in seiner Dissertation von 1932 ein Verfahren zur Einstellungsmessung, wobei Fragen anhand einer oft fünfstufigen Skala beantwortet werden.

## 6 Resultate

### 6.1 Vorgehen

Um Antworten auf die Forschungsfragen geben zu können, wurden die gesammelten Daten zuerst explorative gesichtet und dann teilweise mittels inferentieller, statistischer Methoden ausgewertet. In erster Linie wurde dabei ein Augenmerk auf die Mittelwertsunterschiede bzw. die zentralen Tendenzen gelegt. Eine visuelle, explorative Trendanalyse wurde anhand der Streudiagramme fallweise eingesetzt, um die in Kapitel 5.5 erwähnten Einflüsse beispielhaft zu untersuchen. Die Resultate werden analog zum Aufbau der Untersuchung dargestellt (siehe Kapitel 5.4). Es werden zuerst die Haupteffekte besprochen und einzeln aufgeführt, anschliessen folgen die erweiterten Einflüsse. Um den Zusammenhang besser greifbar zu machen, wird jede Frage/Aufgabe zu Beginn nochmals kurz beschrieben.

### 6.2 Aufgabeblock 1

In diesem Bereich geht es um das Wahrnehmen, das Erkennen und Erinnern sowie das Zählen von Objekten anhand der Visualisierungsart.

#### 6.2.1 Erkennen von Objekten und Objektkategorien

Die Probandinnen und Probanden konnten die jeweilige Visualisierungsart für max. drei Minuten benutzen um sich das Szenario anzusehen. Darauf folgend wurde ihnen die Frage gestellt, an welche Objekte und Veränderungen sie sich erinnern konnten. Es konnten max. 10 Objekte/Objektkategorien erkannt werden. Aus Abbildung 15A ist ersichtlich, dass sich die Mittelwerte der Hauptgruppen offensichtlich unterscheiden.

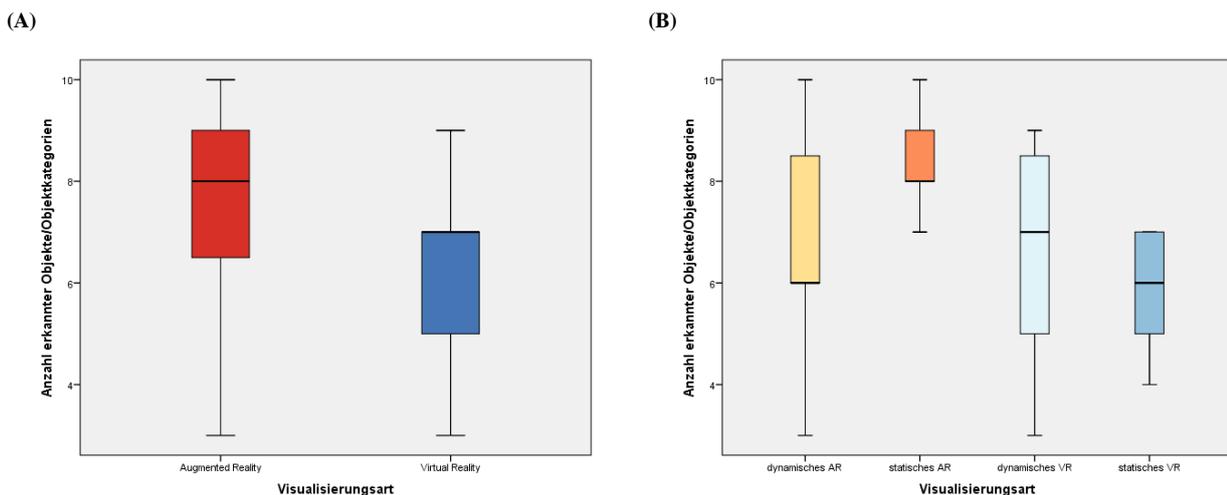


Abbildung 15: Erkannte Objekte bei AR-VR (A); alle Visualisierungen (B)

Die Daten der beiden Gruppen AR und VR sind näherungsweise normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Test, welcher bei beiden Gruppen nicht signifikant war,  $W_{AR} = 0.913$ ,  $p_{AR} = 0.152$  und  $W_{VR} = 0.942$ ,  $p_{VR} = 0.402$ .

Es wurde ein unabhängiger T-Tests durchgeführt um die Mittelwerte der erkannten Objekte in der Gruppe AR und Gruppe VR zu vergleichen. Es wurde ein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR ( $M = 7.67$ ,  $SD = 1.915$ ) und VR ( $M = 6.27$ ,  $SD = 1.751$ );  $t(28) = 2.09$ ,  $p = 0.046$ .

Diese Resultate deuten an, dass durch die Nutzung der AR-Variante im Mittel signifikant mehr relevante Objekte/Objektkategorien erkannt werden konnten als bei der VR-Variante. Beim Vergleich der einzelnen Versionen auf Abbildung 15B ist zu sehen, dass die statische AR-Variante die höchsten Werte erzielte. Die beiden dynamischen Varianten weisen grosse Streuungsbereiche auf.

### 6.2.2 Benötigte Zeit zum Einprägen

Es wurde die Zeit gemessen, welche die Probandinnen und Probanden nutzten, um sich das Szenario mittels der Visualisierungsart einzuprägen bzw. zu betrachten. Aus Abbildung 16A ist ersichtlich, dass sich die Mittelwerte der Hauptgruppen nicht wesentlich unterscheiden.

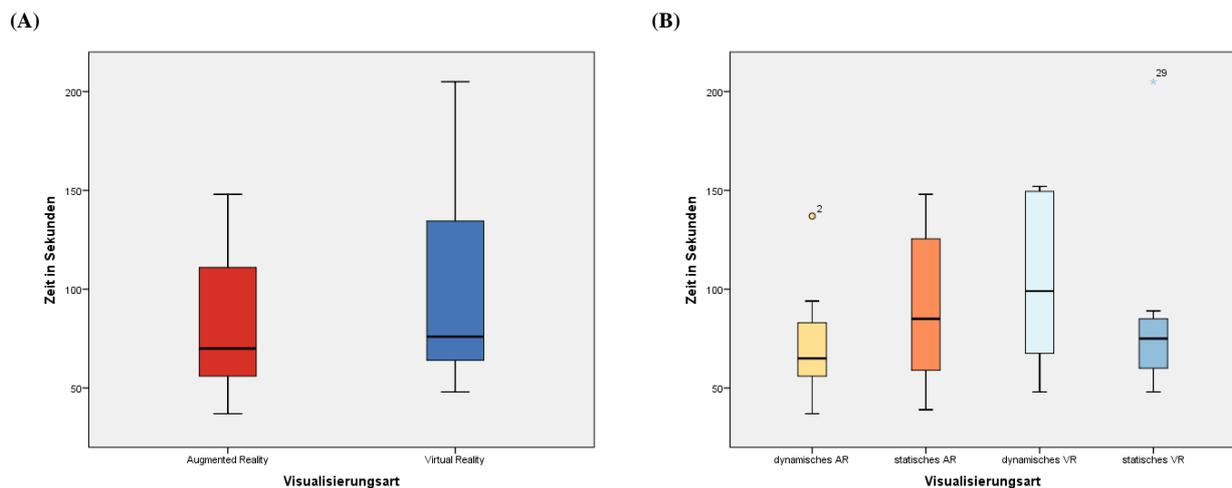


Abbildung 16: Nutzungsdauer bei AR-VR (A); alle Visualisierungen (B)

Die Daten der beiden Gruppen AR und VR sind nicht normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Die Gruppe AR war nicht signifikant,  $W_{AR} = 0.911$ ,  $p_{AR} = 0.139$ , jedoch bei der Gruppe VR wurde ein signifikanter Wert erreicht,  $W_{VR} = 0.864$ ,  $p_{VR} = 0.028$ .

Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests ergab folgende Resultate. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR (Mdn = 70) und VR (Mdn = 76),  $U = 90.5$ ,  $p = 0.36$ ,  $r = 0.17$ .

Die Resultate zeigen, dass es keinen signifikanten Unterschied, bezüglich der Zeitdauer in welcher die Probandinnen und Probanden die Visualisierungen nutzen um sich das Szenario einzuprägen bzw. dieses zu erforschen, zwischen den beiden Hauptvisualisierungsarten gab. Aus Ab-

bildung 16B ist ersichtlich, dass die Teilnehmenden die dynamische AR-Variante und die statische VR-Variante deutlich weniger lang benutzt haben.

### 6.2.3 Einfachheit des Erkennens

Die Probandinnen und Probanden wurden gebeten, anhand einer fünfstufigen *Likert-Skala* anzugeben, wie einfach sie es empfunden haben, die Objekte und Veränderungen anhand der benutzten Visualisierungsart zu erkennen. Aus Abbildung 17A ist zu entnehmen, dass die Hauptvisualisierungsarten nahezu identisch bewertet wurden, wobei die AR-Varianten leicht besser eingestuft wurden. Diese Feststellung spiegelt sich auch in Abbildung 17B wieder. Hier lässt sich erkennen, dass jeweils die statischen Varianten als geringfügig einfacher eingeschätzt wurden.

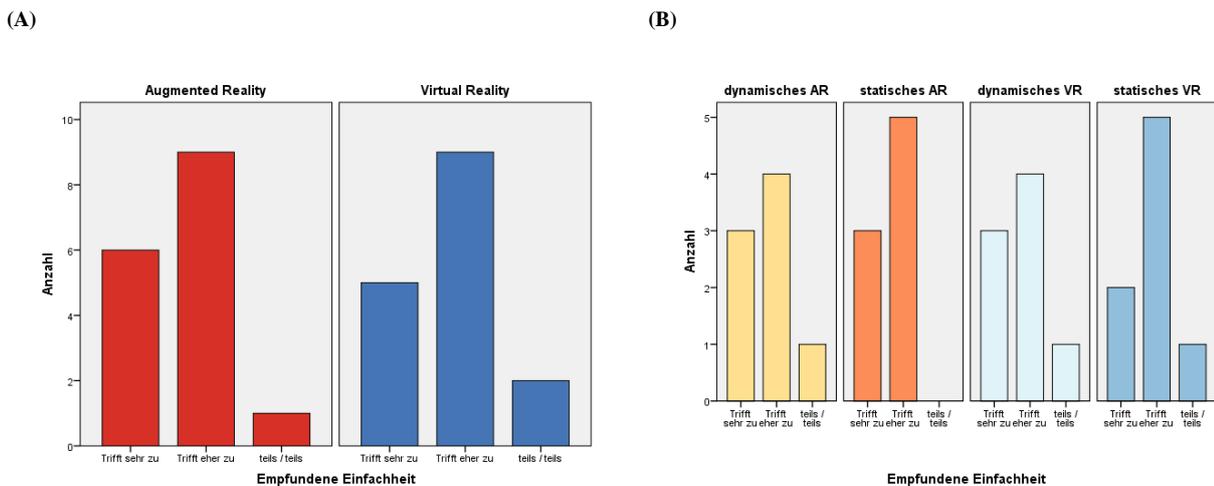


Abbildung 17: Einfachheit des Erkennens AR-VR (A); alle Visualisierungen (B)

### 6.2.4 Anzahl gezählter Strassenlampen

Die Probandinnen und Probanden wurden gebeten anhand der Visualisierung die Strassenlampen zu zählen. Die Anzahl der Lampen ist unterschiedlich hinsichtlich der Variante welche die Probandinnen und Probanden nutzten. Bei den statischen Varianten konnte man maximal sieben erkennen und bei den dynamischen waren es maximal 23 (vgl. Abbildung 18).

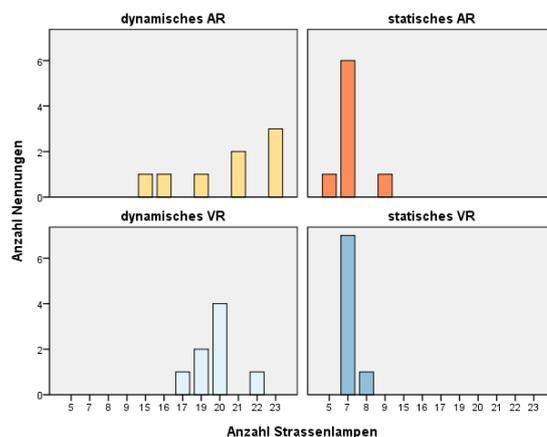


Abbildung 18: Anzahl gezählter Strassenlampen

Um die Resultate miteinander vergleichen zu können, wurden diese umgerechnet und als Prozentwerte des jeweiligen Maximums der jeweiligen Kategorie angegeben. Aus Abbildung 19A ist zu entnehmen, dass sich bezüglich der Hauptvisualisierungsart keine wesentlichen Unterschiede in den Mittelwerten erkennen lassen.

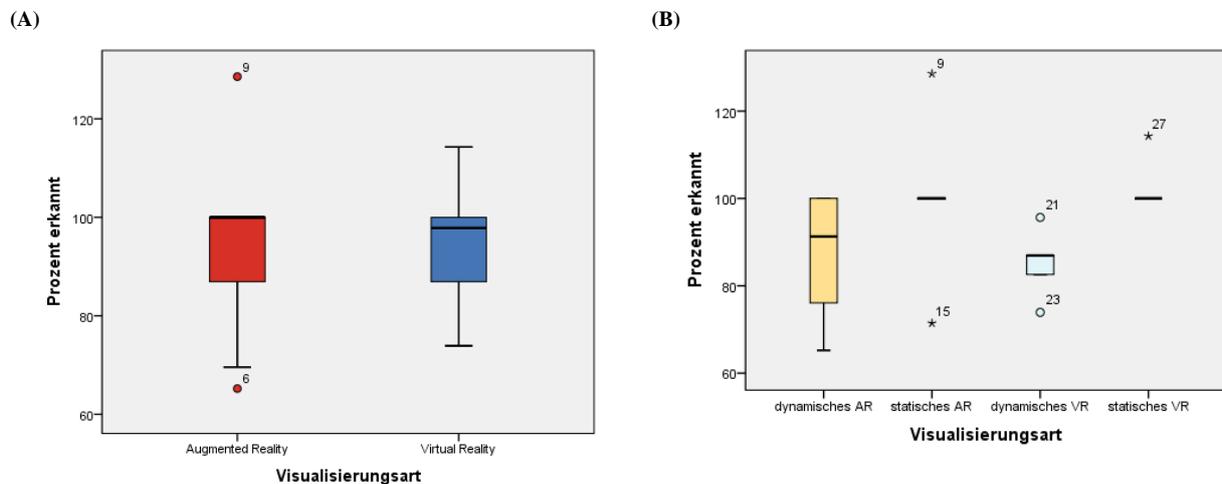


Abbildung 19: Erkannte Lampen in Prozent AR-VR (A); alle Visualisierungen (B)

Die Daten der beiden Gruppen AR und VR sind nicht normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Beide Gruppen waren signifikant,  $W_{AR} = 0.833$ ,  $p_{AR} = 0.008$ ,  $W_{VR} = 0.903$ ,  $p_{VR} = 0.09$ .

Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests ergab folgende Resultate. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR ( $Mdn = 100$ ) und VR ( $Mdn = 97.83$ ),  $U = 120.5$ ,  $p = 0.762$ ,  $r = 0.053$ .

Das Resultat des Tests zeigt, dass sich bezüglich des Zählens kein signifikanter Unterschied zwischen den Hauptvisualisierungsarten erkennen lässt. Abbildung 19B macht deutlich, dass die beiden statischen Varianten eine sehr hohe Zählgenauigkeit aufweisen. Die dynamischen Versionen haben eine stärkere Streuung, welches besonders bei der dynamischen AR-Variante auffällt. Fast 75% der Daten in dieser Visualisierungsart liegen im Bereich zwischen 80 und 100 Prozent der Genauigkeit. Die dynamische VR-Variante streut etwas weniger stark, ist jedoch die ungenaueste Variante von allen, da sich hier fast alle Daten in einem Bereich zwischen 85 und 90 Prozent der Genauigkeit finden lassen.

### 6.2.5 Benötigte Zeit zum Zählen

Es wurde die Zeit gemessen welche die Probandinnen und Probanden benötigten um die Straßenlampen zu zählen (vgl. Abbildung 20). Da hier eine Gruppierung in die zwei Hauptvisualisierungsarten nicht als dienlich erschien, wurde auf eine statistische Auswertung mittels Test verzichtet. Auffällig ist, dass beide AR-Varianten zu schnelleren Antwortzeiten führten als dies bei

den VR-Varianten der Fall war. Hinsichtlich des Streuungsverhaltens erscheinen beide Hauptvisualisierungsarten praktisch identisch.

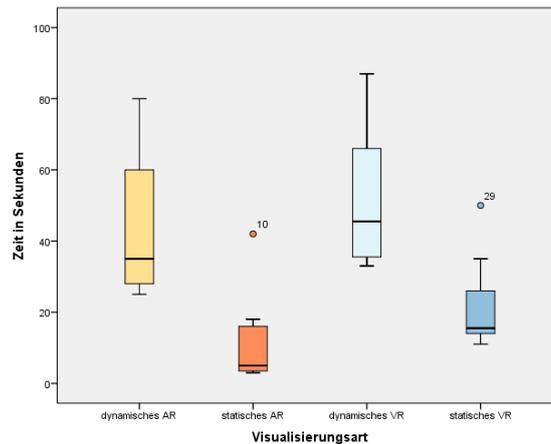
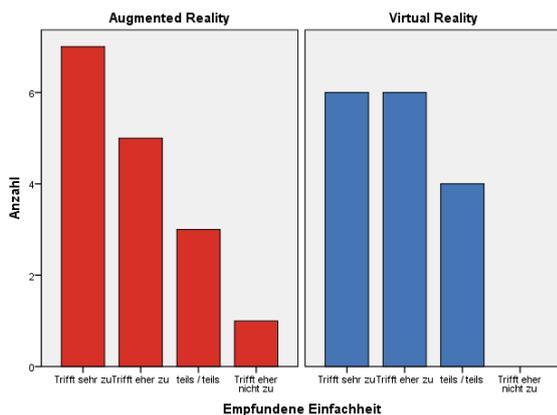


Abbildung 20: Benötigte Zeit zum Zählen

### 6.2.6 Einfachheit des Zählens

Bei dieser Aufgabe wurden die Probandinnen und Probanden gebeten anhand einer fünf stufigen Likert-Skala anzugeben, wie einfach sie die Strassenlampen in der jeweiligen Visualisierungsart zählen konnten. Aus Abbildung 21A ist zu entnehmen, dass die Hauptvisualisierungsart AR etwas uneinheitlicher bewertet wurde als die VR-Variante. In Abbildung 21B erkennt man, dass die dynamische AR-Variante die grösste Variation von Bewertungen erhielt. Die beiden statischen Varianten wurden identisch bewertet und sind grundsätzlich als einfacher eingestuft worden als die dynamischen.

(A)



(B)

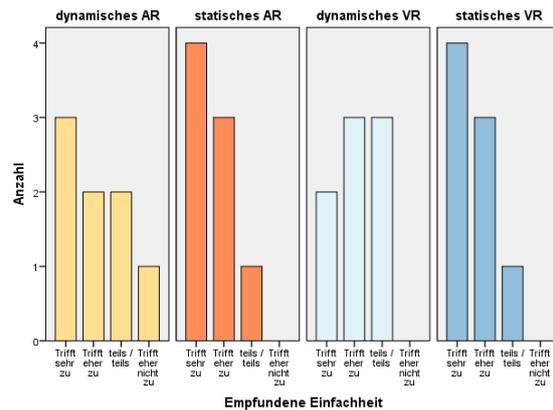


Abbildung 21: Einfachheit des Zählens AR-VR (A); alle Visualisierungen (B)

### 6.2.7 Erweiterte Resultate

Um die in Aufgabeblock 1 gewonnen Resultate vertieft zu betrachten wurden Einflüsse untersucht, welche als mögliche Erklärung für die erkannten Unterschiede dienen könnten und als Beitrag für die Diskussionen in Kapitel 7 dienen. Wie bereits in Kapitel 5.5 erwähnt, werden die Analysen nur anhand einer visuellen Interpretation der Trendlinien durchgeführt, was die statisti-

sche Aussagekraft der Resultate abschwächen kann und bei der weiteren Interpretation beachtet werden muss.

### 6.2.7.1 Verhalten von Nutzungsdauer und erkannte Objekte

Es wurde untersucht, ob es einen Zusammenhang geben könnte zwischen der Nutzungsdauer und der Anzahl der Objekte welche erkannt wurden. In Abbildung 22A kann man einen positiven Trend erkennen, welcher aufzeigt, dass sich mit steigender Nutzungsdauer auch die Anzahl der erkannten Objekte vergrößert hat. Dieser Trend kann auch in Abbildung 22B gefunden werden. Hier zeigt sich, dass besonders die beiden dynamischen Versionen einen stärkeren Trend aufweisen, die Linien also steiler verlaufen als bei den statischen.

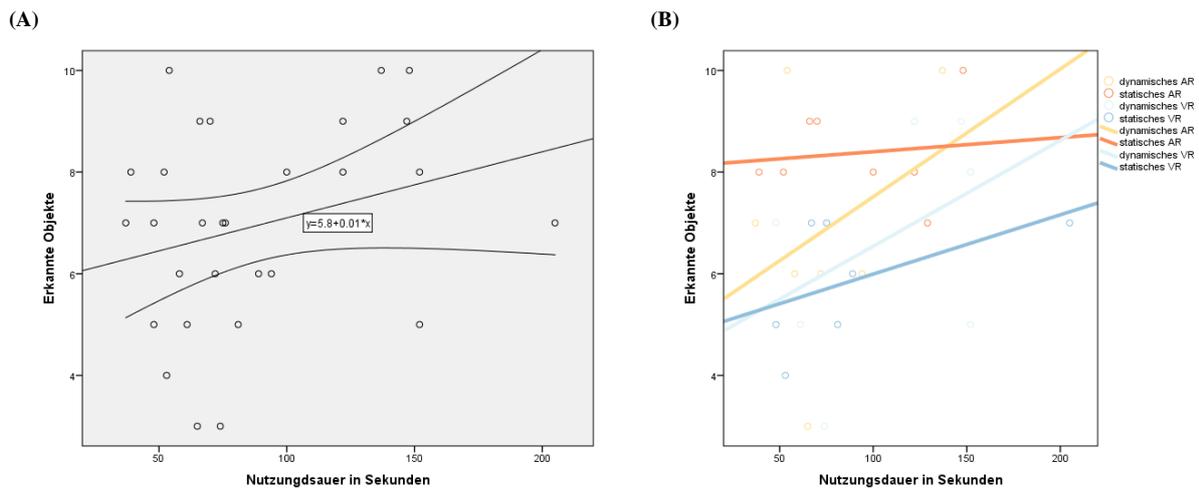


Abbildung 22: Erkannte Objekte und Nutzungsdauer (A); alle Visualisierungen (B)

### 6.2.7.2 Einfluss des Geschlechts

Bei der Betrachtung der Resultate unabhängig von der Visualisierungsart ist aufgefallen, dass beim Erkennen der Objekte, beim Zählen sowie bei der Einschätzung zur Einfachheit die Probandinnen und Probanden ziemlich übereinstimmende Werte erreicht haben. Grosse Unterschiede gab es hingegen bei der Nutzungsdauer der Visualisierung um das Szenario zu betrachten bzw. um es sich einzuprägen. Abbildung 23A zeigt, dass die Probandinnen beide Hauptvisualisierungsarten weniger lang benutzen als die Probanden. Die AR-Varianten wurden bei den Probandinnen im Mittel weniger, bei den Probanden im Mittel länger benutzt als die VR-Varianten. In Abbildung 23B fällt auf, dass die Probandinnen die dynamische AR-Variante und die statische VR-Variante deutlich weniger lang benutzen als die statische AR-Variante oder die dynamische VR-Variante. Bei den Probanden sind keine so deutlichen Unterschiede in der Nutzungsdauer zu erkennen. Die Probanden nutzen die beiden VR-Varianten im Mittel etwas länger als die AR-Varianten, wobei die Unterschiede nicht sehr ausgeprägt sind bzw. die Streuung relativ gross ist.

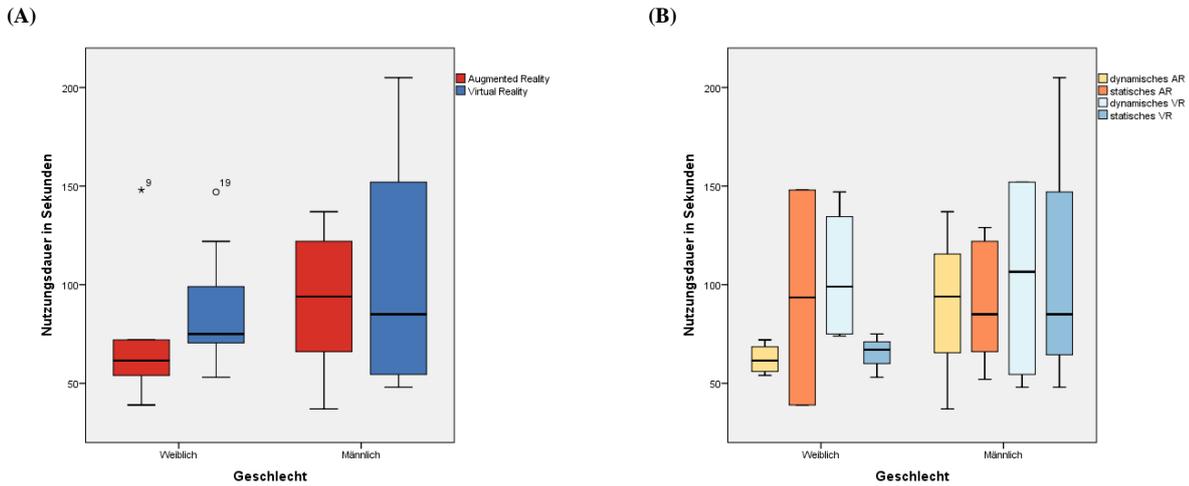


Abbildung 23: Nutzungsdauer und Geschlecht AR-VR (A); alle Visualisierungen (B)

### 6.2.7.3 Einfluss von störenden Faktoren (natürliche und technische)

Es wurde überprüft, ob störende Faktoren zur Verschlechterung der kognitiven Leistung im Bereich des Erkennens von Objekten geführt haben. Abbildung 24A lässt vermuten, dass es praktisch keinen Zusammenhang zwischen den empfundenen Störungen und der Anzahl erkannter Objekte zu geben scheint. In Abbildung 24B ist derselbe Zusammenhang für alle Varianten der Visualisierungsarten dargestellt. Auch hier erkennt man, dass die Trendlinien nur geringe Steigungen aufweisen. Bei der dynamischen VR-Variante fällt auf, dass ihre Steigung negativ verläuft, sich also komplementär zu den drei anderen Varianten zu verhalten scheint.

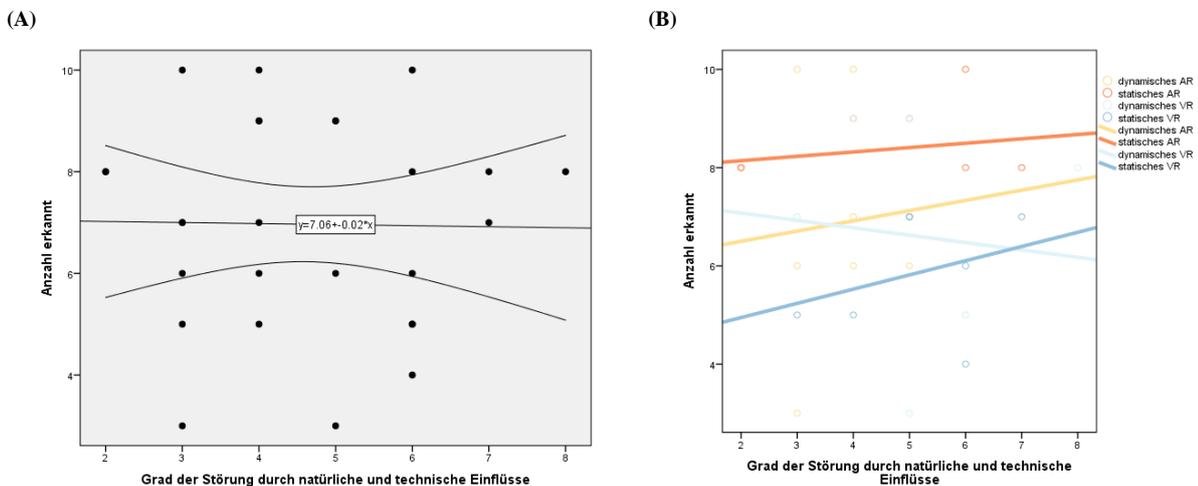


Abbildung 24: Erkannte Objekte und Störungen (A); alle Visualisierungen (B)

In Bezug zu der Nutzungsdauer deutet Abbildung 25A an, dass je stärker die Störungen wahrgenommen wurde umso höher die Nutzungsdauer ausfiel. Dieses Phänomen kann auch in Abbildung 25B erkannt werden, wobei die dynamische VR-Variante hier am steilsten verläuft.

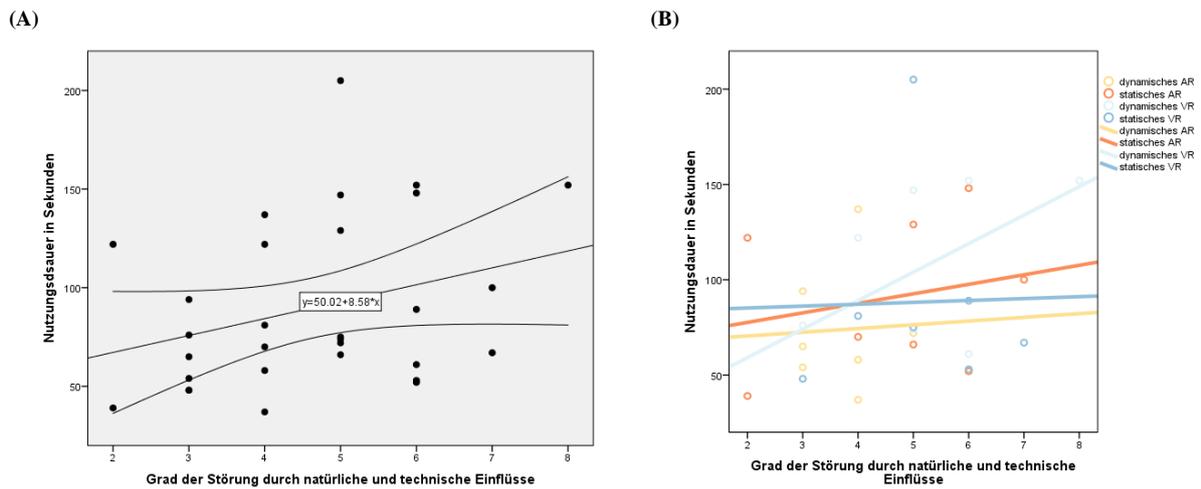


Abbildung 25: Nutzungsdauer und Störungen (A); alle Visualisierungen (B)

#### 6.2.7.4 Einfluss Erfahrung mit technischen Geräten (iPad/Smartphone)

Es soll geprüft werden, ob die persönliche Erfahrung mit technischen Geräten einen Einfluss auf die kognitive Leistung haben könnte. Dies soll exemplarisch bei der Aufgabe des Zählens von Strassenlampen dargestellt werden. In Abbildung 26A lässt sich ein leichter Trend erahnen, in welchem die Probandinnen und Probanden welche über mehr Erfahrung mit technischen Geräten verfügen, auch genauer gezählt haben. Aus Abbildung 26B lässt sich erkennen, dass die VR-Varianten gleichmässiger verlaufen und fast parallel über der Abszisse liegen was auf praktische keine Beeinflussung hin deuten würde. Die beiden AR-Varianten unterscheiden sich in ihrem Verlauf grundsätzlich voneinander.

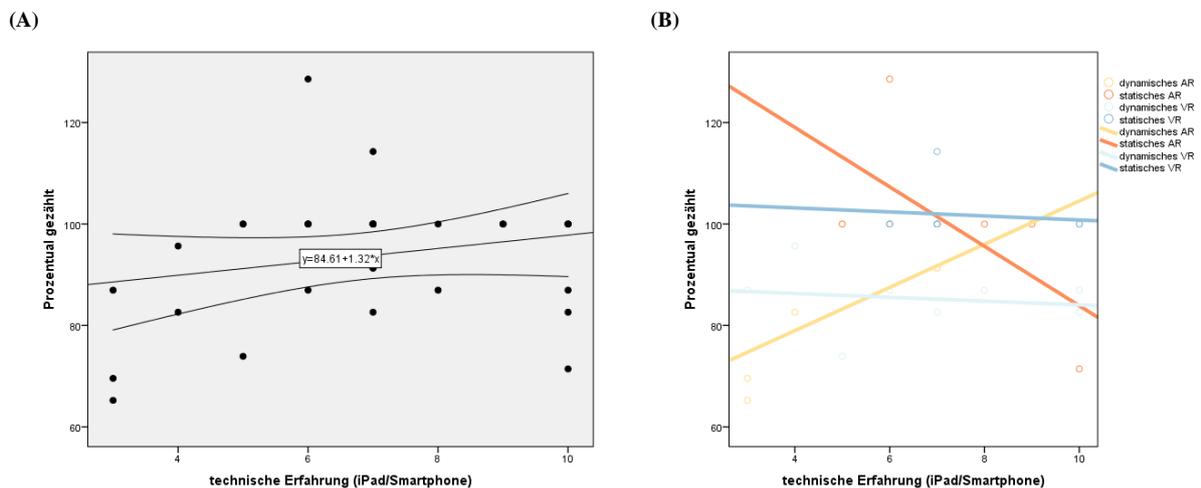
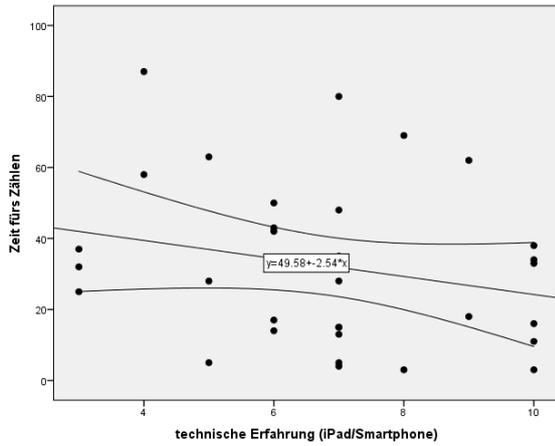


Abbildung 26: Zählen und technische Erfahrung (A); alle Visualisierungen (B)

In Abbildung 27A ist der allgemeine Trend zu sehen welche die technische Erfahrung bezüglich der Schnelligkeit fürs Zählen gehabt hat. So scheint es, dass die Probandinnen und Probanden welche über viel Erfahrung verfügten auch schneller beim Zählen waren. In Abbildung 27B wird deutlich, dass die beiden statischen Varianten und die dynamische VR-Variante diesem Trend folgen. Die dynamische AR-Variante verhält sich leicht gegensätzlich. Hier hätten die Proban-

dinnen und Probanden welche über mehr Erfahrung verfügten auch mehr Zeit benötigt um die Strassenlampen zu zählen.

(A)



(B)

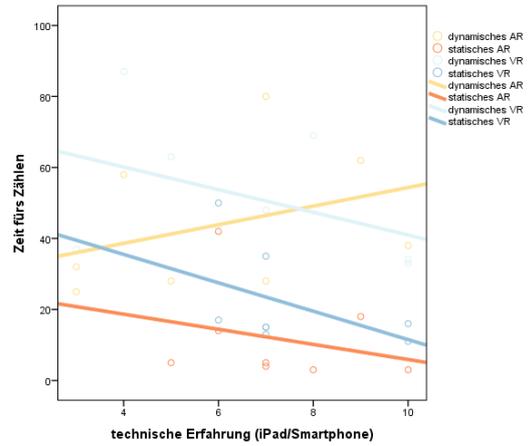


Abbildung 27: Technische Erfahrung (A); alle Visualisierungen (B)

## 6.3 Aufgabeblock 2

In diesem Aufgabeblock geht es um das abschätzen von Massen und dem Vergleich von Objekten inner- und ausserhalb der Visualisierung.

### 6.3.1 Höhe Turm schätzen

Die Probandinnen und Probanden wurden gebeten die Höhe des visualisierten Turmes einzuschätzen. Der Turm hat eine wirkliche Höhe von 40m. Abbildung 28A und 28B zeigen den Turm beispielhaft in beiden Hauptvisualisierungsarten.

(A)



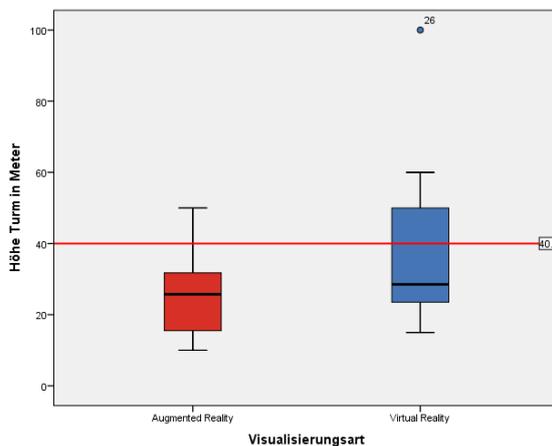
(B)



Abbildung 28: Turm aus AR-Ansicht (A)- Turm aus VR-Ansicht (B)

In Abbildung 29A ist ein gewisser Unterschied in der Verteilung der Daten zu erkennen.

(A)



(B)

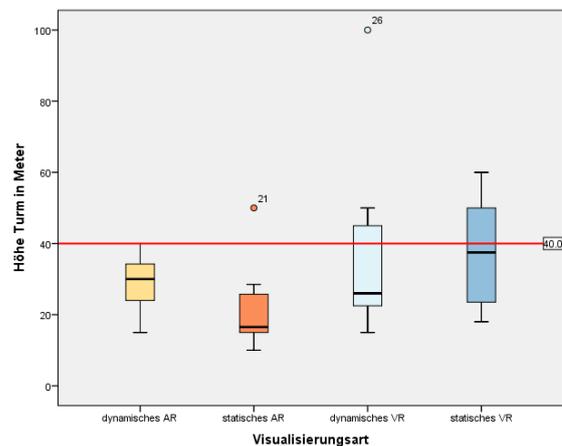


Abbildung 29: Geschätzte Höhe Turm AR-VR (A); alle Visualisierungen (B)

Die Daten der beiden Gruppen AR und VR sind nicht normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Die Gruppe AR war nicht signifikant,  $W_{AR} = 0.949$ ,  $p_{AR} = 0.468$ , jedoch bei der Gruppe VR wurde ein signifikanter Wert erreicht,  $W_{VR} = 0.732$ ,  $p_{VR} = 0.0004$ .

Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests ergab folgende Resultate. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR ( $Mdn = 25.75$ ) und VR ( $Mdn = 28.5$ ),  $U = 82.5$ ,  $p = 0.086$ ,  $r = 0.3$ .

Das Resultat des Tests deutet an, dass sich die Hauptvisualisierungsarten bezüglich der abgeschätzten Höhe nicht signifikant unterscheiden. In Abbildung 29B sind dennoch einige Unterschiede zu erkennen. Bei beiden Versionen von AR liegen die Daten dichter zusammen, die Streuung scheint geringer zu sein als bei den VR-Versionen. Allgemein ist festzustellen, dass bei allen Versionen der Turm zu tief geschätzt wurde, dies am deutlichsten bei der statischen AR-Variante ( $Mdn = 16.5$ ). Die exaktesten Werte wurden mit der statischen VR-Variante erreicht ( $Mdn = 37.5$ ), wobei in dieser Version der Streubereich jedoch am deutlichsten ausgeprägt ist.

### 6.3.2 Zeit für Schätzung

Es wurde die Zeit gemessen, welche die Probandinnen und Probanden für die Schätzung gebraucht haben. Abbildung 30A zeigt die Schätzdauer der beiden Hauptvisualisierungsarten.

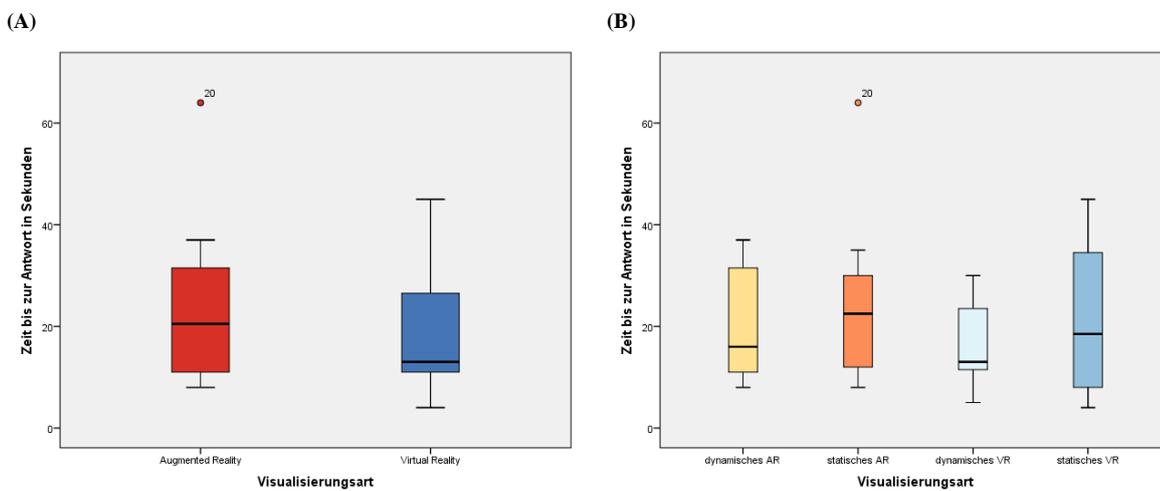


Abbildung 30: Dauer der Schätzung AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B)

Die Daten der beiden Gruppen AR und VR sind nicht normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Die Gruppe VR war nicht signifikant,  $W_{VR} = 0.901$ ,  $p_{VR} = 0.085$ , jedoch bei der Gruppe AR wurde ein signifikanter Wert erreicht,  $W_{AR} = 0.86$ ,  $p_{AR} = 0.085$

Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests ergab folgende Resultate. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR ( $Mdn = 20.5$ ) und VR ( $Mdn = 13$ ),  $U = 110.5$ ,  $p = 0.509$ ,  $r = 0.09$ .

Das Resultat des Tests zeigt, dass die Zeiten welche zum Abschätzen der Höhe benötigt wurde im nicht wesentlich von den Hauptvisualisierungsarten abhängig sind. Aus Abbildung 30B lässt sich erkennen, dass bei den dynamischen Versionen die Teilnehmenden im Durchschnitt schneller geantwortet haben.

### 6.3.3 Höhe und Länge des Gebäudes schätzen

Die Aufgabe der Probandinnen und Probanden war es, die Länge und die Höhe des Gebäudes einzuschätzen, wobei sie dieses Mal eine Hilfestellung erhielten. Es wurde ihnen mitgeteilt, dass die Breite des Gebäudes ca. 25m betrage (vgl. Abbildung 31A). Die echten Werte des Gebäudes betragen: Länge = ca. 40m, Höhe = ca. 25m.

(A)



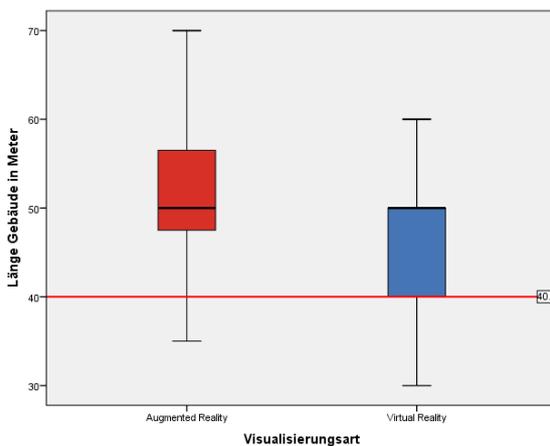
(B)



Abbildung 31: Gebäude und Brücke aus AR-Ansicht (A) und aus VR-Ansicht(B)

Aus Abbildung 32A ist zu erkennen, dass die Mittelwerte der Daten sehr ähnlich sind, jedoch das sich das untere und obere Quartil sich bezüglich der Lage unterscheiden.

(A)



(B)

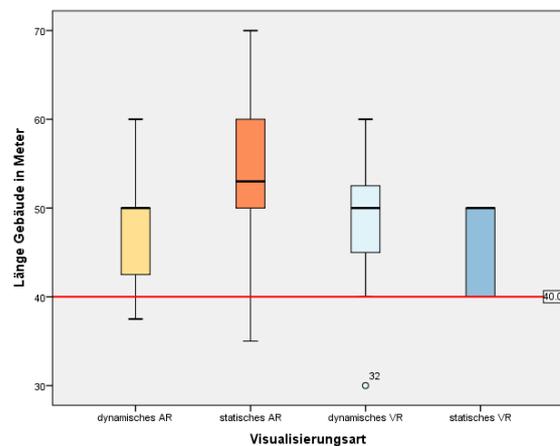


Abbildung 32: Länge des Gebäudes AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B)

Die Daten der beiden Gruppen AR und VR sind nicht normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Die Gruppe AR war nicht signifikant,  $W_{AR} = 0.941$ ,  $p_{AR} = 0.36$ , jedoch bei der Gruppe VR wurde ein signifikanter Wert erreicht,  $W_{VR} = 0.847$ ,  $p_{VR} = 0.012$ .

Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests ergab folgende Resultate. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR ( $Mdn = 50$ ) und VR ( $Mdn = 50$ ),  $U = 98.5$ ,  $p = 0.239$ ,  $r = 0.2$ .

Das Resultat des Tests zeigt, dass hinsichtlich der Hauptvisualisierungsart keine grösseren Unterschiede beim Schätzen aufgetreten sind. Auf Abbildung 32B ist zu erkennen, dass bei den AR-Varianten eine grössere Streuung der Ergebnisse vorliegt und dass sich hier auch die Versio-

nen dynamisch und statisch wesentlich unterscheiden. Bei der statischen AR-Variante wurde das Gebäude am deutlichsten zu lange angegeben. Die Länge des Gebäudes wurde jedoch bei allen Visualisierungsarten überschätzt.

Abbildung 33A zeigt, dass die Mittelwerte der angegebenen Höhen nahezu identisch sind.

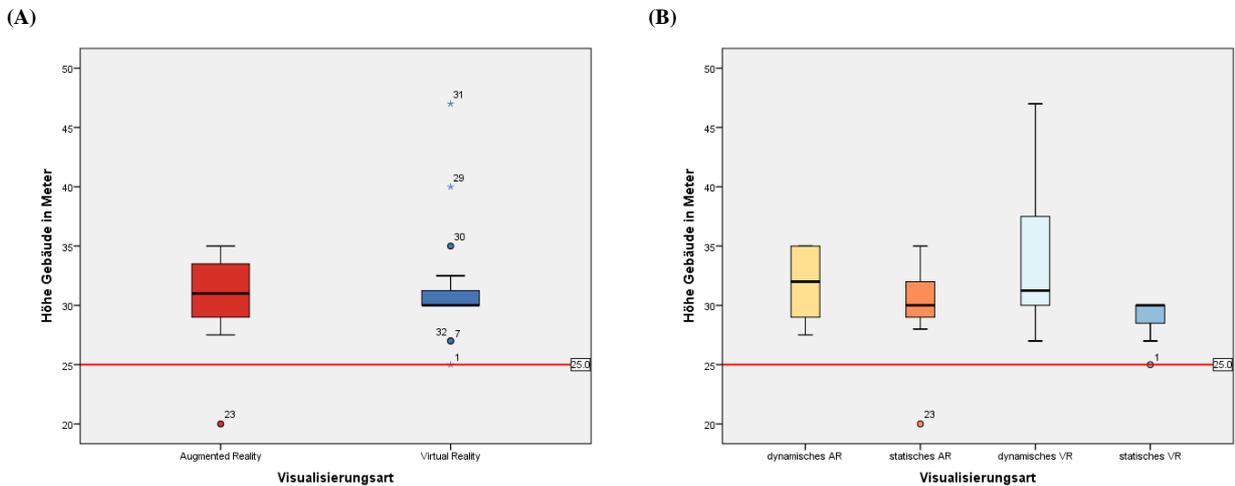


Abbildung 33: Höhe des Gebäudes AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B)

Die Daten der beiden Gruppen AR und VR sind nicht normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Der Testwert der beiden Gruppen war signifikant,  $W_{AR} = 0.861$ ,  $p_{AR} = 0.02$ , und  $W_{VR} = 0.748$ ,  $p_{VR} = 0.001$ .

Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests ergab folgende Resultate. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR ( $Mdn = 31$ ) und VR ( $Mdn = 30$ ),  $U = 115$ ,  $p = 0.642$ ,  $r = 0.09$ .

Das Resultat des Tests zeigt, analog zu der Abbildung 33A, dass hier hinsichtlich der Hauptvisualisierungsart keine signifikanten Unterschiede beim Schätzen aufgetreten sind. Auffällig zu sehen ist in Abbildung 33A die vielen Ausreisser welche die VR-Variante enthält. Aus Abbildung 33B ist zu erkennen, dass die dynamische VR-Variante den grössten Streuungsbereich aufweist und die Ausreisser sich demzufolge grösstenteils in dieser Gruppe befinden. Die beiden statischen Varianten haben den kleinsten Streuungsbereich und sind so hinsichtlich der Richtigkeit und Präzision am besten. Auch hier fällt auf, dass bei allen Varianten das Gebäude als zu hoch eingeschätzt wurde.

### 6.3.4 Zeit zum Schätzen Gebäude

Es wurde die Zeit gemessen welche für das Schätzen der Masse benötigt wurde. Auf Abbildung 34A ist eine deutliche Abweichung der Mittelwerte auszumachen.

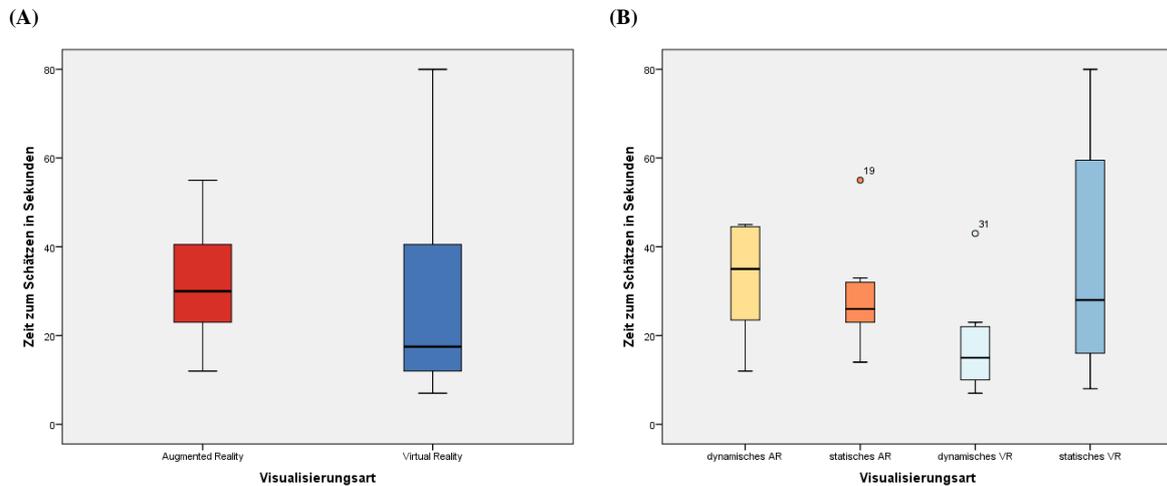


Abbildung 34: Zeit zum Schätzen AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B)

Die Daten der beiden Gruppen AR und VR sind nicht normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Die Gruppe AR war nicht signifikant,  $W_{AR} = 0.97$ ,  $p_{AR} = 0.847$ , jedoch bei der Gruppe VR wurde ein signifikanter Wert erreicht,  $W_{VR} = 0.824$ ,  $p_{VR} = 0.006$ .

Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests ergab folgende Resultate. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR ( $Mdn = 30$ ) und VR ( $Mdn = 17.5$ ),  $U = 89$ ,  $p = 0.141$ ,  $r = 0.26$ .

Das Ergebnis des Tests zeigt, dass trotz ersichtlicher Abweichung, sich die Hauptvisualisierungsarten nicht signifikant unterscheiden. Aus Abbildung 34B ist zu sehen, dass es dennoch bemerkenswerte Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten gibt. So kann man erkennen, dass die Probandinnen und Probanden welche die dynamische VR-Version benutzen deutlich am schnellsten waren. Interessant ist auch der grosse Streubereich der statischen VR-Version.

### 6.3.5 Vergleich Gebäude und Brücke

In dieser Aufgabe mussten die Probandinnen und Probanden einen Vergleich zwischen der Länge des Gebäudes und der Länge der Brücke vornehmen. Abbildung 35A lässt vermuten, dass keine wesentlichen Unterschiede beim Vergleichen aufgetreten sind.

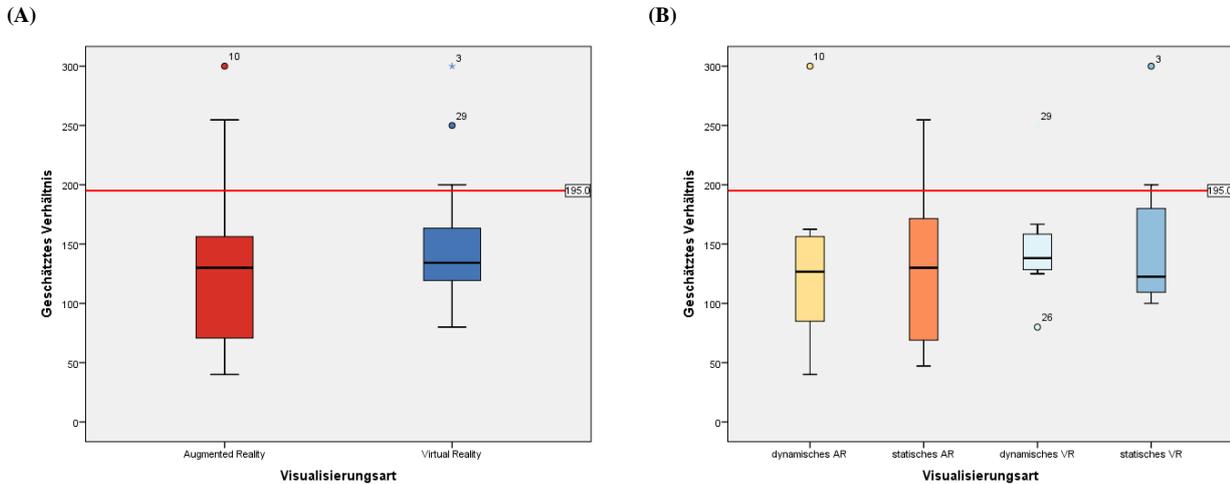


Abbildung 35: Geschätztes Verhältnis- Gebäude und Brücke AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B)

Die Daten der beiden Gruppen AR und VR sind nicht normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Die Gruppe AR war nicht signifikant,  $W_{AR} = 0.921$ ,  $p_{AR} = 0.172$ , jedoch bei der Gruppe VR wurde ein signifikanter Wert erreicht,  $W_{VR} = 0.852$ ,  $p_{VR} = 0.015$ .

Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests ergab folgende Resultate. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR ( $Mdn = 130$ ) und VR ( $Mdn = 134.18$ ),  $U = 105$ ,  $p = 0.386$ ,  $r = 0.153$ .

Das Resultat macht deutlich, dass hinsichtlich der Hauptvisualisierungsarten keine signifikanten Unterschiede beim Vergleichen aufgetreten sind. In Abbildung 35B ist ersichtlich, dass die dynamische VR-Version bezüglich Präzision und Richtigkeit am besten abgeschnitten hat. Bei den beiden AR-Versionen fällt der ausgeprägte Streuungsbereich auf. Allgemein ist festzuhalten, dass bei alle Visualisierungsarten zu tief geschätzt wurde.

### 6.3.6 Zeit zum Vergleichen

Es wurde die Zeit gemessen welche die Probandinnen und Probanden für das Vergleichen benötigten. Abbildung 36A lässt einen gewissen Unterschied der Mittelwerte erahnen.

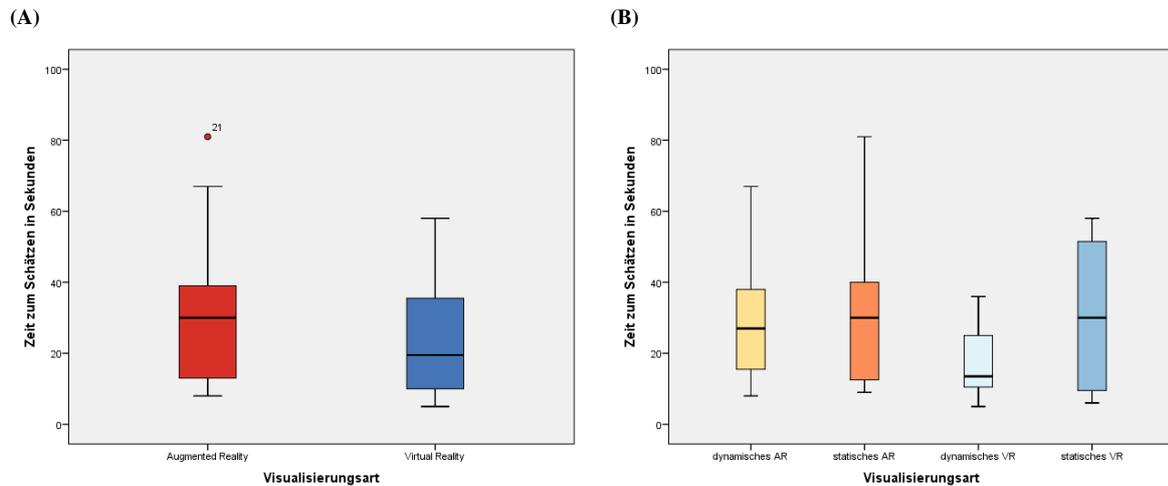


Abbildung 36: Zeit zum Schätzen AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B)

Die Daten der beiden Gruppen AR und VR sind nicht normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Beide Gruppen weisen einen signifikanten Testwert auf,  $W_{AR} = 0.884$ ,  $p_{AR} = 0.045$  und  $W_{VR} = 0.875$ ,  $p_{VR} = 0.032$ .

Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests ergab folgende Resultate. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR ( $Mdn = 30$ ) und VR ( $Mdn = 19.5$ ),  $U = 99.5$ ,  $p = 0.282$ ,  $r = 0.19$ .

Das Ergebnis des Tests legt nahe, dass es bezüglich der benötigten Zeit zum Schätzen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Hauptvisualisierungsarten zu erwarten sind. Abbildung 36B zeigt, dass die dynamische VR-Variante bei den Teilnehmenden die schnellste Reaktionszeit bewirkt hat.

### 6.3.7 Vergleich Benutzte Visualisierungsart zu einem 2D-Plan

Die Probandinnen und Probanden wurden gefragt, welche Form von Visualisierung sie für nützlicher / einfacher einschätzen würden um die zuvor gestellten Aufgabe zu lösen. Dabei wurde ein Vergleich der benutzen Variante zu einem zweidimensionalen Plan (Vogelperspektive) ange stellt. Es wurde darauf hingewiesen, dass keine Höhen aus einem 2D-Plan entnommen werden können. Abbildung 37A zeigt, dass es eine klare Bevorzugung eines 2D-Plans gegenüber den dargebotenen Visualisierungsarten gegeben hat. Diese Erkenntnis ist auch auf Abbildung 37B zu sehen, wobei die statische AR-Variante am wenigsten bevorzugt würde.

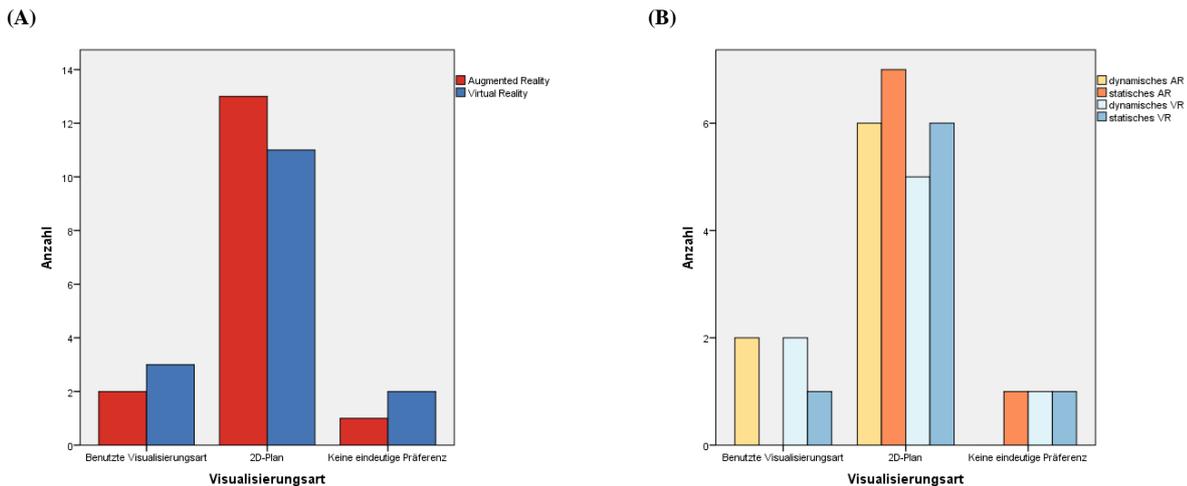


Abbildung 37: Bevorzugung 2D-Plan oder 3D-Visualisierung, AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B)

### 6.3.8 Erweiterte Resultate

Um Einflüsse auf das Schätzen von Massen aus den Visualisierungsarten zu erheben, wurden die Resultate aller Schätzaufgabe zu einem einzelnen Wert pro Probandinnen oder Probanden zusammengefasst. Hierzu wurden jeweils die Abweichungen vom wahren Wert zu einer Variablen aufaddiert, wobei negative Werte in absolute Zahlen umgerechnet wurden. Diese Variable entspricht demzufolge der Summe aller Abweichungen und kann als ein Mass der Genauigkeit des Schätzens der Person angesehen werden. Ebenso wurde der Zeitaufwand bei jeder Teilaufgabe zu einer einzigen Gesamtsumme addiert. Wie bereits in Kapitel 5.5 erwähnt, werden die Analysen nur anhand einer visuellen Interpretation der Trendlinien durchgeführt, was die statistische Aussagekraft der Resultate abschwächen kann und bei der weiteren Interpretation beachtet werden muss.

### 6.3.8.1 Verhalten von Nutzungsdauer zur Genauigkeit der Schätzungen

Es wurde untersucht, ob es einen Zusammenhang geben könnte zwischen der Nutzungsdauer, also der Zeit welche die Probandinnen und Probanden gebraucht haben ihre Einschätzungen zu machen und der Genauigkeit ihrer Angaben. Aus Abbildung 38A könnte man schliessen, dass es keine oder nur einen sehr geringen Beeinflussung zu geben scheint. Abbildung 38B zeigt ein anderes Bild. Hier erscheinen starke Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten. Bei den beiden VR-Varianten scheint die Nutzungsdauer keinen gewichtigen Einfluss zu haben, ganz im Gegensatz zu den beiden AR-Varianten. Diese verhalten sich aber offenbar gegenläufig, so zeigt die dynamische AR-Variante, dass je länger die Teilnehmer zum Schätzen brauchten sich die Genauigkeit ihrer Angaben verschlechterte. Im Gegensatz die statischen AR-Variante, bei welcher offensichtlich bei längerer Nutzungsdauer die Schätzungen genauer wurden.

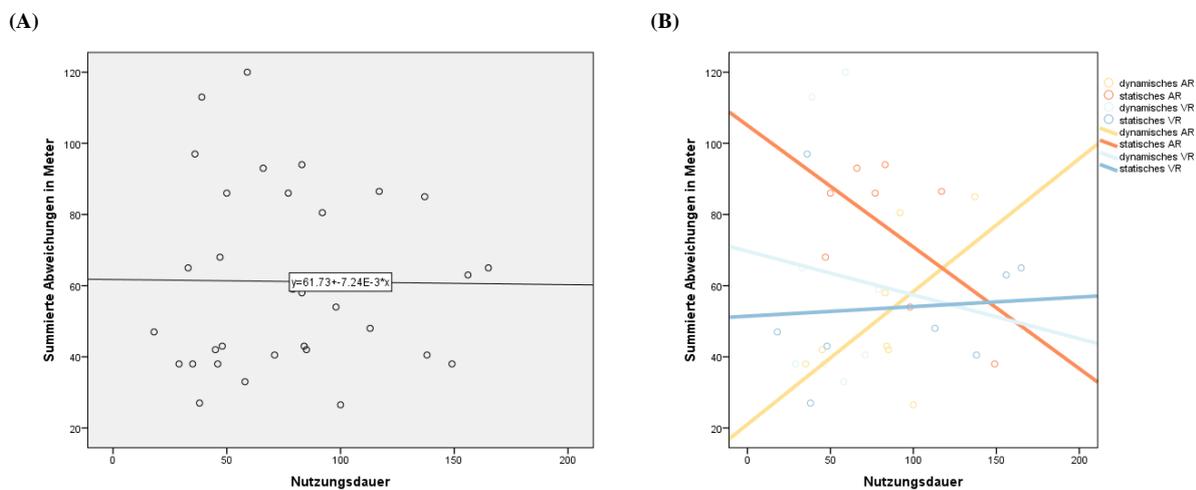


Abbildung 38: Abweichung der Schätzung auf die Nutzungsdauer(A); alle Visualisierungsarten (B)

### 6.3.8.2 Einfluss des Geschlechts

In Abbildung 39A fällt auf, dass die Probandinnen im Mittel weniger genau geschätzt haben als die Probanden. Diese Feststellung trifft für beide Hauptvisualisierungsarten zu. Sehr auffällig ist jedoch, dass die Probandinnen bei der AR-Variante deutlich am schlechtesten Geschätzt haben. Die Probanden haben bei beiden Hauptvisualisierungsarten praktisch gleich gut geschätzt. In Abbildung 39B ist zu erkennen, dass jeweils mit der statischen AR-Variante bei beiden Geschlechtern im Mittel am schlechtesten Geschätzt wurde. Interessant ist auch zu sehen, dass die dynamisch VR-Variante den grössten Streubereich aufweist. Diese Variante ist bei beiden Geschlechtern praktisch identisch ausgebildet

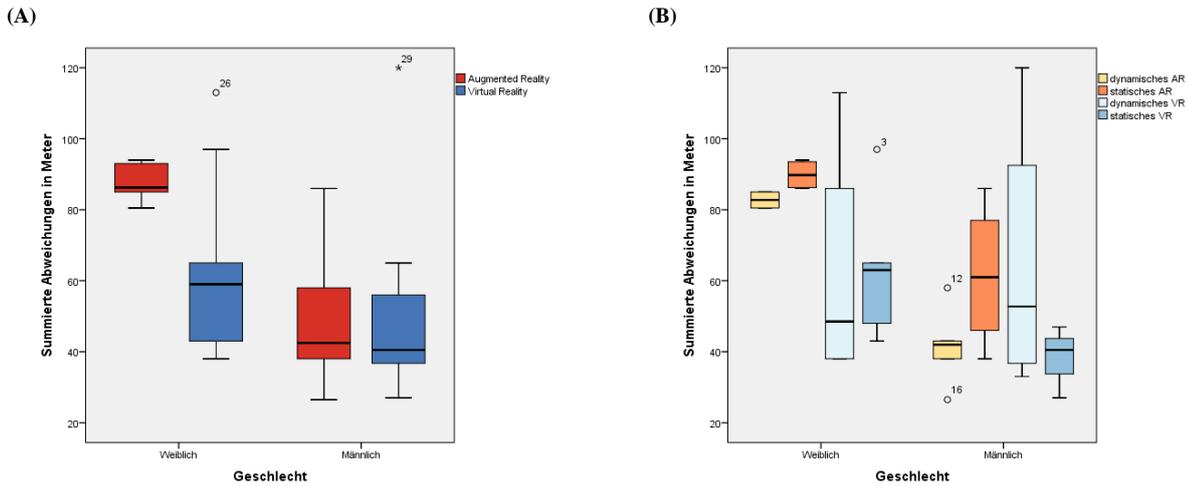


Abbildung 39: Geschlecht und Schätzungsgenauigkeit AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B)

Abbildung 40A zeigt die summierten Zeiten welche benötigt wurde um zu Schätzen. Bei beiden Geschlechtern benötigten die Teilnehmer welche mit den AR-Varianten gearbeitet hatten im Mittel mehr Zeit, als diejenigen welche die VR-Varianten nutzten. Die Probandinnen und Probanden benötigten im Durchschnitt ungefähr gleich lange um die Aufgaben zu lösen. In Abbildung 40B ist zu erkennen, dass die dynamische AR-Variante bezüglich der Geschwindigkeit des Schätzens am schlechtesten abgeschnitten hat. Interessant ist auch der grosse Streubereich der statischen VR-Varianten, welcher bei den Männern am deutlichsten ausgeprägt ist.

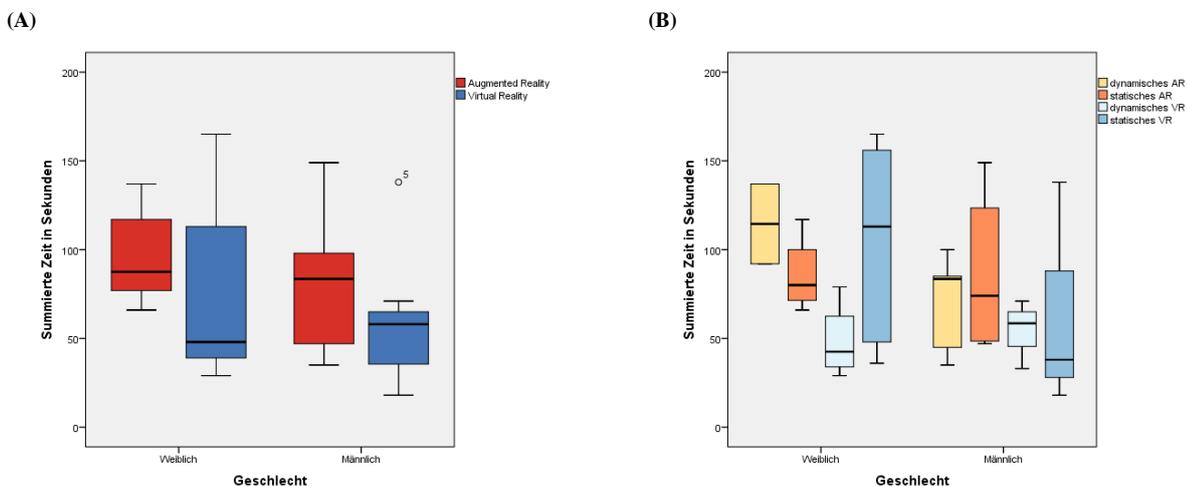


Abbildung 40: Geschlecht und Schätzungsdauer AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B)

### 6.3.8.3 Einfluss Erfahrung mit Geodaten und Kartographie

In Abbildung 41A ist ein leichter Trend zu erkennen, dass je grösser die Erfahrung in Kartographie und der Benutzung von Geodaten war, auch die Genauigkeit beim Schätzen zunahm. Auch in Abbildung 41B lässt sich dieser Trend erkennen, welcher besonders stark bei der statischen VR-Varianten und der dynamischen AR-Variante ausgeprägt ist. Interessant ist der Verlauf der statischen AR-Variante. Hier scheint es so zu sein, dass je mehr Erfahrungen vorhanden waren, umso schlechter die Schätzungen wurden.

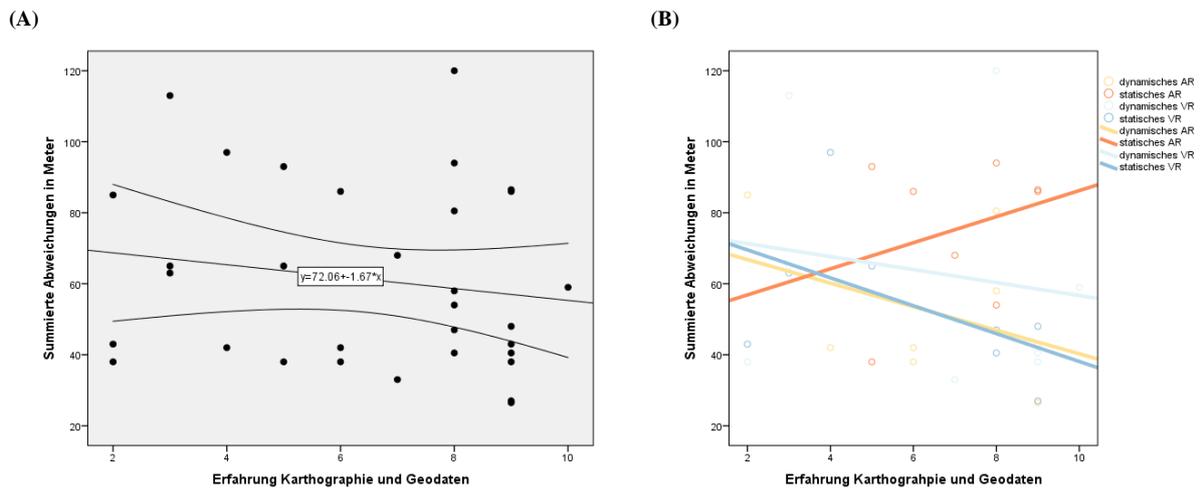


Abbildung 41: Schätzung und Erfahrungsstand in Kartographie (A); alle Visualisierungsarten (B)

Abbildung 42A zeigt, dass scheinbar der Grad an Erfahrungen keinen wesentlichen Einfluss auf die Geschwindigkeit beim Schätzen hatte. Abbildung 42B lässt jedoch erkennen, dass bei den beiden AR-Varianten sowie bei der statischen VR-Variante, die Probandinnen und Probanden etwas schneller beim Schätzen waren, je höher ihr Erfahrungslevel lag. Die dynamische VR-Variante scheint leicht anderes gewirkt zu haben, da hier ein gegenteiliger Effekt zu erkennen ist.

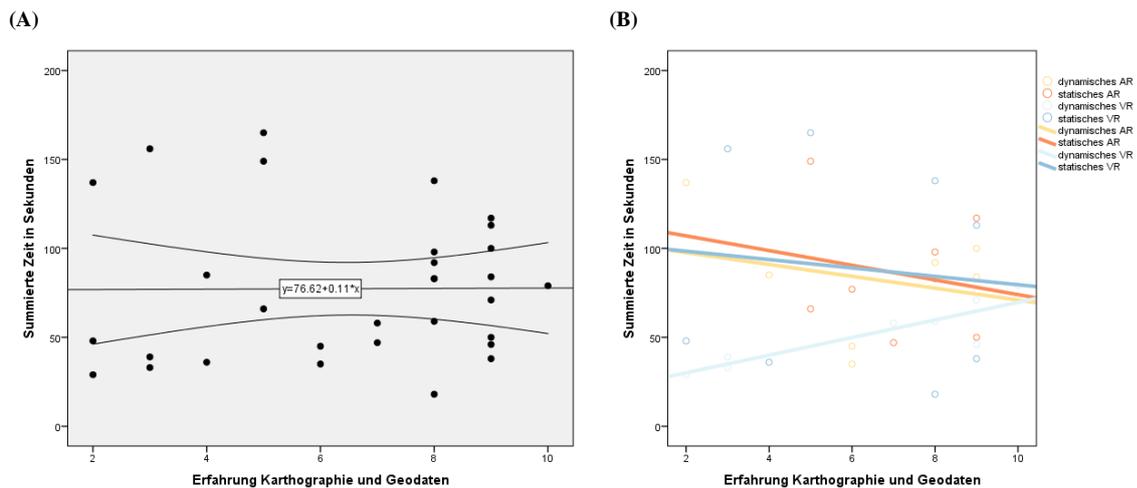


Abbildung 42: Zeit zum Schätzen und Erfahrungsstand in Kartographie (A); alle Visualisierungsarten (B)

#### 6.3.8.4 Einfluss Erfahrung mit technischen Geräten (iPad/Smartphone)

Abbildung 43A lässt einen geringen Einfluss der Erfahrung von Technologie auf die Schätzgenauigkeit erahnen, welcher zufolge hätte, dass je mehr Erfahrung vorhanden ist desto genauer die Schätzungen würden. Diesen Trend kann man auch in Abbildung 43B bei den beiden statischen Versionen erkennen. Im Gegensatz dazu, zeigen die dynamischen Versionen einen leicht gegenläufigen Trend.

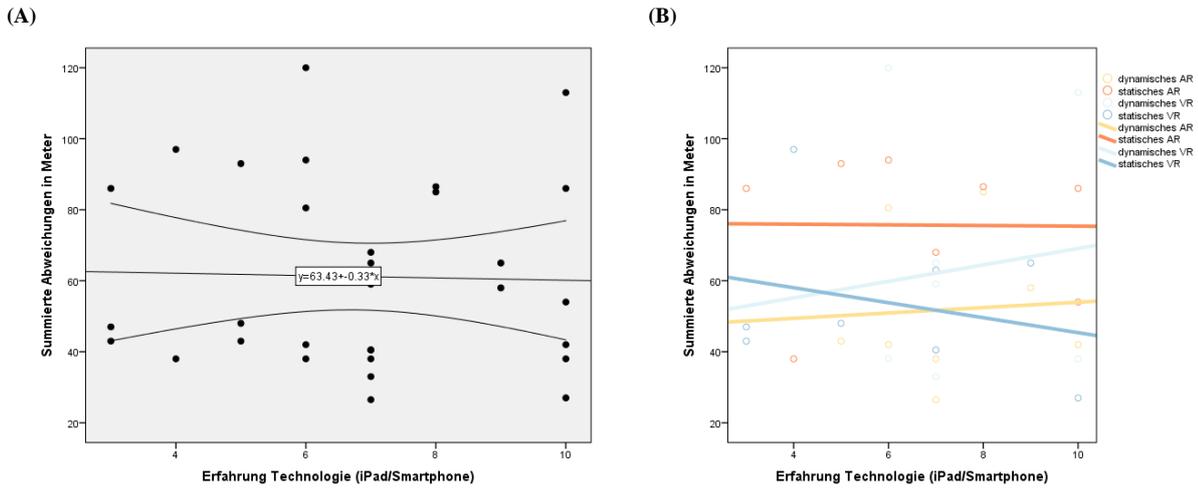


Abbildung 43: Schätzung und Erfahrungsstand in Technologie (A); alle Visualisierungsarten (B)

Abbildung 44A deutet an, dass je grösser die Erfahrung im technologischen Bereich war, desto länger haben die Probandinnen und Probanden im Schnitt gebraucht um die Schätzungen abzugeben. In Abbildung 44B erkennt man, dass bei der statischen VR-Variante dieser Trend am deutlichsten erscheint. Die beiden AR-Varianten verhalten sich praktisch identisch und verlaufen näherungsweise parallel zur Abszisse, was auf keine Beeinflussung der Erfahrung auf den Zeitgebrauch bedeuten würde. Die dynamische VR-Variante deutet eine leicht negative Steigung an, dies würde für eine geringe Erhöhung der Schätzungsgeschwindigkeit mit zunehmender Erfahrung entsprechen.

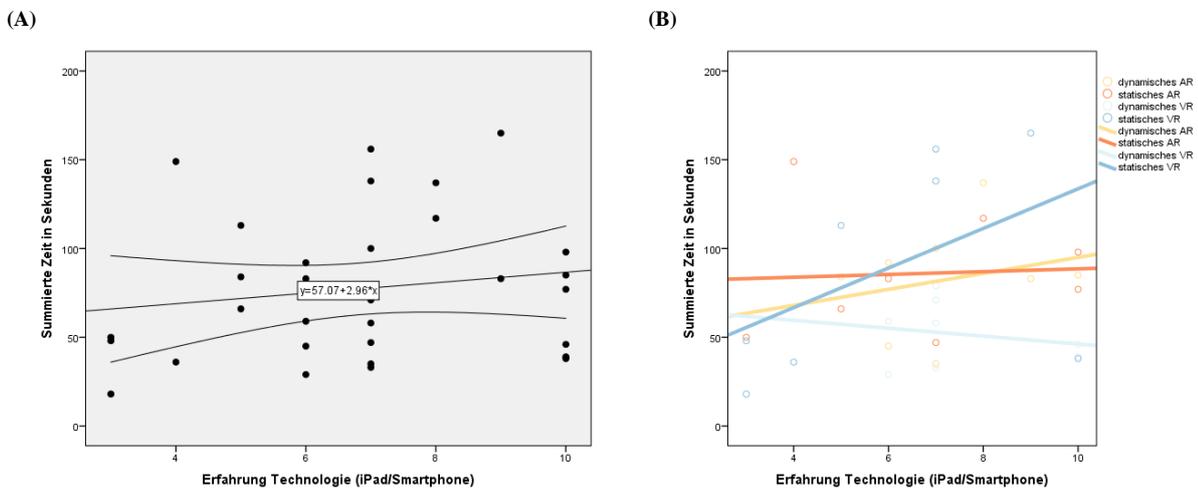
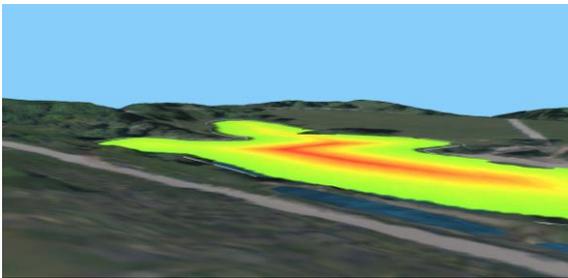


Abbildung 44: Zeit zum Schätzen und Erfahrungsstand in Technologie (A); alle Visualisierungsarten (B)

## 6.4 Aufgabeblock 3

In diesem Aufgabenblock soll die Nutzung von abstrakter Darstellung und ihre Interpretation untersucht werden. Den Probandinnen und Probanden wurde erörtert, dass es sich bei der Visualisierung um die Wasserqualität des Teiches handle. Dabei wurden ihnen zwei Zustände gezeigt welche die Qualität des Wassers vor- und direkt nach der Bebauung des Gebietes darstellen sollte. Abbildung 45A und 45B zeigt diesen Sachverhalt in der VR-Variante. Den Probandinnen und Probanden wurde zusätzliche eine beschreibende Legende zu den Farben (Wasserqualität) dargestellt (siehe Anhang 10.6). Alle Probandinnen und Probanden erkannten bei jeder Variante, dass sich die Qualität verschlechtert hat, weshalb dieses Resultat hier nicht besonders erwähnt werden soll.

(A)



(B)

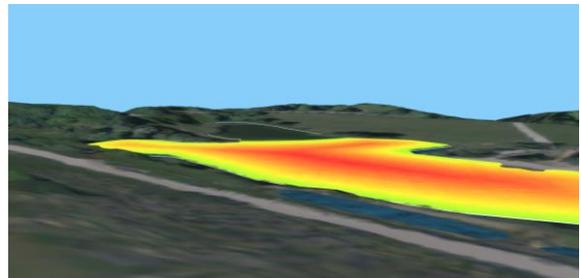
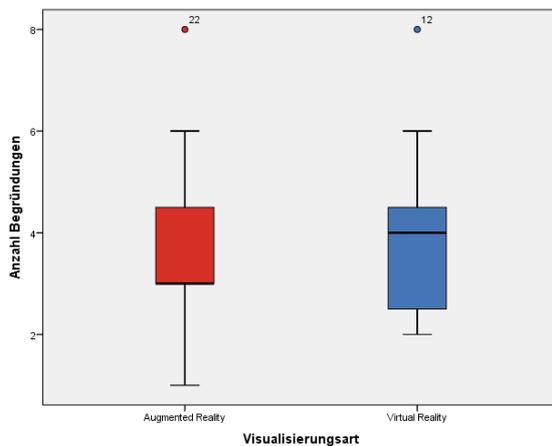


Abbildung 45: Wasserzustand vor der Bebauung (A); nach der Bebauung (B)

### 6.4.1 Anzahl Begründungen

Es wurde die Anzahl der Begründungen für die beobachtete Veränderung gezählt. Dabei wurde nicht auf inhaltliche „Richtigkeit“ geachtet, sondern nur auf die Quantität der Begründungen. Abbildung 46A zeigt, dass die Verteilungen ähnlich sind, bei der VR-Variante der Median doch etwas höher liegt.

(A)



(B)

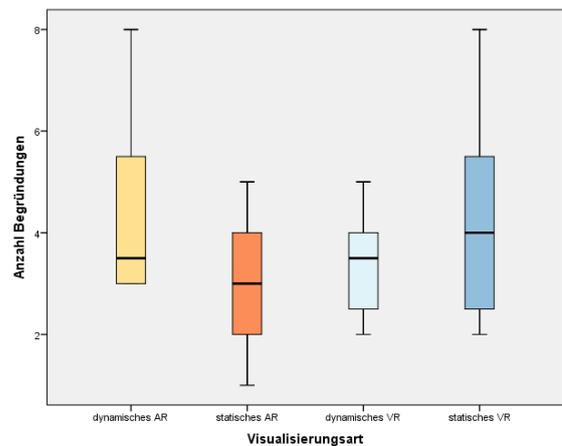


Abbildung 46: Anzahl Begründungen AR-VR(A); alle Visualisierungsarten (B)

Die Daten der Gruppen AR und VR sind näherungsweise normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Beide Gruppen waren nicht signifikant,  $W_{AR} = 0.915$ ,  $p_{AR} = 0.139$ ,  $W_{VR} = 0.888$ ,  $p_{VR} = 0.052$

Es wurde ein unabhängiger T-Tests durchgeführt um die Mittelwerte der gemachten Begründungen in der Gruppe AR und Gruppe VR zu vergleichen. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR( $M = 3.69$ ,  $SD = 1.7$ ) und VR( $M = 3.81$ ,  $SD = 1.64$ );  $t(30) = 0.211$ ,  $p = 0.834$ .

Das Resultat des Tests zeigt, dass die Anzahl der gemachten Begründungen nicht signifikant von den Hauptvisualisierungsarten abhängig ist. In Abbildung 46B ist zu sehen, dass bei der statischen AR-Variante durchschnittlich am wenigsten Begründungen abgegeben wurden.

#### 6.4.2 Zeit für Begründungen / Benutzung der Visualisierung

Es wurde gemessen wie lange die Probandinnen und Probanden brauchten um ihre Begründungen zu formulieren. Da sie dies anhand der dargebotenen Visualisierungsart taten, ist dies auch ein Mass für die Nutzungsdauer der Visualisierungsart. Aus Abbildung 47A ist zu entnehmen, dass die Mittelwerte der Daten sich unterscheiden.

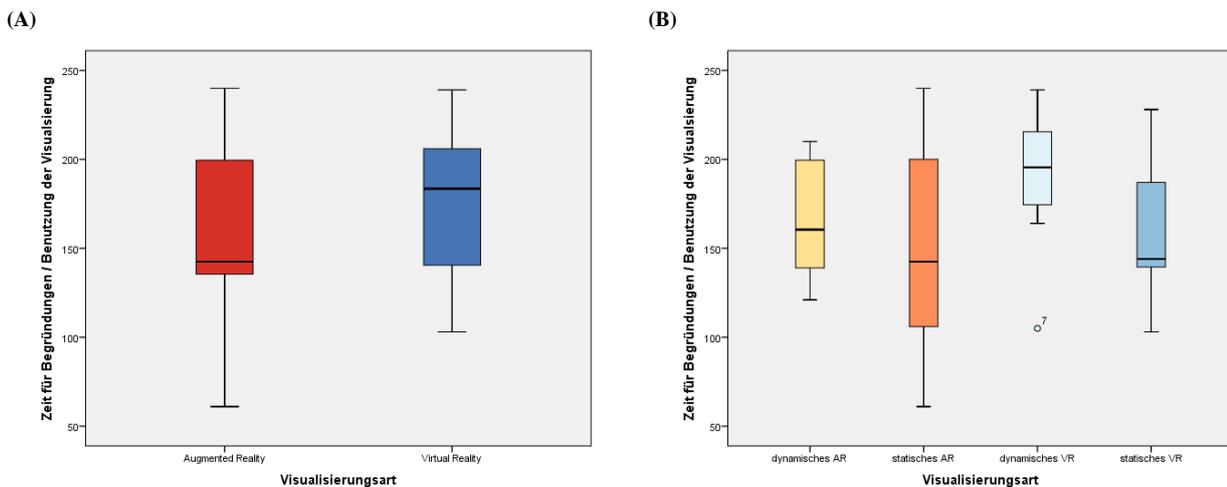


Abbildung 47: Nutzungsdauer Visualisierungsart (A); alle Visualisierungsarten (B)

Die Daten der Gruppen AR und VR sind näherungsweise normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Beide Gruppen war nicht signifikant,  $W_{AR} = 0.946$ ,  $p_{AR} = 0.432$ ,  $W_{VR} = 0.955$ ,  $p_{VR} = 0.572$ .

Es wurde ein unabhängiger T-Tests durchgeführt um die Mittelwerte der Nutzungsdauer in der Gruppe AR und Gruppe VR zu vergleichen. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR( $M = 157.94$ ,  $SD = 49.11$ ) und VR( $M = 174.19$ ,  $SD = 41.8$ );  $t(30) = 1$ ,  $p = 0.322$ .

Das Ergebnis des Tests deutet an, dass die Zeit um eine Begründung abzugeben nicht signifikant von der benutzten Hauptvisualisierungsart abhängig ist. Abbildung 47B macht jedoch deutlich, dass es dennoch beachtenswerte Unterschiede zu geben scheint. So ist im Mittel der Zeitgebrauch bei der dynamischen VR-Variante am höchsten. Die Streuung bei den dynamischen Varianten ist geringer als bei den statischen und der Median liegt höher. Die statische AR-Variante besitzt den grössten Streuungsbereich und mit der dynamischen VR-Variante wurde durchschnittlich am längsten gearbeitet.

#### 6.4.3 Vergleich Benutzte Visualisierungsart zu einem 2D-Plan

Die Probandinnen und Probanden wurden gefragt welche Form von Visualisierung sie für nützlicher / einfacher halten würden um die zuvor gestellten Aufgabe zu lösen. Dabei wurde ein Vergleich der benutzten Version zu einem zweidimensionalen Plan (Vogelperspektive) angestellt. Abbildung 48A zeigt, dass die Mehrheit der Probandinnen und Probanden einen 2D-Plan bevorzugen würde um die Veränderung des Seewassers zu beurteilen. Es ist weiter ersichtlich, dass einige der Teilnehmenden keine eindeutige Präferenz zu einer bestimmten Form haben und beide Möglichkeiten als nützlich empfanden. In Abbildung 48B zeigt sich das gleiche Bild aufgeschlüsselt in die einzelnen Visualisierungsarten. Dabei ist zu erkennen, dass die statische AR-Variante als Alternative zum 2D-Plan am besten bewertet wurde.

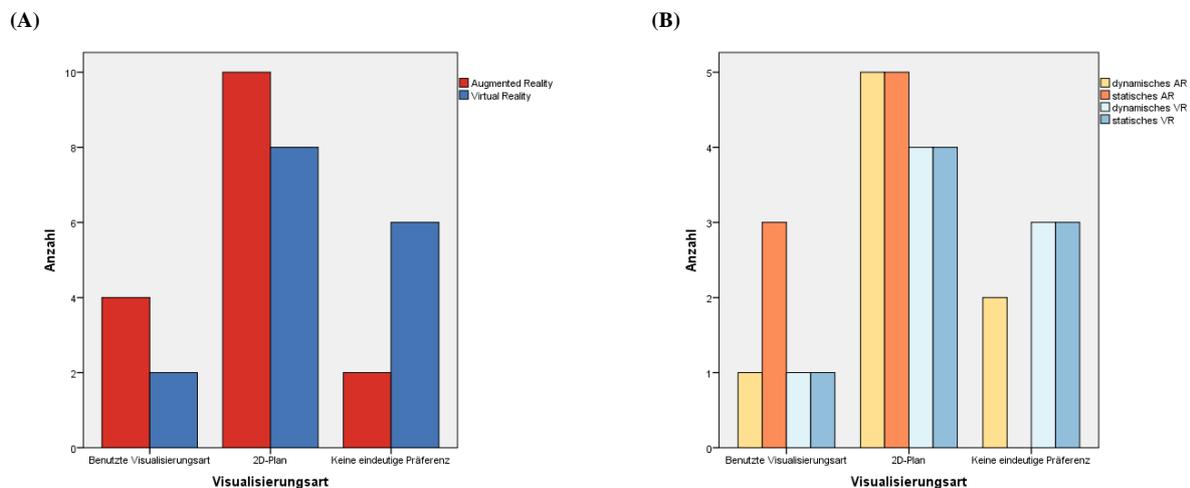


Abbildung 48: Bevorzugung 2D-Plan und 3D-Visualisierung AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B)

#### 6.4.4 Erweiterte Resultate

Wie bereits in Kapitel 5.5 erwähnt, werden die Analysen nur anhand einer visuellen Interpretation der Trendlinien durchgeführt, was die statistische Aussagekraft der Resultate abschwächen kann und bei der weiteren Interpretation beachtet werden muss.

##### 6.4.4.1 Verhalten Geschlechts

Aus Abbildung 49A ist zu entnehmen, dass die Anzahl der Begründungen bei den beiden Hauptvisualisierungsarten sehr identisch waren. Diese Beobachtung kann man sowohl bei den Proban-

dinnen als auch bei den Probanden machen. Die Probanden gaben etwas mehr Begründungen an. Auffällig ist in Abbildung 49B, dass die Probandinnen bei der Nutzung der AR-Varianten unterschiedlich Ergebnisse erzielten. So gaben die Probandinnen welche die dynamische AR-Variante benutzen am meisten Begründungen an, dies im Gegensatz zur statischen AR-Variante.

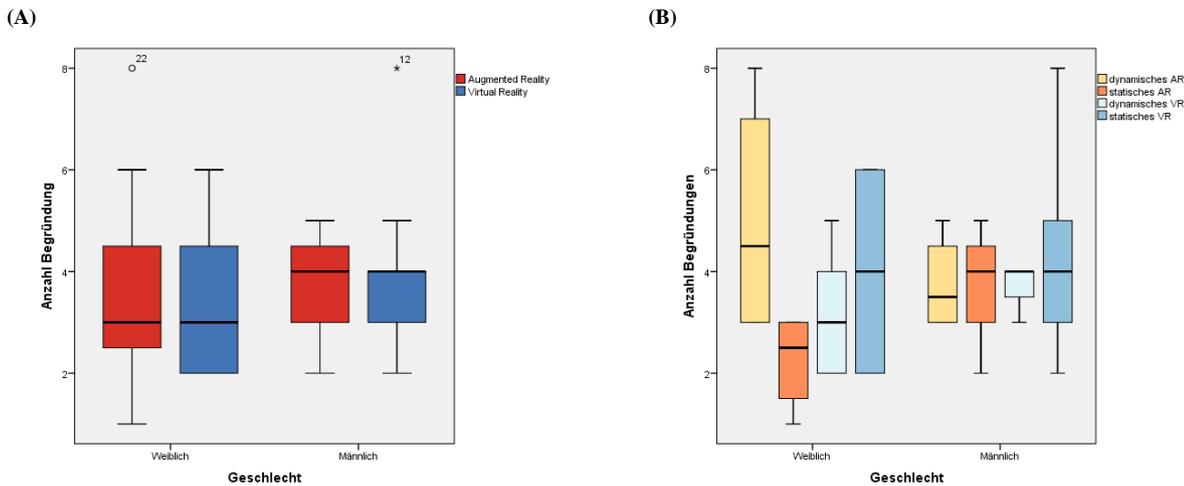


Abbildung 49: Anzahl Begründungen und Geschlecht AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B)

In Abbildung 50A ist die Nutzungsdauer der Hauptvisualisierungsarten im Bezug zum Geschlecht ersichtlich. Die Probandinnen nutzten die AR-Varianten weniger lange als die VR-Varianten. Bei den Probanden war der Unterschied der Nutzungsdauer der beiden Hauptvisualisierungsarten nicht so stark ausgeprägt. Die Probanden nutzten die AR-Varianten etwas länger als die VR-Varianten. Abbildung 50B zeigt, dass mit den dynamischen VR-Varianten am längsten gearbeitet wurde. Die statische AR-Variante weist bei beiden Geschlechtern den grössten Streubereich auf.

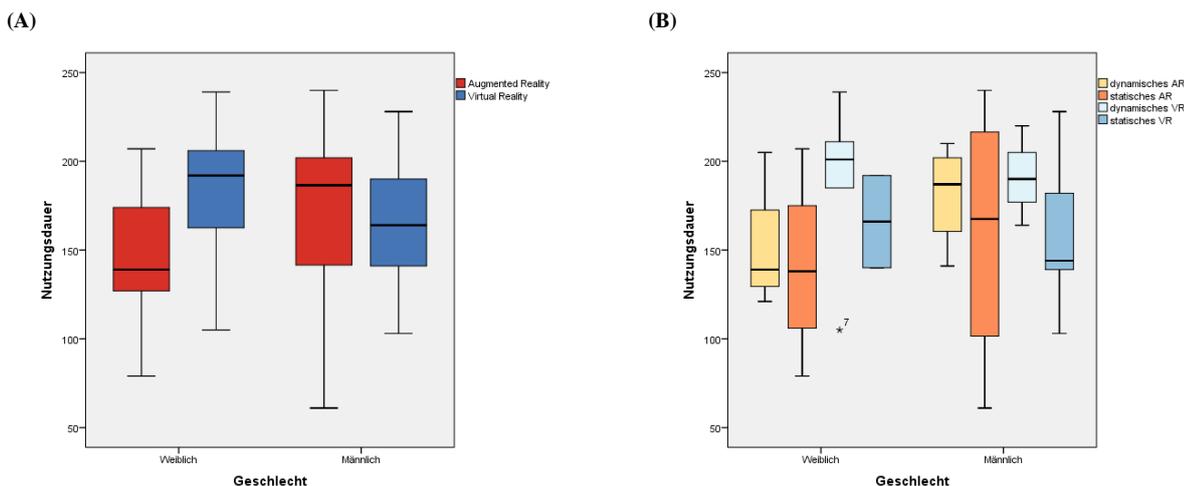


Abbildung 50: Nutzungsdauer und Geschlecht AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B)

#### 6.4.4.2 Einfluss der Ortskenntnis

Es soll untersucht werden, ob es einen möglichen Zusammenhang gibt, zwischen der Vertrautheit mit dem Ort und der Anzahl Begründungen welche abgegeben wurden. Die Vermutung wä-

re hier, dass Personen welche den Ort besser kennen, auch mehr Begründungen für einen Veränderung liefern könnten. Abbildung 51A scheint diese Aussage jedoch nicht zu unterstützen. Die angedeutet Trendlinie verläuft praktisch ohne Steigung, welches bedeutet, dass es keinen Beeinflussung durch die Vertrautheit mit dem Ort zu geben scheint. Auch in Abbildung 51B lässt sich erkennen, dass die einzelnen Varianten bis auf Ausnahme der statischen VR-Variante denselben, fast horizontalen Verlauf haben.

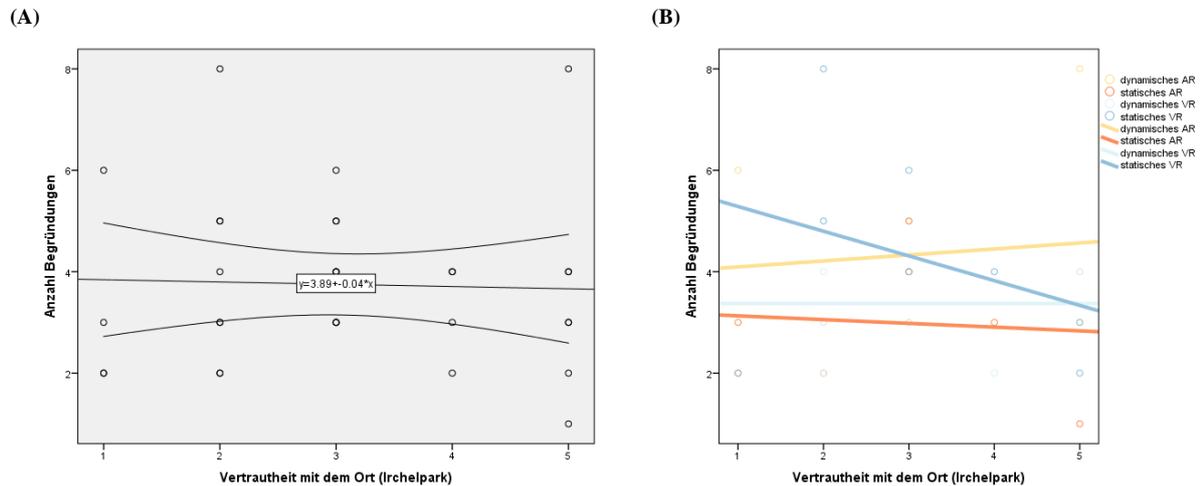


Abbildung 51: Anzahl Begründungen und Ortsvertrautheit (A); alle Visualisierungsarten (B)

#### 6.4.4.3 Einfluss Erfahrung mit Geodaten und Kartographie

Es soll untersucht werden, ob Erfahrungen im Bereich der Kartographie bzw. die Vertrautheit mit Geodaten einen Einfluss auf die Anzahl der gemachten Begründungen haben könnte. Aus Abbildung 52A lässt sich ein leicht positiver Trend erkennen, welcher andeutet, dass je mehr an Erfahrungen bereits vorhanden ist, umso mehr Begründungen abgegeben wurden. Dies lässt sich auch aus Abbildung 52B entnehmen. Alle Varianten zeigen einen ähnlichen und gleichförmigen Verlauf der Trendlinien an, wobei bei der statischen VR-Variante diese etwas steiler steht.

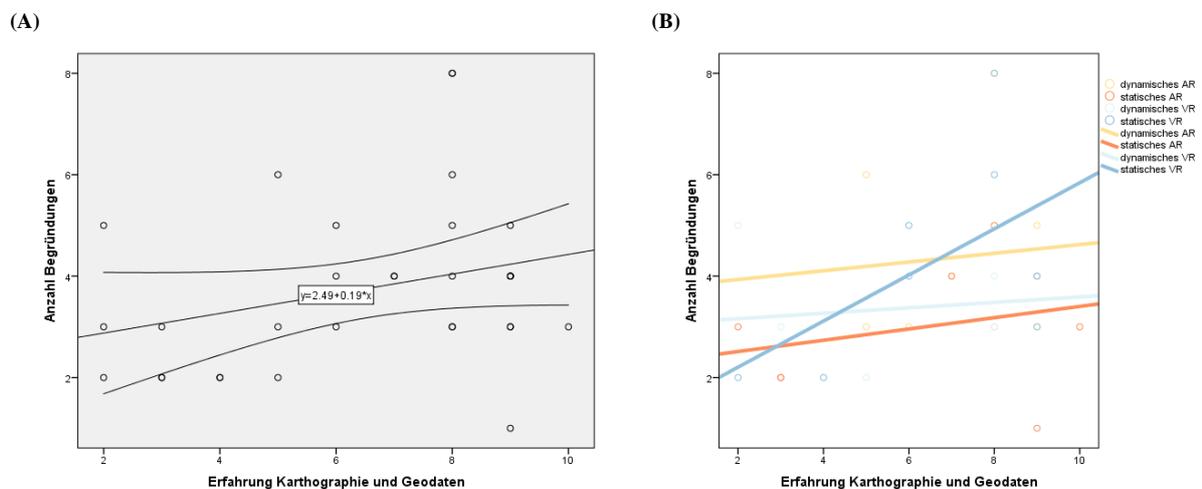


Abbildung 52: Anzahl Begründungen und Erfahrung in Kartographie (A); alle Visualisierungsarten (B)

## 6.5 Aufgabeblock 4

In Aufgabeblock 4 wurde spezifisch nach planerischen Aspekten gefragt. Zu Beginn wurden die Probandinnen und Probanden gebeten, sich in die Rolle eines Mitglieds eines Planungsteams zu versetzen. Danach wurde ihnen deutlich gemacht, dass ihre Entscheidungen und Äusserungen welche sie nun machen würden auch relevant und wichtig wären. Es wurde ihnen dann mitgeteilt, dass die Planung soweit vorgeschritten wäre, dass nur noch zwei Varianten zur Auswahl stehen würden und nun eine Entscheidung für eine der Varianten getroffen werden müsse. In Abbildung 53A und 53B sind die beiden Varianten in der VR-Version ersichtlich. Die Veränderung der Varianten wurde bewusst gering gehalten und nur die Position und Ausrichtung von Turm und Gebäude vertauscht, alle anderen Objekte und Veränderungen wurden beibehalten.

(A)



(B)



Abbildung 53: Planungsvariante A (A) und Planungsvariante B (B)

Um einige interessante Einflüsse untersuchen zu können, wurden gewisse Variablen aus der Grundgesamtheit miteinander verrechnet. So wurde eine Variable „*Eingebrachte Information*“ erzeugt, welche die Anzahl der Begründungen weshalb die entsprechende Planungsvariante ausgewählt wurde und die Anzahl der Vorschläge und Einwände welche für oder gegen die Variante sprechen zusammengefasst. Diese neue Variable repräsentiert auf eine Weise den Informationsgehalt, welche die Probanden zum Planungsprojekt beigesteuert haben. Auch die benutzten Zeiten, welche für die Begründung der Wahl und die Vorschläge und Einwände gebraucht wurde, sind zu einer neuen Variable „*Nutzungsdauer*“ aggregiert worden. Die Interpretation der summierten Zeiten als Mass für die Nutzungsdauer ist deshalb vertretbar, weil die die Teilnehmenden bei ihren Antworten und Begründungen die entsprechende Visualisierungsart aktiv benutzen.

### 6.5.1 Auswahl Variante

Es wurde gemessen welche Planungsvariante die Probandinnen und Probanden ausgewählt haben.

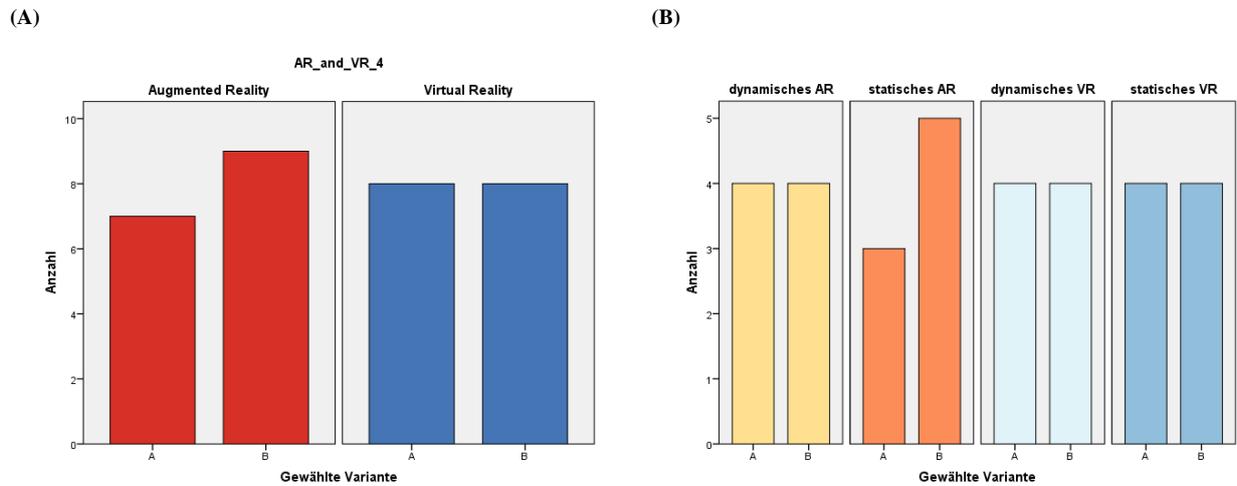


Abbildung 54: Anzahl gewählte Variante AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B)

Aus Abbildung 54A und 54B ist ersichtlich, dass es zu keiner spezifischen Bevorzugung einer Variante gekommen ist. In fast allen Visualisierungsarten wurden jeweils beide Varianten gleich oft gewählt.

### 6.5.2 Zeit für Wahl

Es wurde die Zeit gemessen welche die Probandinnen und Probanden brauchten um eine Entscheidung zu fällen.

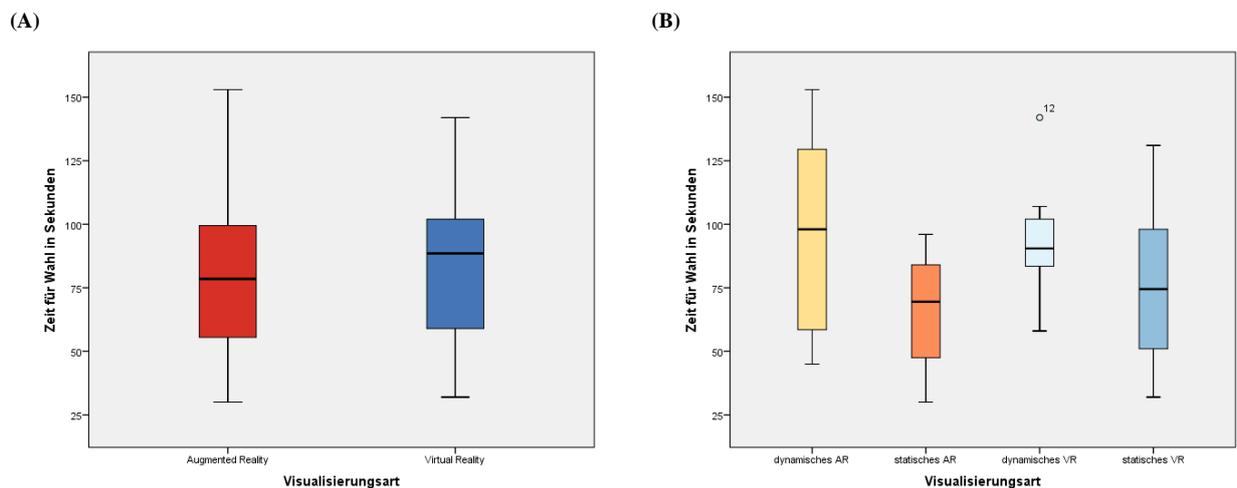


Abbildung 55: Zeitgebrauch zur Wahl der Variante AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B)

Abbildung 55A zeigt, dass die Mittelwerte sich nicht deutlich unterscheiden.

Die Daten der Gruppen AR und VR sind näherungsweise normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Beide Gruppen waren nicht signifikant,  $W_{AR} = 0.95$ ,  $p_{AR} = 0.484$ ,  $W_{VR} = 0.967$ ,  $p_{VR} = 0.786$ .

Es wurde ein unabhängiger T-Tests durchgeführt um die Mittelwerte der eingebrachten Informationen in der Gruppe AR und Gruppe VR zu vergleichen. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen  $AR(M = 81.1, SD = 36.1)$  und  $VR(M = 85.1, SD = 29.5)$ ;  $t(30) = -0.343, p = 0.734$ .

Das Ergebnis des Tests deutet an, dass die Zeit um die Wahl zu treffen nicht signifikant von der benutzten Hauptvisualisierungsart abhängig ist. Abbildung 55B zeigt, dass es bei den dynamischen Varianten länger dauerte bis eine Entscheidung getroffen wurde. Besonders bei der dynamischen AR-Variante ist ein grosser Streubereich zu erkennen.

### 6.5.3 Eingebrachte Informationen

Es wurde den Probandinnen und Probanden die Frage gestellt, weshalb sie sich für die gewählte Variante entschieden haben und weshalb. Weiter wurden die Vorschläge und Einwände, welche für oder gegen das ausgewählte Szenario sprachen, aufgenommen. Diese Begründungen und Angaben wurden dann rein quantitativ gezählt und in einer Variablen zusammengefasst.

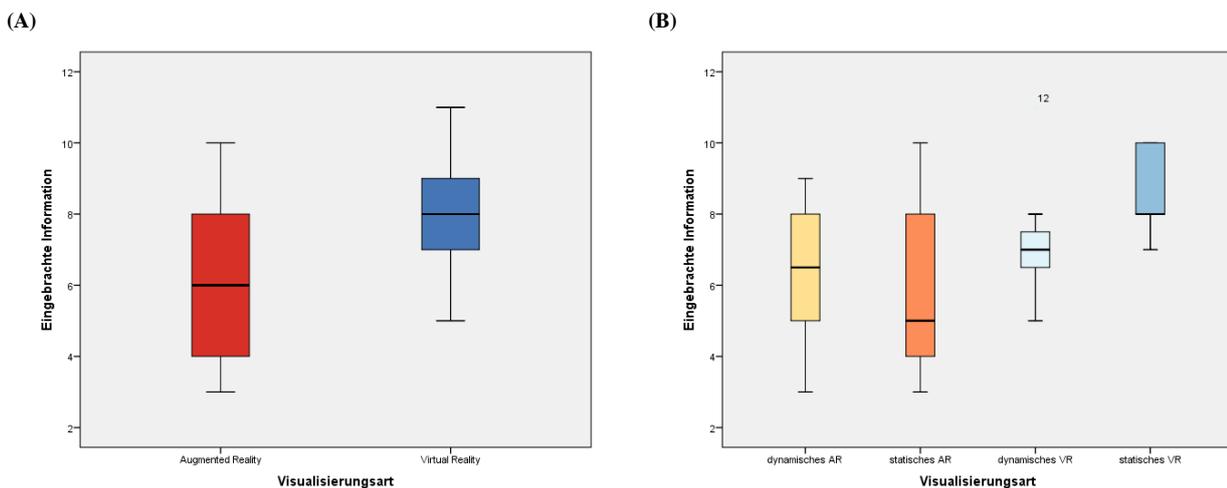


Abbildung 56: Eingebrachte Informationen AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B)

Abbildung 56A zeigt, dass die Mittelwerte sich deutlich unterscheiden.

Die Daten der Gruppen AR und VR sind näherungsweise normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Beide Gruppen waren nicht signifikant,  $W_{AR} = 0.914, p_{AR} = 0.136, W_{VR} = 0.922, p_{VR} = 0.183$ .

Es wurde ein unabhängiger T-Tests durchgeführt um die Mittelwerte der eingebrachten Informationen in der Gruppe AR und Gruppe VR zu vergleichen. Es wurde ein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen  $AR(M = 6.13, SD = 2.3)$  und  $VR(M = 7.94, SD = 1.6)$ ;  $t(30) = -2.6, p = 0.015$ .

Das signifikante Resultat des Tests lässt annehmen, dass die Anzahl der eingebrachten Informationen, von der Hauptvisualisierungsart abhängig zu sein scheint. Aus Abbildung 56B ist ersicht-

lich, dass bei den VR-Varianten mehr Begründungen abgegeben wurden als bei den AR-Varianten. Besonders der Unterschied der statischen AR-Variante zu der statischen VR-Variante ist bemerkenswert.

#### 6.5.4 Nutzungsdauer der Visualisierung

Es wurde die Zeit gemessen welche für die Auswahl der Variante, die anschließende Begründung und für das Vorbringen der Vorschläge und Einwände gebraucht wurde. Da diese Tätigkeiten alle mittels der benutzten Visualisierungsart getroffen wurde, kann die aufgewendete Zeit auch als ein Mass für die Nutzungsdauer der Visualisierung interpretiert werden.

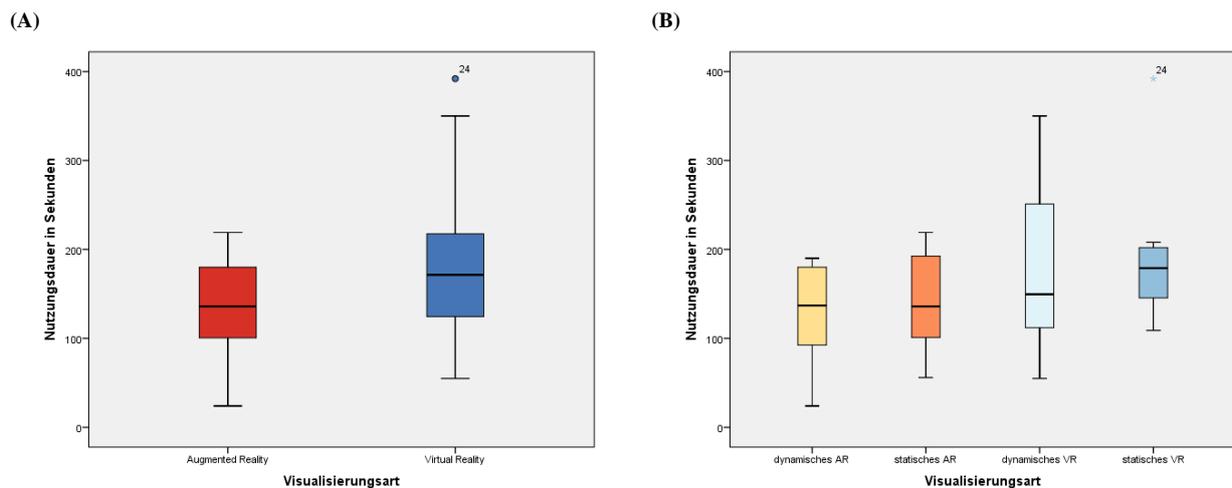


Abbildung 57: Nutzungsdauer AR-VR (A); alle Visualisierungsarten (B)

Abbildung 57A zeigt, dass sich Lage der Mittelwerte leicht unterscheiden.

Die Daten der Gruppen AR und VR sind näherungsweise normalverteilt, dies zeigt das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests. Beide Gruppen waren nicht signifikant,  $W_{AR} = 0.972$ ,  $p_{AR} = 0.869$ ,  $W_{VR} = 0.923$ ,  $p_{VR} = 0.188$ .

Es wurde ein unabhängiger T-Tests durchgeführt um die Mittelwerte der eingebrachten Informationen in der Gruppe AR und Gruppe VR zu vergleichen. Es wurde kein signifikanter Unterschied auf dem Level von  $p < 0.05$  gefunden für die Bedingungen AR ( $M = 135.4$ ,  $SD = 56.1$ ) und VR ( $M = 186.5$ ,  $SD = 89.9$ );  $t(30) = -1.9$ ,  $p = 0.063$ .

Das Ergebnis des Tests deutet an, dass die Unterschiede in der Nutzungsdauer, knapp nicht signifikant auf die benutzte Hauptvisualisierungsart zurück zu führen ist. Abbildung 57B zeigt, dass die statische VR-Variante am längsten benutzt wurde. Die beiden AR-Varianten wurden praktisch gleichlange benutzt.

### 6.5.5 Erweiterte Resultate

Wie bereits in Kapitel 5.5 erwähnt, werden die Analysen nur anhand einer visuellen Interpretation der Trendlinien durchgeführt, was die statistische Aussagekraft der Resultate abschwächen kann und bei der weiteren Interpretation beachtet werden muss.

#### 6.5.5.1 Einfluss Nutzungsdauer auf Anzahl der Vorschläge

Es soll untersucht werden ob die Nutzungsdauer der Visualisierungsart einen Einfluss auf die Anzahl der eingebrachten Informationen hat. Abbildung 58A lässt einen Trend in der Richtung erkennen, dass durch die Zunahme der Nutzungsdauer auch die Anzahl der generierten Informationseinheiten ansteigen wird. In Abbildung 58B ist dieser mögliche Trend auch bei allen Visualisierungsarten zu erkennen. Was jedoch auffallend ist, dass sich die Steigungen der einzelnen Trendlinien doch deutlich voneinander unterscheiden. Eine starke Steigung zeigt sich besonders bei der dynamischen AR-Variante. Die Trendlinien der statischen VR-Variante weist den flachsten Verlauf auf.

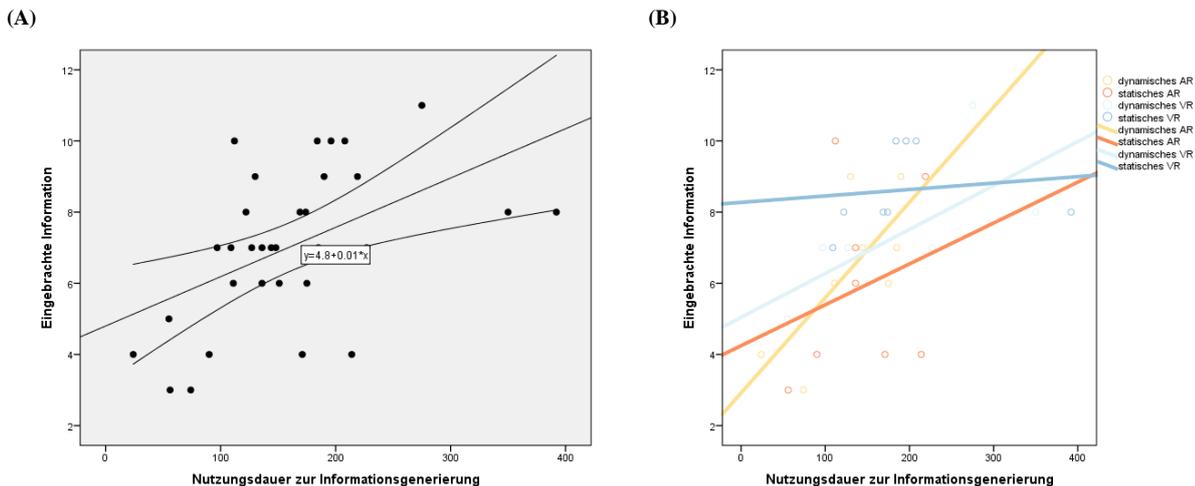


Abbildung 58: Eingebachte Information und Nutzungsdauer (A); alle Visualisierungsarten (B)

#### 6.5.5.2 Einfluss des Geschlechts

Es soll der Einfluss des Geschlechts auf die Nutzungsdauer und die eingebrachte Anzahl der Informationseinheiten untersucht werden. Abbildung 59A zeigt die Anzahl der Informationseinheiten welche bei den einzelnen Visualisierungsarten vorgebracht wurden. Es lässt sich erkennen, dass die Probandinnen und Probanden welche die VR-Varianten nutzen, im Mittel auch mehr Informationen beisteuerten als diejenigen welche die AR-Varianten nutzen. Bei den Probandinnen fällt der grosse Streubereich bei den beiden AR-Varianten auf. Hinsichtlich Nutzungsdauer in Abbildung 59B ist zu erkennen, dass im Mittel, die VR-Varianten länger benutzt wurden als die AR-Varianten. Auffallend ist, dass bei den Probandinnen die AR-Varianten und bei den Probanden die VR-Varianten den grössten Streubereich aufweisen, sich dementsprechend gegenläufig verhalten.

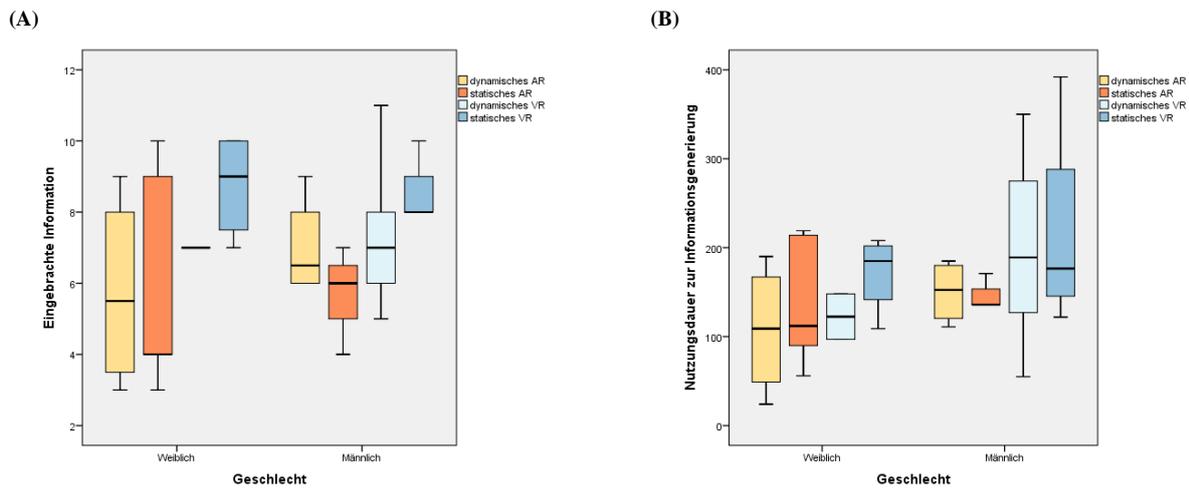


Abbildung 59: Eingebraachte Information und Geschlecht (A); alle Visualisierungsarten (B)

### 6.5.5.3 Einfluss der Ortskenntnis

Es soll untersucht werden, ob die Vertrautheit mit einem Ort mit der Anzahl an erzeugten Informationseinheiten in Zusammenhang stehen könnte. In Abbildung 60A kann man den geschätzten Verlauf des allgemeinen Trends anhand der Linie erkennen. Diese besitzt eine leicht positive Steigung, was darauf hindeutet, dass mit zunehmender Ortsvertrautheit auch die Anzahl der eingebrachten Informationen ansteigen würde. In Abbildung 60B ist zu erkennen, dass bis auf die Ausnahme der dynamischen VR-Version, welche eine leicht negative Steigung aufweist, alle anderen Visualisierungsarten diesem allgemeinen Trend zu folgen scheinen. Die beiden AR-Varianten weisen dabei eine etwas stärkere Steigung auf als die statische VR-Version.

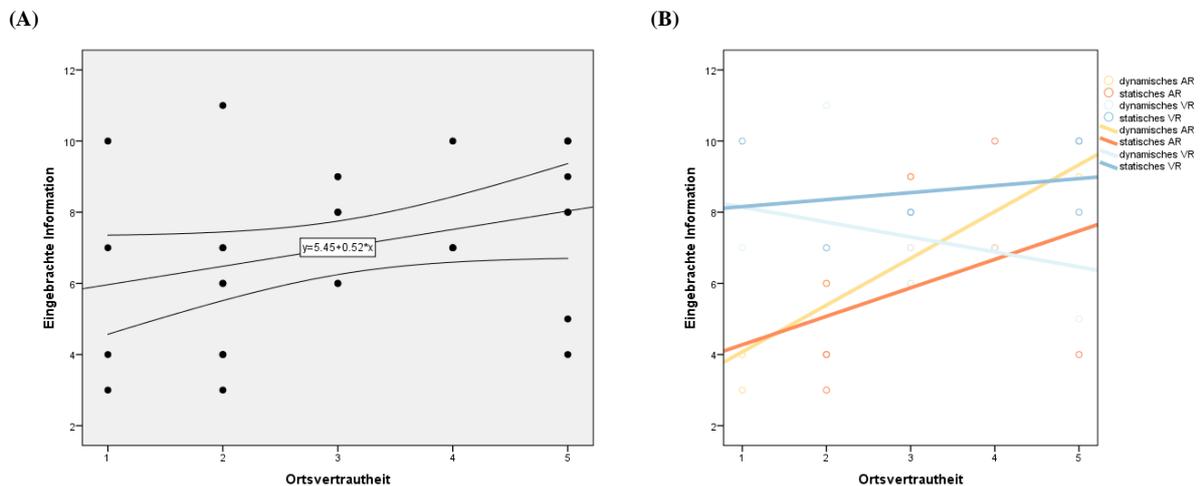


Abbildung 60: Eingebraachte Information und Ortsvertrautheit (A); alle Visualisierungsarten (B)

### 6.5.5.4 Einfluss Realitätsempfindung der Visualisierung

Es soll untersucht werden, ob der empfundene Realitätsgrad der Visualisierung mit der Anzahl an erzeugten Informationseinheiten in Zusammenhang stehen könnte. Abbildung 61A lässt einen leicht negativen Trend erkennen, welcher aussagen würde, dass je realistischer die Visualisierung eingeschätzt wurde desto weniger Informationen produziert wurden. Abbildung 61B zeigt,

dass die Trendlinien der AR-Varianten und die der VR-Varianten genau spiegelverkehrt zu verlaufen scheinen, wobei die AR-Varianten eine stärkere (negative) Steigung aufweisen. Dies würde bedeuten, dass je realistischer die VR-Variante eingeschätzt wurde desto mehr Informationen wurden beige-steuert, das Gegenteil würde bei den AR-Varianten zutreffen.

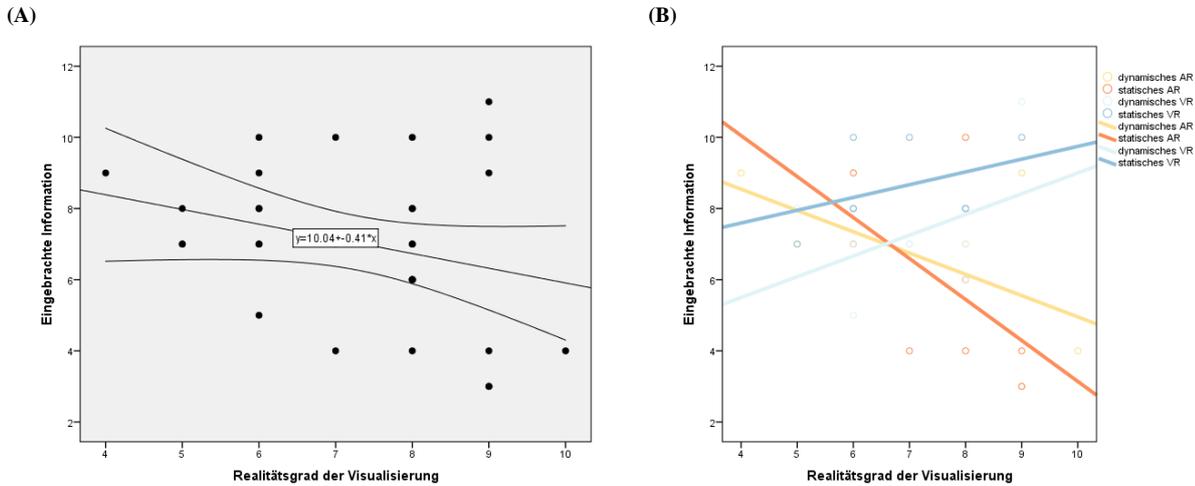


Abbildung 61: Eingebraachte Information und Realitätsgrad (A); alle Visualisierungsarten (B)

#### 6.5.5.5 Einfluss persönliches Interesse

Es soll untersucht werden, ob das persönliche Interesse an Thema Raumplanung einen Einfluss auf die Anzahl der produzierten Informationseinheiten haben könnte. Wie aus Abbildung 62A ersichtlich, scheint es einen leicht positiven Trend in der Richtung zu geben, dass je höher das Interesse am Thema (Raumplanung) ist, auch die Anzahl der produzierten Informationseinheiten angestiegen ist. Abbildung 62B deutet an, dass bis auf die dynamische VR-Variante, demselben Trend zu folgen scheinen. Die grösste Steigung zeigt dabei die Trendlinie der statischen AR-Variante.

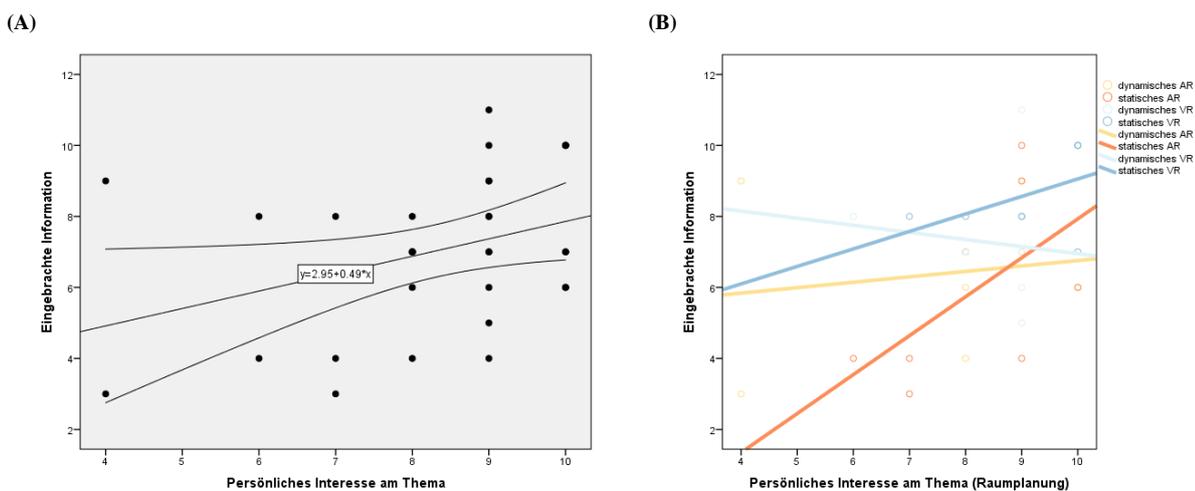
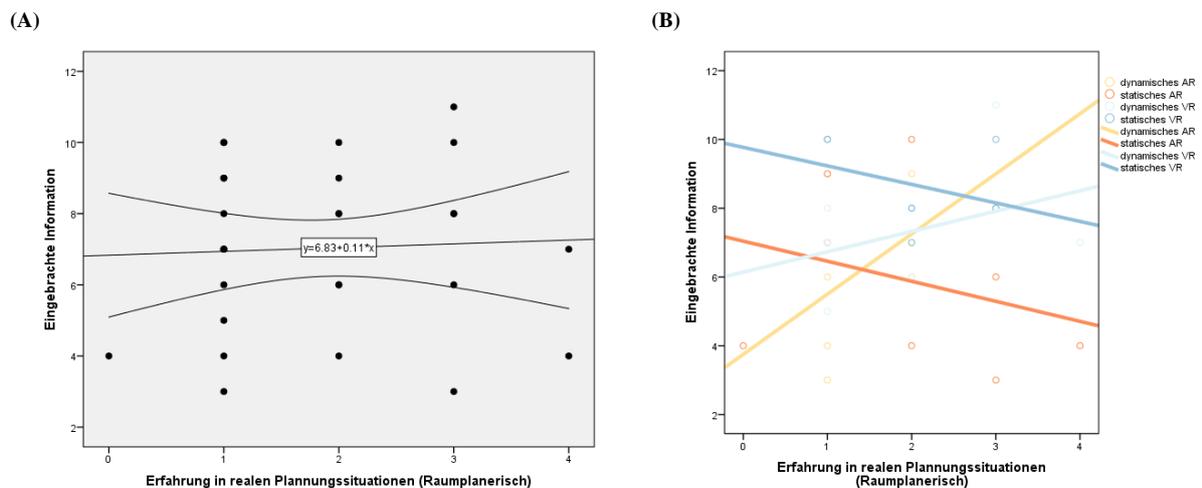


Abbildung 62: Eingebraachte Information und persönliches Interesse (A); alle Visualisierungsarten (B)

### 6.5.5.6 Einfluss persönliche Planungserfahrung

Es soll untersucht werden ob der Erfahrungsstand in realen Planungssituationen (Raumplanung) einen Zusammenhang auf die Anzahl der gemachten Informationseinheiten bewirken hat. Abbildung 63A zeigt eine sehr flache, fast parallel zu Abszisse verlaufende Trendlinie an. Dies würde darauf hindeuten, dass die persönliche Planungserfahrung keinen wesentlichen Einfluss bei der Informationserzeugung zu haben scheint. In Abbildung 63B kann man erkennen, dass die statischen Versionen einem negativen und die dynamischen einem positiven Trendverlauf zu folgen scheint. Dies würde bedeuten, dass bei den dynamischen Varianten eher ein Zugewinn an Information bei hoher Planungserfahrung resultiert. Dies ganz im Gegensatz zu den statischen Varianten



## 6.6 Frageblock 1

In Frageblock 1 wurden neun Fragen gestellt, welche sich mit dem Thema der Funktionalität von 3D-Visualisierungen in einem Planungsprozess befassen. Dabei wurden die Fragen auf den zuletzt bearbeiteten Aufgabeblock (Planungsaufgabe) und somit entsprechend auch auf die dazu benutzte Visualisierungsart bezogen. Die Fragen wurden anhand einer fünf stufigen *Likert-Skala* beantwortet. Es werden die Resultate in kurzer Form zusammengefasst und präsentiert. Die detaillierten Resultate in grafischer Form sind in Anhang 10.3 zu finden.

### 6.6.1 Übersicht Resultate

In Abbildung 64 sind die Resultate der einzelnen Fragen als Medianwerte der Angaben der Probandinnen und Probanden dargestellt und werden als Kategorien der Visualisierungsarten präsentiert. Der Wertebereich der Mittelwerte bewegt sich zwischen 3.5 und 5. Die für die Befragung benutzte Likert-Skala besass fünf Stufen, in welcher die dritte Stufe einer neutralen Beurteilung gleichkam (teils/teils). Es liegen alle Werte im „befürwortenden“ Bereich der Skala. Nur die beiden AR-Varianten konnten in zwei Bereichen die höchste Bewertung (5) erreichen. Diese sind „*Unterstützung um Prozesse und Strukturen zu verstehen*“ und „*Unterstützung zur Teilnahme an einer Diskussion*“. Kein Mittelwert der AR-Varianten ist unterhalb der Stufe 4 (trifft zu) zu finden. Bei den VR-Varianten fällt auf, dass sie im Mittel nicht so hoch bewertet wurden wie die AR-Varianten und das diese auch die tiefsten Bewertungen aufweisen. Diese Bereiche sind „*Unterstützung zur emotionalen Bewertung*“ welche nur Stufe drei erreichte und „*Unterstützung zur Entwicklung neuer Ideen*“ welche mit 3.5 bewertet wurde. Die einzige Funktion bei der die VR-Varianten etwas bessere Resultate erzielen konnten als die AR-Varianten, ist bei der Funktion „*Unterstützung eine sachliche Bewertung abzugeben*“. Die Funktion „*Unterstützung zur Auswahl von Alternativen*“ wurde bei allen Visualisierungsarten gleich eingestuft.

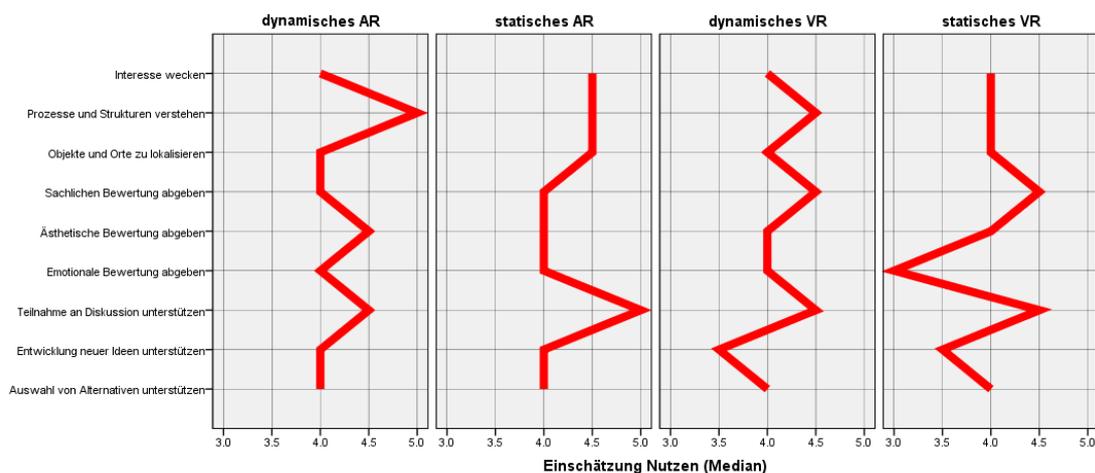
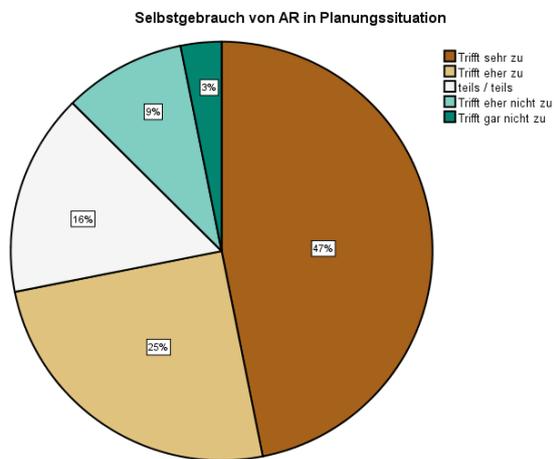


Abbildung 64: Eingeschätzter Nutzen bei Planungsaufgaben

## 6.7 Frageblock 2

In Frageblock 2 wurden vier spezifische Fragen bezüglich einer persönlichen Nutzung von AR in Planungsprozessen gestellt. Die Fragen wurden anhand einer fünf stufigen Likert-Skala beantwortet.

(A)



(B)

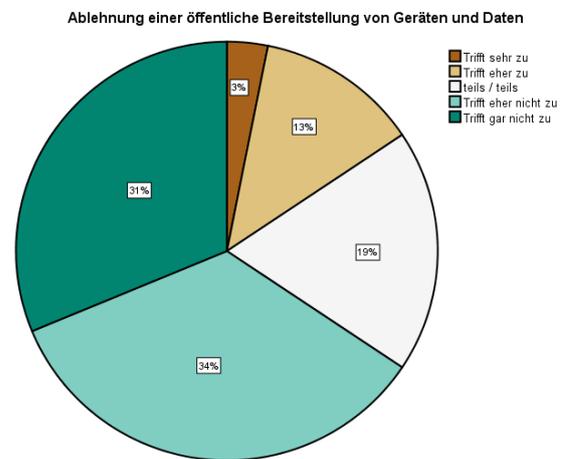


Abbildung 65: Selbstgebrauch von AR (A) und kontra öffentliche Bereitstellung (B)

### 6.7.1 Frage 1:

„Falls ich vom geplanten Inhalt persönlich betroffen oder daran interessiert bin, würde ich mir diese Daten selbständig herunterladen und vor Ort mit einem solchen mobilen Gerät wie hier im Experiment begutachten.“

In Abbildung 65A ist zu erkennen, dass rund 73% der Befragten diese Technologie wahrscheinlich selbständig einsetzen würden. 16% waren sich unsicher und 12% würden diese Technologie eher nicht benutzen. Das Resultat macht deutlich, dass doch ein relativ grosses Interesse an der AR-Technologie und der Möglichkeit, die geplante Massnahme direkt vor Ort in ihrem natürlichen Umfeld begutachten zu können, zu bestehen scheint.

### 6.7.2 Frage 2:

„Ich würde es als **unnötig** erachten, wenn z.B. die Gemeinde solche Geräte (und Daten) den interessierten Anwohner und Betroffenen von Planungsprojekten zur Verfügung stellen würde.“

In Abbildung 65B ist zu sehen, dass 16% eher gegen eine öffentliche Bereitstellung von Daten und Geräten wären, 19% waren sich unsicher und 65% würden es eher begrüßen eine solche Planungsunterstützung in Form von AR zu bekommen. Das Resultat deutet an, dass ein Grossteil der Befragten eher positiv und sich grundsätzlich für eine solche öffentliche Bereitstellung vom Planungsdaten und AR-Technologie aussprechen würde. Der Anteil welche aber eher unsicher oder skeptisch zu sein scheint, ist hier doch auch relativ stark ausgeprägt.

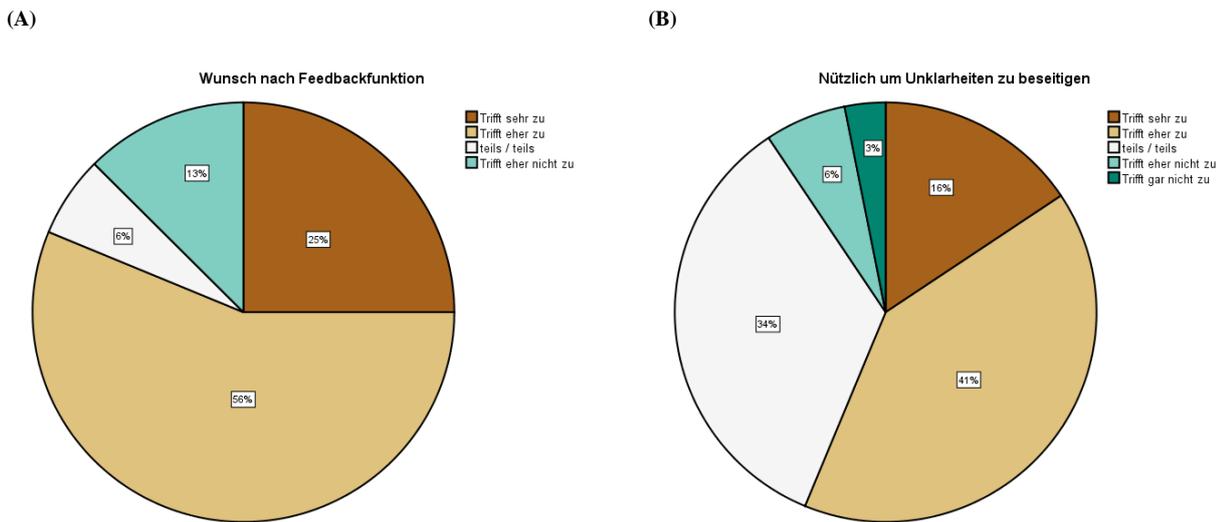


Abbildung 66: Wunsch nach Feedbackfunktion (A); Nützlichkeit um Unklarheiten zu beseitigen (B)

### 6.7.3 Frage 3:

„Ich würde es begrüßen, wenn es eine Funktion durch das mobile Gerät gäbe, durch die ich ein direktes Feedback oder eine Bewertung zu den Varianten abgeben könnte.“

Abbildung 66A zeigt, dass 81% der Befragten es eher begrüßen würde über die Möglichkeit zu verfügen, ihre Meinungen, Vorschläge oder Einwände direkt vor Ort abzugeben. 6% waren sich nicht sicher und 13% würden es eher als unnötig empfinden. Das Resultat lässt erkennen, dass es offensichtlich ein Bedürfnis bei den Teilnehmenden zu geben scheint, die eigene Meinung zu einer geplanten Massnahme einbringen zu können, beziehungsweise direkt eine Bewertung dazu vornehmen zu können.

### 6.7.4 Frage 4:

„Ich denke, durch die öffentliche Bereitstellung von solchen technischen Informations-Systemen und Visualisierungen zu Planungsvorhaben, könnten Unklarheiten besser beseitigt werden.“

Abbildung 66B zeigt, dass 57% der Probanden die AR-Technologie als eher nützlich betrachten um Unklarheiten auszuräumen. Ein relativer grosser Anteil von 34% war sich indes ungewiss und 9% sogar eher skeptisch eingestellt, was die Nützlichkeit dieser Technologie betrifft. Das Resultat zeigt, dass die Einschätzungen über die Nützlichkeit in diesem Fall doch auch in Frage gestellt wird, da fast die Hälfte der Befragten sich nicht sicher oder eher ablehnend gestimmt hatten.

## 6.8 Frageblock 3

In Frageblock 3 wurden allgemeine und technische Fragen zum Experiment aufgenommen und dienten dann zur weiteren Analyse bzw. als kombinierte Variablen zur weiteren Untersuchung der Fragestellungen. Die Fragen wurden anhand einer fünf stufigen Likert-Skala beantwortet. Die Resultate in grafischer Form sind in Anhang 10.5 dokumentiert.

## 6.9 Aussagen der Probandinnen und Probanden

Neben den erfassten quantitativen Daten, konnten die Probandinnen und Probanden am Schluss des Experiments noch persönlichen Bemerkungen zum Experiment bzw. der AR-Technologie abgeben. Diese möchte ich an dieser Stelle unkommentiert darstellen.

*„Vom Bau/Forst herkommend, spannende Variante (AR). Für mich jedoch nur in Kombination mit Bauplänen möglich/sinnvoll.“*

*„Die Farbgebung ist teilweise in der Sonne etwas schwierig zu erkennen (Wasser).“*

*„Zoom zum Betrachten von Details (Gebäude) fehlt mir etwas“*

*„Das Blenden der Sonne hat einen starken negativen Einfluss.“*

*„Das ‚Ruckeln‘ hat in der AR Version sehr gestört“*

*Das AR live Bild ist "verzerrt/seltsam"*

*„Regen, kalt, nass!“*

## 7 Diskussion

Diese Masterarbeit befasst sich mit dem Thema, wie effektiv räumliche Informationen mittels Augmented-Reality vermittelt werden können um beispielsweise in der Landschafts- und Raumplanung eingesetzt zu werden. Es wurde dabei ein Vergleich zwischen AR- und herkömmlichen, virtuellen 3D-Repräsentationen durchgeführt. Es sollte geprüft werden, ob unterschiedliche Resultate zu erwarten sind und wie diese gedeutet werden könnten. Um dies herauszufinden wurde ein Experiment entwickelt, in welchem die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie verschiedene Aufgaben und Fragen anhand von Visualisierungen zu beantworten hatten. Das folgende Kapitel wird die gefundenen Resultate aus Kapitel 6 analysieren und diese in den Zusammenhang zu den in Kapitel 3 gestellten Forschungsfragen stellen. Abschliessend werden noch die Grenzen und Einschränkungen der Studie besprochen.

**Anmerkung zur Interpretation:** Die Unterschiede welche gefunden wurden sind nur zu einem geringen Teil als statistisch signifikant zu betrachten. Diese Resultate werden im Text als „statistisch signifikant“ bezeichnet. Alle anderen Unterschiede sind dementsprechend als nicht signifikant zu betrachten.

### 7.1 Erkennen, Erinnern und Zählen

Die erste Forschungsfrage hatte zum Ziel herauszufinden, ob es beim Erkennen bzw. Erinnern von Objekte Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten geben wird und welche Einflüsse dabei eine Rolle spielen (vgl. Kapitel 3.4.1).

#### 7.1.1 Erkennen

Beim Erkennen der Objekte hatte die AR-Variante einen statistisch signifikant höheren Wert geliefert als die VR-Variante, wobei die statische AR-Variante dabei am besten abgeschnitten hat. Betrachtet man nun noch die Nutzungsdauer der einzelnen Visualisierungsarten, stellt man fest, dass die AR-Variante weniger lange benutzt wurde. Am kürzesten gebraucht wurde dabei die dynamische AR-Variante. Diese beiden Resultate legen nahe, dass AR, ins besonders die statische Variante, effektiver im Vermitteln der relevanten Information zu sein scheint. Diese Feststellung lässt sich auch aus den Angaben der Probandinnen und Probanden herauslesen, welche nach der Frage nach der „*Einfachheit des Erkennens*“, ebenfalls die AR-Varianten etwas höher einschätzten. Auch bei der Einschätzung zur Funktionalität in einem Planungsprozess (Frageblock 1, Kapitel 6.6) ist zu sehen, dass die statische AR-Variante bei der Funktion „*Objekte und Orte lokalisieren*“ am besten abgeschnitten hat. Nun stellt sich die Frage, weshalb die Probandinnen und Probanden mittels AR die Objekte und Veränderungen effektiver wahrgenommen haben und sich einfacher daran erinnern konnten. Hinweise dazu können im Bereich der Psychologie gefunden werden. Lernprozessen sowie Einflüsse auf das Gedächtnis sind hier-

bei besonders relevant, denn die in der Visualisierung ersichtlichen Objekte mussten von den Teilnehmenden zuerst wahrgenommen, erkannt, dann über eine gewisse Zeitspanne im Gedächtnis gehalten und schliesslich wiedergegeben werden. Bellebaum et al. (2012) erwähnen, dass für ein erfolgreiches Erinnern, die Aufmerksamkeit eine zentrale Rolle spielt, da diese für die Filtrierung der relevanten Reize zuständig ist. Die Aufmerksamkeit steht am Anfange des Wahrnehmungsprozesses und ist eine notwendige Bedingung für eine erfolgreiche Kommunikation (Grosse Holtfort, 2000). Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass die überlagerten Objekte in der AR-Umgebung eine erhöhte Aufmerksamkeit auf sich ziehen konnten und dieser Effekt stärker war als in der VR-Umgebung. Ihre saliente Wirkung auf die Betrachtenden wäre dementsprechend erhöht. Die Salienz von Objekten dient als Mass für deren Wichtigkeit und beschreibt wie stark sich diese von der Umgebung abheben (z.B. Farbe, Orientierung, Bewegung, Tiefe) (Dörner et al, 2013). Eine gesteigerte Aufmerksamkeit und die damit verbundene Erhöhung der sog. *Aktivierung*, welcher sich als „Zustand vorübergehender oder anhaltender innerer Erregung oder Wachheit“ manifestiert, führt dazu, dass Reize besser und länger erinnert werden (Geise, 2011).

Eine andere Erklärung für das verbesserte Erkennen und Behalten der Objekte mittels der AR-Varianten könnte, wie Bujak et al. (2013) erwähnen, eine geringere Arbeitsbelastung „englisch: *Workload*“ sein, welches dazu führt, dass für die Hauptaufgabe mehr Ressourcen zur Verfügung stehen. Der Begriff „*Workload*“ bedeutet gemäss Hart und Staveland (1988), die wahrgenommene Beziehung zwischen der vorhandenen Menge an geistigen Fähigkeiten oder Ressourcen und der Menge, welche für die Aufgabe benötigt wird. Einfacher ausgedrückt ist es die geschätzte oder erwartete Menge an Arbeit welche eine Person leisten soll. So konnten Tang et al. (2003) in einem Experiment aufzeigen, dass die Arbeitsbelastung innerhalb von AR-Anwendungen tiefer ist als solche in einer Computer basierten Umgebung.

Shelton und Hedley (2004) konnten zeigen, dass Lernende welche mittels AR-System ein geographisches Phänomen untersuchten (Sonne-Erde Beziehung) bessere (räumliche) Lernleistungen erzielten, ins besonders jene, welche viele Interaktionen mit den virtuellen Objekten durchführten und dabei oft die Perspektiven wechselten. In der vorliegenden Studie beschränkt sich diese Interaktion lediglich auf den Perspektivenwechseln in den dynamischen Varianten. Ob dieser Effekt alleine schon zu einer Steigerung der Lern- oder Behaltensleistung geführt hatte, müsste spezifischen überprüft werden.

### 7.1.2 Zählen

Beim Zählen der Strassenlampen gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Hauptvisualisierungsarten. Die statischen Varianten waren hinsichtlich Genauigkeit der Resultate und der Zählgeschwindigkeit den dynamischen überlegen. Dies ist nicht erstaunlich, denn bei den dynamischen Versionen musste neben dem Zählen auch noch zusätzlich navigiert werden, welches durch Fingerbewegung (VR) oder durch die Positionsänderung des iPads (AR) erfolgte. Strayer und Johnston (2001) untersuchten diese sog. Doppeltätigkeiten und stellten fest, dass es im Unterschied zu den Einzelaufgaben, vermehrt Fehler gemacht wurden und verlängerte Reaktionszeiten auftraten.

Bei den Resultaten ist aufgefallen, dass die Probandinnen und Probanden bei beiden AR-Varianten im Durchschnitt etwas schneller im Zählen waren als mit den VR-Varianten. Die Probandinnen und Probanden welche die statische AR-Variante nutzten waren dabei am schnellsten. Auch weisen die Einschätzungen der Teilnehmenden nach der Frage der Einfachheit des Zählens darauf hin, dass die AR-Varianten leicht bevorzugt, jedoch insgesamt uneinheitlicher bewertet wurden. Möglicherweise sind für diese Unterschiede dieselben Einflüsse wie beim Erkennen der Objekte mitverantwortlich.

### 7.1.3 Nutzungsdauer

Wenn man sich die Nutzungsdauer der Visualisierungsarten anschaut und mit der Anzahl der erkannten Objekte und Veränderungen in Beziehung setzt, könnte man auf einen leicht positiven Zusammenhang schliessen. Bei steigender Nutzungsdauer der Visualisierungsart wurde anscheinend mehr Objekte und Veränderungen erkannt und auch im Gedächtnis behalten. Birbaumer et al. (2010) weisen darauf hin, dass das sog. Kurzzeitgedächtnis (KZG) ohne spezielles Training auf 7+-2 Elemente beschränkt ist, dieses jedoch mittels sog. „*Chunking*“-Verfahren, bei welchem die einzelnen Elemente zu logischen Gruppen zusammengefasst werden, stark erweitert werden kann. So könnte man vermuten, dass durch die längere Benutzung der Visualisierungsarten ein solches Chunking stattgefunden hat, wobei die Probandinnen und Probanden dies bewusst oder unbewusst durchführten. So könnten diese sich beispielsweise Kategorien der Objekte erstellt haben auf welche sie dann beim Abruf zurückgreifen konnten. Diese Vermutung stützt beispielsweise die Untersuchungen von Egan und Schwartz (1979), welche zeigen konnten, dass das Chunking abhängig ist von der Erfahrung welche Personen in einem Gebiet aufweisen und zusätzlich durch die Nutzungsdauer welche die Probandinnen und Probanden für eine Aufgabe aufgewendet haben. Auffallend ist weiter, dass die Resultate darauf hindeuten, dass bei den dynamischen Varianten dieser Effekt stärker sein könnte, dies besonders bei der dynamischen AR-Variante.

#### 7.1.4 Geschlecht

Das Geschlecht scheint einen Einfluss auf die Nutzungsdauer (beim Erkennen und Einprägen des Szenarios) der Visualisierungen gehabt zu haben, da die Probandinnen diese im Mittel deutlich weniger lang nutzten. Beim Erkennen der Objekte und Veränderungen erkannten die Probandinnen im durchschnittlich gleichviele Objekte und Veränderungen wie die Probanden. Dabbs et al. (1998) konnten in ihrer Untersuchung zeigen, dass zwischen Frauen und Männer bezüglich der Fähigkeit sich an die Position von Objekten im Raum zu erinnern, keine wesentlichen Unterschiede gefunden werden konnten. Voyer et al. (1995) stellten in ihrer Meta-Analyse fest, dass sich die Grösse der geschlechtsspezifischen Unterschiede in den räumlichen Fähigkeiten über die Jahre hinweg verringert hat. Die Feststellung, dass die Probandinnen beim Erkennen gleichgut abschnitten und bei der Nutzungsdauer weniger Zeit benötigten, deutet an, dass sie in dieser Fragestellung effektiver waren als die Probanden. Auffallend dabei ist, dass die Probandinnen die dynamische AR-Variante und auch die statische VR-Variante am wenigsten lange benutzten. Bei den Probanden waren keine solchen grossen Abweichungen in der Nutzungsdauer zu erkennen. Eine stichhaltige Begründung an dieser Stelle zu finden, weshalb die Probandinnen die verschiedenen Visualisierungsarten so unterschiedlich lange nutzten, ist schwierig und müsste separat untersucht werden.

#### 7.1.5 Empfundene Störungen

Der Grad der empfundenen Störung durch technische oder natürliche Einflüsse scheint nur einen geringen Einfluss auf das Erkennen der Objekte gehabt zu haben, er äussert sich jedoch durch eine leichte Zunahme der Nutzungsdauer bei allen Varianten. So könnte man den einfachen Schluss ziehen, dass bei Zunahme der Störungsintensität sich die Nutzungsdauer erhöht und somit wie ein kompensatorischer Effekt zu wirken scheint.

#### 7.1.6 Technologische Erfahrung

Die persönliche Erfahrung mit mobiler Technologie scheint nur einen geringen Einfluss beim Zählen der Strassenlampen gehabt zu haben. Dieser Befunde scheinen nicht unlogisch zu sein, so waren bei den beiden statischen Varianten überhaupt keine Erfahrungen mit mobiler Technologie nötig um die Aufgabe zu bewältigen. Bei den dynamischen Versionen könnte man argumentieren, dass durch bereits vorhandene Kenntnisse (z.B. Interaktion mittels Fingerbewegung) die Aufmerksamkeit mehr aufs Zählen gelegt werden konnte. Als Konsequenz davon hat die Genauigkeit zugenommen und die Zeit zum Zählen abgenommen. Diese Effekte kann man bei den beiden VR-Varianten wiedererkennen. Bei den beiden AR-Varianten ist ein etwas anderes Bild zu erkennen, welches eine gewisse Interpretation abverlangt. Die Probandinnen und Probanden welche über eine hohe Erfahrung verfügten, waren beim Zählen mittels der statischen AR-Variante schlechter als solche mit wenig Erfahrung. Wenn man sich die benötigte Zeit fürs Zähl-

len anschaut, kann man erkennen, dass die Probandinnen und Probanden mit hoher Erfahrung durchschnittlich auch weniger Zeit dafür aufgewendet haben. Dies könnte darauf hindeuten, dass diese ihre Zählfertigkeiten teilweise überschätzt haben und deshalb mehr Fehler beim Zählen aufgetreten sind. Bei der dynamischen AR-Variante ist zu erkennen, dass mit zunehmender Erfahrung auch die Nutzungsdauer angestiegen ist. Personen mit hoher Erfahrung könnten ein gesteigertes Interesse an der AR-Technologie an sich gehabt haben, was möglicherweise dazu führte, dass nicht nur gezählt wurde sondern auch andere Aspekte des Geräts „getestet“ wurde. Dies hatte den Effekt, dass sie länger beim Zählen brauchten und auch die Genauigkeit darunter gelitten hat. Bei der Nutzung der dynamischen AR-Variante, waren die Probandinnen und Probanden mit tiefer Erfahrung auch schlechter im Zählen. Dieser Befund scheint logischer zu sein, da auch hier vermutet werden kann, dass die Aufmerksamkeit nicht restlos beim Zählen lag sondern beispielsweise durch die ungewohnte Handhabung des Gerätes verringert wurde.

#### 7.1.7 Zusammenfassung und Fazit zu Forschungsfrage 1

Mittels AR ist es zu einer statistisch signifikant verbesserten Leistung beim Erkennen und Erinnern von Objekte/Objektkategorien gekommen, wobei die statische AR-Variante am besten abgeschnitten hat. Beim reinen Erkennen und Zählen von Objekten innerhalb der Visualisierung wurden keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten festgestellt. Mittels der AR-Varianten waren die Teilnehmer etwas schneller beim Zählen. Eine Erhöhung der Nutzungsdauer hat vor allem bei der dynamischen AR-Variante zu einem gesteigerten Erkennen geführt. Die Teilnehmerinnen waren effektiver, da sie schneller beim Erkennen waren, wobei hier wohl die Visualisierungsart keine spezifische Rolle gespielt hat. Die natürlichen und technischen Störungen sowie die technologische Erfahrung der Teilnehmer scheinen nur einen geringen Effekt auf das Erkennen gehabt zu haben. Dabei reagieren die AR-Varianten wohl etwas stärker aber jeweils unterschiedlich auf diese Effekte.

## 7.2 Schätzen von Massen

Die zweite Forschungsfrage hatte zum Ziel herauszufinden, ob es Unterschiede bei der räumlichen Wahrnehmung und beim Schätzen von Massen zwischen den Visualisierungsarten geben wird und welche Einflüsse dabei eine Rolle spielen (vgl. Kapitel 3.4.1).

### 7.2.1 Schätzen und Messen

Allgemein konnte beim Schätzen der Masse sowie der Zeit welche für die Aufgaben benötigt wurde keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Hauptvisualisierungsarten festgestellt werden. Die Höhe des Turms wurde bei allen Visualisierungsarten unterschätzt, am deutlichsten bei der statischen AR-Variante am wenigsten bei der statischen VR-Variante. Die Höhe und Länge des Gebäudes, welche mithilfe einer Längenangabe geschätzt wurde, sind bei allen

Visualisierungsarten überschätzt worden, wobei auch hier die AR-Varianten schlechter abgeschnitten haben. Die Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten sind bei dieser Aufgabe jedoch deutlich geringer ausgefallen. Das Verhältnis der Länge von Brücke und Gebäude wurde bei allen Visualisierungsarten zu tief eingeschätzt, auch hier wurde mittels der statischen VR-Variante am genauesten und präzisesten geschätzt. So könnte man annehmen, dass generell mittels der VR-Varianten die besseren Schätzungen möglich waren. Dies deckt sich wohl auch mit der Einschätzung zum Nutzen der Visualisierungsart (vgl. Frageblock 1, Kapitel 6.6), wo die Probandinnen und Probanden die VR-Varianten besser einschätzten um „*sachliche Bewertungen abzugeben*“. Allgemein kann man feststellen, dass die Schätzergebnisse bei allen Varianten nicht besonders gut waren. Dörner et al. (2013) erwähnen, dass viele Untersuchungen bezüglich Raumwahrnehmung in virtuellen Räumen zeigen, dass Distanzen und Höhen unter-, aber auch überschätzt werden, teilweise bis zu 50%. In zahlreichen Studien ist der Einfluss von einigen Faktoren (z.B. stereoskopische Darstellung, beschränkter Sichtbereich, Beleuchtung oder Schattierung) auf diese Distanzunterschätzungen untersucht worden, eine vollständige Erklärung für dieses Phänomen gibt es bis heute nicht (Dörner et al. 2013). Auch Kruijff et al. (2010) geben an, dass die inkorrekte Tiefenwahrnehmung in AR das häufigste Wahrnehmungsproblem darstelle und diese zu ungenauen Schätzungen führe, wobei oft Distanzen unterschätzt werden. Furmanski et al. (2002) erwähnen, dass besonders oft bei AR und VR welche auf einer planaren 2D-Oberfläche (z.B. iPad-Display) dargestellt werden, die 3D-Objekte nicht eindeutig in der Tiefe eingeschätzt werden können. Weiter können in AR-Umgebungen Phänomene auftreten welche als Verdeckung/Überdeckung (englisch: *Occlusion*) bezeichnet werden und sich negativ auf die Tiefenwahrnehmung von Objekten auswirken können. Objekte welche eigentlich verdeckt sein sollten erscheinen im Vordergrund, was dazu führen kann, dass eine Einordnung in die Tiefe des Raumes nicht mehr möglich ist und diese Objekte so oft als Fremdkörper innerhalb der Szene wahrgenommen werden (Kruijff et al. ,2010).

Die Probandinnen und Probanden welche die AR-Varianten benutzten, benötigten im Durchschnitt mehr Zeit um die Schätzungen zu machen. Eine Begründung dafür könnte sein, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer versuchten einen Vergleich zwischen dem Bild innerhalb der Visualisierung und der natürlichen Umgebung zu machen. Hier könnte ein Effekt wirken welcher als sog. Doppelbild (englisch: *double-view*) bekannt ist. Čopič et al. (2013) erklären, dass dieses Phänomen aufgrund der verschiedenen Perspektiven auftritt, welche der Betrachter und die Kameralinse hat. So erwähnen sie, dass bei typischem Einsatz von AR die vom Gerät aufgezeichneten Bilder nicht zentriert seien (Linse und Display), dass es Differenzen im Sichtfeld gäbe (Gerät und Realität) und auch der Betrachtungswinkel (Gerät und Beobachter) differieren kann. Diese

kumulierten Effekte können dazu führen, dass das betrachtete Bild nicht korrekt ausgerichtet erscheint und/oder als verzerrt wahrgenommen wird (Čopič et al. 2013).

### 7.2.2 Bevorzugung

Die Probandinnen und Probanden würden, um die Schätzungen zu machen, deutlich eine 2D-Darstellung bevorzugen. Dabei wurden die statischen Varianten als einfacher empfunden als die dynamischen. Als Begründung wurde oft die Perspektivenwirkung der 3D-Visualisierung genannt, welche eine präzise Schätzung nicht möglich mache. So konnte auch Yabuki et al. (2002) zeigen, dass bei der Nutzung von mobilen Anzeigegegeräten (AR) im Feld oft eine Nachfrage nach Karten und anderen technischen Dokumenten besteht um die Beobachtungen zu verifizieren. Einige der Probandinnen und Probanden erwähnten, dass zwar für die genaue Einschätzung der Masse ein 2D-Plan sicherlich von Vorteil sei, jedoch sei die 3D-Darstellung besser geeignet um die Abmessungen im Raum auch „*ersichtlich/greifbar*“ zu machen. Diese Feststellungen decken sich mit den Aussagen von Jobst und Germanchis (2007) welche erläutern, dass obschon die zweidimensionale Abstraktion die besten Werte für die geometrische Korrektheit liefern könne, sie jedoch keine Unterstützung für die menschliche Raumwahrnehmung biete, da hier die entsprechenden Tiefenhinweise fehlen würden.

### 7.2.3 Nutzungsdauer

Der Einfluss der Nutzungsdauer auf die Genauigkeit der Schätzungen scheint wesentlich bei den beiden AR-Varianten eine Rolle gespielt zu haben. So scheint es bei der dynamischen AR-Variante, dass je länger die Probandinnen und Probanden die Visualisierung nutzten, desto schlechtere Resultate sie zeigten. Dies ganz im Gegensatz zu der statischen AR-Variante, wo sich die Genauigkeit der Schätzungen mit steigender Nutzungsdauer verbesserte. Diese beiden Resultate legen allgemein nahe, dass es den Teilnehmerinnen und Teilnehmer offensichtlich nur schlecht gelang die 3D-Objekte anhand von natürlichen Referenzmerkmalen in der Natur einzuschätzen. Bei der statischen AR-Variante scheint es so gewesen zu sein, dass durch eine intensivere Suche nach geeigneten Referenzpunkten auch die Nutzungsdauer angestiegen ist. Dies hatte jedoch zur Folge, dass es den Probandinnen und Probanden gelang ihre Schätzungen zu verbessern. Bei der dynamischen AR-Variante scheint dies nicht gelungen zu sein und wurde sogar ins Gegenteil gedreht. Dies könnte damit zusammenhängen, dass durch die Bewegung des Geräts während der Manipulationen und der daraus folgenden stetigen Neupositionierung der 3D-Objekte (*tracking*) sich diese niemals am selben Ort innerhalb der Visualisierung befunden haben bzw. sich immer leicht zu bewegen scheinen. Woodward et al. (2010) stellen hierzu fest, dass durch das *tracking* gewisse *Drift-Effekte* nicht ausgeschlossen werden können. Dies hatte offensichtlich Fehlinterpretationen und ungenauen Schätzung zur Folge. Krujiff et al. (2010) erwähnen, dass diese Positionierungs-, bzw. Registrierungsfehler in AR nur mittels sehr genauer

GPS-Geräte eliminiert werden können, welche jedoch die meisten Smartphones und Tablets (noch) nicht aufweisen.

#### 7.2.4 Geschlecht

Die Probandinnen konnten die Masse der Objekte deutlich schlechter Schätzen als die Probanden, dies besonders auffallend bei der dynamischen AR-Version. Auch benötigten die Probandinnen beim Schätzen geringfügig mehr Zeit als die Probanden. Dabbs et al. (1998) weisen darauf hin, dass Frauen in vielen Untersuchungen jeweils schlechter abgeschnitten haben wenn es darum ging Objekte im Raum zu rotieren (englisch: *mental rotation skill*). Ob nun diese Feststellung auch auf das Schätzen von Massen von 3D-Objekten übertragen werden kann ist sicherlich fraglich und müsste genauer überprüft werden.

#### 7.2.5 Erfahrung Kartographie/Geodaten

Es scheint, dass die persönliche Erfahrung der Probandinnen und Probanden in Kartographie und Geodaten einen leichten Einfluss auf die Genauigkeit beim Schätzen, als auch bei der Beantwortungszeit gehabt zu haben scheint. Bei den meisten Varianten konnte eine Zunahme der Genauigkeit beim Schätzen und eine Abnahme der Beantwortungszeit mit erhöhten Erfahrungswerten beobachtet werden. Diese Feststellung scheint logisch zu sein, den Personen mit spezifischer Vorbildung haben bereits diverse Strategien verinnerlicht, welche sie nun zielgerichtet anwenden können. Dieses fehlende Vorwissen führt dazu, dass eine solche Strategie zu Beginn der Aufgabe entwickelt werden muss, was dementsprechend zu verlängerten Antwortzeiten führt und bei einer „falschen“ Strategiewahl auch entsprechend unpräzise Ergebnisse liefert. Jobst und Germanchis (2007) erklären, dass Wahrnehmung und Erkennen von Informationen individuell verschieden sei und angetrieben werde durch das Interesse, die Motivation, die Erfahrung und sog. existierende „Wissens-Inseln“. Zu bemerken sei hier noch die statische AR-Variante, welche einen gegenteiligen Verlauf zu haben scheint. Ob und weshalb sich diese Variante tatsächlich von den anderen unterscheidet, müsste weiter untersucht werden.

#### 7.2.6 Erfahrung Technologie

Der Grad der Erfahrung in Technologie scheint nur einen geringen Einfluss auf die Genauigkeit beim Schätzen und die Beantwortungszeit zu haben. Diese Erkenntnisse sind nicht erstaunlich, denn bei den beiden statischen Varianten war keinerlei Erfahrung der Technologie von Nöten um die Schätzungen zu machen. Bei den dynamischen Varianten hätte eine gewisse Erfahrung möglicherweise bei der Bedienung und Interaktion mit dem Gerät hilfreich sein können. Die visuelle Analyse der Trendlinien ist jedoch nicht wirklich aussagekräftig, weshalb wir vermuten, dass auch bei den dynamischen Varianten kein fassbarer Einfluss auf die Schätzgenauigkeit besteht.

### 7.2.7 Zusammenfassung und Fazit zu Forschungsfrage 2

Mittels der VR-Varianten konnten die Probandinnen und Probanden genauer Schätzen als mit den AR-Varianten. Die statische VR-Variante war hierbei am besten. Deutlich zu erkennen ist, dass bei allen Visualisierungsarten die Strecken deutlich über- und unterschätzt wurden. Die Probandinnen und Probanden benötigten bei den AR-Varianten auch mehr Zeit um die Schätzungen zu machen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer würden für diese Aufgabe eher auf 2D-Pläne zurückgreifen. Um die Objekte in der natürlichen Umgebung einschätzen zu können, würden jedoch viele auch die 3D-Visualisierung nutzen. Die Nutzungsdauer scheint besonders bei den AR-Varianten einen Einfluss auf die Genauigkeit beim Schätzen gehabt zu haben. Die längere Nutzung führte bei der statischen AR-Variante zu genaueren Ergebnissen, dies ganz im Gegensatz zu der dynamischen, wo der gegenteilige Effekt zu wirken scheint. Die Probandinnen waren deutlich schlechter beim Schätzen von Massen, dies besonders bei den AR-Varianten und auch benötigten sie etwas mehr Zeit dafür. Eine gesteigerte Erfahrung in Kartographie und Geodaten half den Probandinnen und Probanden offensichtlich dabei genauer und schneller zu schätzen, wobei dies nicht auf die statische AR-Variante zutrifft. Die technologische Erfahrung scheint beim Schätzen der Masse keinen Einfluss zu spielen.

## 7.3 Nutzung von abstrakter Darstellung

Die dritte Forschungsfrage hatte zum Ziel herauszufinden, ob es Unterschiede bei der Nutzung von abstrakten Darstellungen zwischen den Visualisierungsarten geben wird und welche Einflüsse dabei eine Rolle spielen (vgl. Kapitel 3.4.2).

### 7.3.1 Erkennen

Den Teilnehmerinnen und Teilnehmern wurden zwei zeitliche Stadien der Wasserqualität des Teiches mittels abstrakter Visualisierungen präsentiert. Alle der Teilnehmenden erkannten bei allen Visualisierungsarten eine Verschlechterung der Wasserqualität und konnten dazu auch Begründungen geben. Schon Bacic et al. (2006) konnten bei ihrer Untersuchung innerhalb eines Workshops zeigen, dass visuelle, räumliche Informationen sehr effektiv zur Kommunikation von Umwelteinflüssen eingesetzt werden können.

### 7.3.2 Begründungen/Nutzungsdauer

Es gab keine statistisch signifikanten Unterschiede bei der Anzahl der Begründungen und bei der Nutzungsdauer. Bei den beiden dynamischen Varianten wurden tendenziell etwas mehr Begründungen gemacht als bei den statischen wobei diese auch etwas länger benutzt wurden. So könnte man schliessen, dass es hinsichtlich der Visualisierungsart keine Unterschiede zu geben scheint. Wir vermuten deshalb, dass die Begründungen nicht direkt anhand der abstrakten Visualisierung

vorgenommen wurden, sondern diese nur ein Anstoss wahr um sich an das geplante Szenario zurück zu erinnern und dann aus diesem Rückschlüsse auf die Wasserqualität zu ziehen.

### 7.3.3 Bevorzugung

Die Probandinnen und Probanden würden für die Beantwortung der Fragen eher einen 2D-Plan bevorzugen. Die statische AR-Variante wurde als beste Alternative dazu eingeschätzt. Die Resultate zeigen jedoch, dass sich die Probandinnen und Probanden hier nicht mehr so einfach entscheiden konnten wie beim Schätzen von Massen. Viele empfanden, dass die 3D-Visualisierungen bezüglich der perspektivischen Ansicht nicht so geeignet zum Abschätzen von quantitativen Angaben (Flächenvergleiche) sei. Es wurde jedoch häufig erwähnt, dass die 3D-Visualisierungen besonders „greifbar“, „eindrücklich“ seien und auch mehr Hintergrundinformationen und Verknüpfungen liefern könnten; auch sei ein Vergleich zwischen Realität und der Visualisierung machbar. Lewis und Sheppard (2006) verglichen 3D-Visualisierungen und 2D-Karten und konnten zeigen, dass die 3D-Visualisierungen zu einem besseren Verständnis von vorgeschlagenen Massnahmen führte als dies die 2D-Karten konnten. Es scheint, dass besonders die dynamische AR-Variante diesen Effekt unterstützt, da sie die höchste Wertung bei der Kategorie „*Prozesse und Strukturen verstehen*“ (vgl. Frageblock 1, Kapitel 6.6) erreicht hat. So scheint eine Kombination der verschiedenen Visualisierungsformen in 2D und 3D ein vielversprechender Ansatz zu sein um abstrakte (Umwelt-) Phänomene zu vermitteln. Solche Ansätze der Kombination verschiedener Darstellungsarten wurden innerhalb des Projekts „*Augmented Enviroments (ANTS)*“ (Romão et al., 2002) bereits beschrieben und Danado et al. (2005) entwickelten basierend darauf, ein modulares System bei welchem AR-, VR- und 2D-Visualisierungen (Satellitenbilder) für die Darstellung von Umwelteinflüssen (Wasserqualität) benutzt wurden. Wissen (2007) erwähnt, dass ein direkter Vergleich von 3D Visualisierungen und 2D Karten, beziehungsweise eine dementsprechende Umsetzung oft nicht zielführend sei und für 3D-Visualisierungen oft Aufbereitungen oder neue Darstellungsweisen zu entwickeln seien.

### 7.3.4 Geschlecht

Die Probandinnen gaben bei der Nutzung der dynamischen AR-Variante geringfügig mehr, bei der statisch AR-Variante weniger Begründungen ab als bei den anderen Visualisierungsarten, weshalb ist jedoch unklar. Die dynamischen Varianten wurden etwas länger benutzt als die statischen, was jedoch sehr natürlich zu sein scheint. Insgesamt wagen wir hier zu sagen, dass das Geschlecht keinen Einfluss auf die Anzahl der gemachten Begründungen hat, denn die Unterschiede sind als minimal einzustufen und diese könnten völlig Zufällig entstanden sein.

### 7.3.5 Ortskenntnis

Die Ortskenntnis scheint keine wesentlichen Einfluss auf die Anzahl der gemachten Begründungen zu haben; dies bei keiner Visualisierungsart. Dies ist einerseits erstaunlich, da man anneh-

men könnte, dass Personen welche die Umgebung besser kennen, generell auch mehr Informationen dazu liefern könnten. Doch beachtet man, dass die Frage spezifisch hinsichtlich des geplanten Szenarios gestellt wurden, so ist zu vermuten, dass auch die Begründungen sich nur auf dieses bezogen haben. So erwähnen die meisten Teilnehmerinnen und Teilnehmer als Hauptgründe für die Verschlechterung, die Bautätigkeiten im Park sowie die Belastung durch mehr Personen welche den Park nutzen. Es scheint hier somit zu keiner Verknüpfung mit dem Vorwissen der Probandinnen und Probanden gekommen zu sein, was wie bereits erwähnt, offensichtlich der Fragestellung zu schulden ist.

#### 7.3.6 Erfahrung Kartographie/Geodaten

Es scheint, dass die persönliche Erfahrung mit Kartographie und Geodaten einen leicht positiven Einfluss auf die Anzahl der Begründungen gehabt haben könnte. Dieses Resultat ist nicht besonders bemerkenswert, da die grössere Erfahrung natürlich dazu führen kann, diese abstrakte Visualisierung auf unterschiedliche Arten zu deuten und deshalb auch mehr Begründungen gefunden wurden. Hinsichtlich der einzelnen Visualisierungsarten lässt sich erkennen, dass nur die statische VR-Variante einen etwas anderen Verlauf zeigt. Wie sich die einzelnen Visualisierungsarten jedoch tatsächlich verhalten und ob es überhaupt einen Zusammenhang gibt, müsste in einem weiteren Experiment überprüft werden.

#### 7.3.7 Zusammenfassung und Fazit zu Forschungsfrage 3

Die Verschlechterung der Qualität des Teichwassers konnten alle Probandinnen und Probanden erkennen. Die Visualisierungsart scheint keinen Einfluss auf die gemachten Begründungen sowie die Nutzungsdauer gehabt zu haben. Die Probandinnen und Probanden würden zum Einschätzen der Wasserqualität eher auf einen 2D-Plan zurückgreifen. Die 3D-Visualisierungen seien aber gut geeignet um ein Phänomen in der realen Landschaft „greifbar“ zu machen. Das Geschlecht sowie die Ortskenntnisse scheinen keinen Einfluss auf die Anzahl der gemachten Begründungen gehabt zu haben. Die Probandinnen und Probanden welche über mehr Erfahrung in Kartographie und Geodaten hatten, konnten etwas mehr Begründungen nennen.

### 7.4 Entscheidungsfindung und Erweiterung der Informationsbasis

Die vierte Forschungsfrage hatte zum Ziel herauszufinden, ob es Unterschiede bei der Entscheidungsfindung und der Erweiterung der Informationsbasis zwischen den Visualisierungsarten geben wird und welche Einflüsse dabei eine Rolle spielen (vgl. Kapitel 3.4.2).

#### 7.4.1 Wahl des Szenarios

Die Probandinnen und Probanden haben keine der präsentierten Planungsszenarien speziell bevorzugt und so wurden bei praktisch allen Visualisierungsarten beide gleich oft gewählt. Diese Ergebnisse deuten an, dass die Szenarien sich sehr ähnlich waren und keine absoluten Argumen-

te gegen oder für eine sprachen. Dies ist zutreffen, denn die einzige Veränderung war die Positionierung und Ausrichtung des Gebäudes und des Turmes. Man hätte hier jedoch auch mit einem anderen Ergebnis rechnen können, denn durch mögliche „*Priming-Effekte*“ hätte es zu einer Bevorzugung der ersten Varianten kommen können, mit welcher die Probandinnen und Probanden jeweils bei der Aufgabe 1 und 2 gearbeitet hatten. „*Priming*“ ist eine Form des impliziten Gedächtnisses und bezeichnet die (unbewusste) Beeinflussung durch einen Zielreiz (Bellebaum, 2012). Auch kann das Resultat die Angaben der Probandinnen und Probanden bezüglich der Funktionalität der Visualisierungsart (vgl. Frageblock 1, Kapitel 6.6) „*Auswahl von Alternativen*“ bestätigen, bei welcher alle vier Visualisierungsarten gleich eingeschätzt wurden. Wenn man sich nun noch die mittlere Zeitdauer anschaut welche die Teilnehmerinnen und Teilnehmer benötigten um zu einer Entscheidung zu kommen, erkennt man, dass bei den dynamischen Varianten mehr Zeit verwendet wurde, welches jedoch durchaus logisch erscheint. Die dynamische AR-Variante besitzt einen grossen Streubereich welcher deutlich ausgeprägter ist als bei der dynamischen VR-Variante. Dies könnte verschiedene Begründungen haben, positive wie negative. Ein Teil der Teilnehmenden könnten sich einfach mehr Zeit genommen haben um die Planungsszenarien genauer zu betrachten um dann begründet eine Entscheidung treffen zu können. Andererseits könnte es auch bedeuten, dass störende Effekte dazu geführt haben. Einige Probandinnen und Probanden gaben hierzu an, dass beispielsweise das „*Ruckeln*“, oder auch die wahrgenommenen „*Verzerrungen*“ innerhalb der AR-Visualisierung sie gestört haben.

#### 7.4.2 Eingebachte Informationen

Es konnte ein statistisch signifikanter Unterschied bei der Anzahl der Informationen welche die Probandinnen und Probanden beige-steuert haben festgestellt werden. So wurden im Mittel bei der statischen VR-Variante die meisten Informationen vorgebracht. Die Nutzungsdauer zeigt jedoch, dass diese Variante auch länger benutzt wurde. Dies könnte die einfache Begründung sein, weshalb diese Varianten mehr Informationen liefern konnte. Wenn man die Auswertung bezüglich des Nutzens der Visualisierung (vgl. Frageblock 1, Kapitel 6.6) betrachtet, fällt auf, dass die VR-Varianten besonders bei der Funktion „*Entwicklung neuer Ideen*“ schlechtere Werte erreichten als die AR-Varianten. Bei der Funktion „*sachliche Bewertung abgeben*“ jedoch, sind die VR-Varianten wieder etwas besser bewertet worden. Eine genaue Begründung zu finden weshalb nun bei den VR-Varianten im Mittel mehr Informationen geliefert wurde, scheint hier sehr schwierig zu sein und müsste weiter untersucht werden.

#### 7.4.3 Nutzungsdauer und Informationsgewinn

Bei der Betrachtung des Einflusses welche die Nutzungsdauer auf die Menge an eingebrachter Information zu haben scheint, fällt auf, dass allgemein ein leicht positiver Trend vorzuherrschen scheint. Dieser deutet an, dass je länger die Visualisierung benutzt wird desto mehr Informatio-

nen „erzeugt“ werden. Dieser Zusammenhang scheint logisch und nicht sonderlich diskussionswürdig. Interessanter ist es, dass Verhältnis zwischen erzeugter Information und Nutzungsdauer zu betrachten, welches sich anhand der Steigung der Trendlinien zeigt. So kann man erkennen, dass die AR-Varianten und die dynamische VR-Variante den steilsten Verlauf haben. Die dynamische AR-Variante scheint am effektivsten zu sein, denn hier wird im Verhältnis am meisten Information pro Zeiteinheit generiert.

#### 7.4.4 Geschlecht

Die Probandinnen und Probanden haben im Mittel gleichviele Informationen entwickelt wie die Probanden dabei nutzten sie die Visualisierungen etwas weniger lang. Dies deutet darauf hin, dass die Probandinnen mehr Information in kürzerer Zeit darboten. Eine einfache Erklärung hierzu könnten die geschlechtsspezifischen Unterschiede in der verbalen Kompetenz sein. In zahlreichen Studien wird die Überlegenheit der Frauen in sprachlicher und schriftlicher Ausdrucksfähigkeit bestätigt (Haider und Malberg, 2010).

#### 7.4.5 Ortskenntnis

Eine Beeinflussung der Ortskenntnis auf die Anzahl der eingebrachten Informationseinheiten scheint möglich zu sein, dabei zeigen besonders die AR-Varianten einen stärkeren Trend auf. Wie vermuten, dass diese stärkere Beeinflussung bei den AR-Varianten darauf zurückzuführen ist, dass die Probandinnen und Probanden hier stärker mit der realen Umgebung in Verbindung stehen, was dazu führen könnte, dass mehr Assoziationen gemacht werden und so folglich mehr Hintergrundwissen zu dem Ort einfließen kann.

#### 7.4.6 Realitätsempfindung

Der Einfluss der Realitätsempfindung auf die Anzahl der gemachten Informationen zeigt ein sehr auffälliges jedoch widersprüchliches Bild. Es würde bedeuten, dass je realistischer die Probandinnen und Probanden die VR-Varianten empfunden haben, desto mehr Informationen dazu entwickelt wurden. Al-Kodmany (1999) erwähnt, dass mittels Einsatz von hoch realistischer Darstellungen von Entwürfen, betroffenen Personen, einfacher Entscheidungen fällen konnten. Wir vermuten, dass wenn es ihnen einfacher gefallen ist eine Entscheidung zu treffen, desto besser sie diese auch begründen konnten. Eine bessere Begründung könnte mit einer erhöhten Informationsmenge in Verbindung stehen. Dies würde die oben gemachte Beobachtung stützen. Die AR-Varianten scheinen sich jedoch gerade spiegelbildlich dazu zu verhalten, also je realistischer die Teilnehmerinnen und Teilnehmer diese empfanden, je weniger Informationen sie dazu lieferten. Diese Unterschiede zu ergründen wäre interessant, kann an dieser Stelle jedoch nicht erfolgen.

#### 7.4.7 Persönliches Interesse

Das persönliche Interesse am Thema Raumplanung scheint einen gewissen positiven Einfluss auf die Entwicklung von Ideen haben zu können, wobei hier die statische AR-Variante am auffälligsten erscheint. Wir vermuten, dass Personen mit erhöhtem Interesse an (Raum-) Planungsfragen auch bereits über ein erhöhtes Wissen dazu verfügen. Dieses könnte dann dazu führen, dass diese Personen auch mehr Informationen beitragen könnten. Weshalb die beiden statischen Varianten markantere Steigungen aufweisen als die dynamischen, müsste speziell betrachtet werden.

#### 7.4.8 Erfahrung (Raum-)Planung

Wie bereits beim Einfluss des persönlichen Interesses im Bereich der (Raum-) Planung besprochen wurde, könnte der Effekt des Vorwissens auch hier mitspielen. Weshalb sich hier die statischen Varianten gerade gegensätzlich zu den dynamischen zu verhalten scheinen, müsste mittels einer genaueren Analyse untersucht werden.

#### 7.4.9 Zusammenfassung und Fazit zu Forschungsfrage 4

Die Probandinnen und Probanden hatten keine spezielle Bevorzugung für eine Planungsalternative. Dies konnte bei allen Visualisierungsarten festgestellt werden. Die dynamischen Varianten wurden dabei länger benutzt um eine Entscheidung zu treffen. Die Probandinnen und Probanden generierten bei den VR-Varianten mehr Informationen. Die dynamische AR-Variante scheint pro Zeiteinheit am meisten Informationen zu liefern. Die Probandinnen und Probanden gaben durchschnittlich gleichviele Informationen preis. Die Probandinnen nutzen dazu die Visualisierungen etwas weniger lange, waren also effektiver als die Probanden. Die Ortskenntnis scheint vor allem bei den AR-Varianten zu einer Erhöhung der Informationsmenge geführt zu haben. Die Realitätsempfindung der Visualisierungsart scheint unterschiedlich zwischen AR und VR zu wirken. Bei VR erhöht sich die Informationsmenge bei steigendem Realitätsempfinden, bei AR scheint diese eher zu sinken. Die Personen welche über ein gesteigertes Interesse an (Raum-) Planung aufwiesen, lieferten durchschnittlich auch mehr Informationen, dies erscheint besonders deutlich bei den AR-Varianten. Erfahrung in der Raumplanung scheint einen gewissen Einfluss auf die Menge an eingebrachter Information gehabt zu haben, wobei hier besonders die statischen und dynamischen Varianten unterschiedlich zu wirken scheinen.

### 7.5 Funktionalitäten im Planungsprozess

Die fünfte Forschungsfrage hatte zum Ziel herauszufinden, ob es Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten bei der Einschätzung der Funktionalität welche 3D-Visualisierungen in einem Planungsprozess haben können geben wird (vgl. Kapitel 3.4.2).

### 7.5.1 Zusammenfassung und Fazit zu Forschungsfrage 5

Die Probandinnen und Probanden schätzten den Nutzen ein welche die benutzte Visualisierungsart innerhalb eines Planungsprozesses haben könnte. Bei den AR-Varianten erreichten die Funktionen „*Unterstützung um Prozesse und Strukturen zu verstehen*“ und „*Unterstützung zur Teilnahme an einer Diskussion*“ die höchsten Werte. Die VR-Varianten wurden bei der Funktion „*Unterstützung zur Entwicklung neuer Ideen*“ am schlechtesten Bewertet. Auffallend ist nun, dass beispielsweise bei den Resultaten aus Aufgabe 4: „*Eingebrachte Information*“ dies bei den VR-Varianten höher ist als bei den AR-Varianten. Hier hätte man anhand der Einschätzungen ein anderes Ergebnis erwarten können. Ob die geringfügig höhere Nutzungsdauer der VR-Varianten diesen Effekt beeinflusst haben könnte, kann hier nur vermutet werden. Bei der Einschätzung der Funktion: „*Unterstützung zur sachliche Bewertung*“, bei welcher die VR-Varianten besser abschnitten als die AR-Varianten, scheint diese schon eher mit den Resultaten übereinzustimmen. So wurden beim Zählen der Strassenlampen und beim Schätzen der Masse mittels der VR-Varianten durchschnittlich die genaueren Werte erreicht. Auffällig ist weiter, dass die AR-Varianten bei allen Funktionen, mit Ausnahme der eben erwähnten, jeweils gleich oder besser eingestuft wurden als die VR-Varianten. Ob diese positive Bewertung nun allerdings tatsächlich auch objektiv festgestellt werden kann, was wie oben schon gezeigt sehr hinterfragt werden muss, oder ob diese Bewertung in Zusammenhang mit der Attraktivität der AR-Technologie zusammenhängt müsste weiter untersucht werden.

## 7.6 Einsatz von AR zur Planungsunterstützung

Die sechste Forschungsfrage hatte zum Ziel herauszufinden, wie fachliche Laien den Nutzen von AR als Hilfsmittel zu Planungsunterstützung einschätzen (vgl. Kapitel 3.4.2).

### 7.6.1 Zusammenfassung und Fazit zu Forschungsfrage 6

Die Analyse der Resultate zeigt, dass ein grosses Interesse daran zu bestehen scheint, die AR-Technologie zur Unterstützung bei Planungsvorhaben einzusetzen. Dies entspricht den Ergebnissen früherer Studien. Im Bereich der Stadtplanung/Raumplanung wurden bereits Untersuchungen durchgeführt, welche deutlich machen, dass AR ein nützliches Instrument zur Präsentation von geplanten Bauvorhaben sein kann und darüber hinaus auch die Bereitschaft der Partizipation der Öffentlichkeit fördern kann (Allen et al. 2011). Ein Grossteil der Befragten würde die AR-Technologie selbständig Nutzen wollen und viele würden es begrüßen, über eine Möglichkeit zu verfügen um ihre Meinungen und Bewertungen direkt abgeben zu können. Diese Möglichkeiten um ein Feedback zu geben wurden bereits untersucht. So entwickelten Khan und Dong (2011) eine Prototyp-Plattform, welche 3D-Modelle von geplanten Gebäuden beinhaltete bei welchem die Nutzer Rückmeldungen in Form von 3D-Skizzen liefern konnten. Diese Feststellungen wei-

sen darauf hin, dass AR ein nützliches Instrument für eine partizipative und kollaborative Zusammenarbeit darstellen könnte.

Viele der Probandinnen und Probanden waren unsicher, ob die AR-Technologie auch wirklich dazu genutzt werden könnte um Unklarheiten bei Planungsvorhaben effektiv zu beseitigen. Korn (2011) stellte zwar fest, dass mobile AR-Systeme das Bewusstsein und die Verständlichkeit durch die Darstellung geplanter Gebäude in ihrer realen Umgebung verbessern können. Und auch Al-Kodmany (1999) konnte zeigen, dass mittels hoch realistischer Visualisierungen, welche in die aktuelle Umgebung der betroffenen Personen eingebettet waren, einfacher Entscheidungen gefällt werden konnten. So könnte man annehmen, dass AR durchaus ein Potential hat um Planungsinformationen effektiv zu vermitteln. Die empfundenen Unsicherheiten, welche die Teilnehmer jedoch zum Ausdruck brachten, sollten in solch empfindlichen Themen wie der Planung durchaus angebracht sein. Daniel und Meitner (2001) erwähnen hierzu, dass solange kein genügender Forschungsstand über den Einfluss von Visualisierungen auf die menschliche Wahrnehmung und Beurteilung vorliege, diese immer mit gebührender Vorsicht eingesetzt werden sollten. Sheppard und Cizek (2009) untersuchte die Wirkung von sog. „virtuellen Globen“ (z.B. *Google Earth*) welche zur Entscheidungsfindungen bei Planungsprojekten benutzt wurden und fand heraus, dass es sehr schnell zu emotionalen und intuitiven Reaktion der teilnehmenden Personen kam, welche dann zu Unsicherheiten, Unglaubwürdigkeit und Beeinflussungen bei der Interpretation der Visualisierungen führte. Mit solchen oder ähnlichen Effekten müsste sicherlich auch beim Einsatz eines AR-Systems gerechnet werden.

## 8 Schlussfolgerungen

### 8.1 Gesamtfazit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit und Hauptforschungsfrage war, ob der Einsatz von AR ein geeignetes Mittel zur Vermittlung von räumlichen Informationen sein kann und weshalb es in der Raum- und Landschaftsplanung eingesetzt werden sollte (vgl. Kapitel 3.2). Die Ergebnisse aus Kapitel 6 und 7 zeigen, dass es keine eindeutige und einfache Beantwortung der Hauptforschungsfrage geben kann. Einige der Aufgaben konnte mittels AR einfacher und effizienter gelöst werden (z.B. *Erkennen von Objekten und Zählen*) bei anderen schnitten die AR-Visualisierungen schlechter ab (z.B. *Schätzen von Massen*). Bei den meisten Aufgaben konnten jedoch keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Visualisierungsarten festgestellt werden. Auch die Analyse der möglichen Einflussfaktoren auf die Ergebnisse zeigt kein einheitliches Bild. So konnten nur bei gewissen Aufgaben geschlechtsspezifische Unterschiede festgestellt werden. Besonders beim Schätzen von Massen anhand der AR-Visualisierungen schnitten die weiblichen Teilnehmer deutlich schlechter ab. Die Störungen welche durch technische und na-

türliche Einflüsse hervorgerufen wurden führten generell zu einer Verlängerung der Nutzungsdauer bei den Aufgaben, wobei dies nicht von der Visualisierungsart abhängig zu sein scheint. Der Einfluss der technologische Erfahrung (Mobiltelefone und Tablet-PCs) wirkte sich besonders bei den AR-Varianten aus, wobei ein Plus an Erfahrung nicht zwangsläufig zu besseren Ergebnissen geführt hat, ein Fehlen von Erfahrung sich jedoch eher negativ auswirkte. Es hat sich auch gezeigt, dass mittels der AR-Visualisierungsarten die Personen welche ein grösseres persönliches Interesse an Planungsaufgaben haben, bzw. schon Erfahrungen in realen Planungssituationen besitzen mehr Informationen einbringen konnten als bei den anderen Varianten. Ebenso generierten die Personen welche über mehr Ortskenntnisse verfügten, bei den AR-Varianten mehr Informationseinheiten als bei den andern Visualisierungsarten. Es scheint demnach so zu sein, dass die AR-Visualisierungen durchaus positive Effekte beim Generieren von neuen Ideen und das Einbringen von zusätzlichen Informationen fördern können. Auch der subjektive Nutzen der AR-Visualisierungen zur Planungsunterstützung, wurde durch die Teilnehmenden mehrheitlich höher eingestuft als bei den VR- Visualisierungen. Diese individuellen Einschätzungen sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten. So konnte Van der Wal et al.(2014) zeigen, dass bei einem Vergleich zwischen der Nutzungsdauer und Einschätzungen zur Nützlichkeit von traditionellen 2D-Karten, physikalischen 3D-Modellen und interaktiven 3D-Visualisierungen in einem kollaborativen Planungsworkshop, die subjektiv angegebene Nützlichkeit sich nicht in den gewonnen Resultaten widerspiegeln konnte. Anzeigesysteme welche AR nutzen, scheinen jedoch generell die Motivation zu einer freiwilligen Teilnahme an Planungsprozessen steigern zu können.

## 8.2 Verbesserungsmöglichkeiten

Wie bereits in Kapitel 7.7 erwähnt wurde, gab es viele Faktoren welche die Resultate innerhalb dieser Arbeit und somit auch eine potentielle Nutzung einer AR-Anwendung limitieren können. Für einen gelungenen Einsatz von AR sind demnach viele Aspekte zu beachten. Kruijff et al. (2010) liefern eine detaillierte Übersicht über Faktoren welche die Wahrnehmung innerhalb von AR-Systemen beeinflussen können und klassifizieren diese in die folgenden Bereiche: (i) Umwelt, (ii) (Bild-) Erfassung, (iii) Überlagerung/Erweiterung, (iv) Anzeige und (v) Nutzer. Viele dieser „problematischen“ Faktoren sind bereits Gegenstand aktueller Forschung. So zeigen Carozza et al. (2014) einen Ansatz bei welchem die zu überlagernden Objekte sehr genau in die natürlich Umgebung eingepasst werden, welches das Problem der Occlusion innerhalb von AR-Systemen minimieren dürfte. Dies könnte dann zu einer Verbesserung, beispielsweise beim Schätzen von Massen führen, sowie die allgemeine Realitätsempfindung beim Betrachten von AR-Visualisierungen erhöhen. Auch Shen (2011) stellte einen Algorithmus vor, welche korrekte Occlusion bei statischem Blickpunkt berechnen kann, erwähnte jedoch, dass es momentan keine Methoden gäbe welche alle möglichen Varianten der Occlusion berücksichtigen könne.

Auch für das oft erwähnte Problem, welches den Probandinnen und Probanden als „Ruckeln der Objekte“ aufgefallen ist und welches durch die verzögerte Neupositionierung der 3D-Objekte ausgelöst wurde, gibt es bereits Lösungsansätze. So könnte neben der Entwicklung von präziseren und leistungsfähigeren Positionsempfängern auch eine Technik eingesetzt werden, welche als „*Indirekte Augmented Reality*“ bezeichnet wird. Um eine genauere und unveränderliche Positionierung der Objekte zu erreichen, nutzen Wither et al. (2011) anstelle des Live-Bildes der Kamera, eine statische Panorama-Aufnahme und überlagerten auf dieser die 3D-Objekte. Sie konnten zeigen, dass den teilnehmenden Personen bei der Betrachtung dieser Unterschied (Live-Bild gegenüber Aufzeichnung) meistens gar nicht aufgefallen war. Karlekar et al. (2010) konnten mittels einer neuentwickelten, modellbasierten Technik, welche anstelle von GPS und Gyroskopen bestehende Referenzpunkte anhand der Landschaft oder bestehender Gebäude nutzt, eine genaue und abweichungsresistente Methode für die Positionierung von 3D-Objekten vorstellen.

Diese wenigen Beispiele zeigen bereits, dass in naher Zukunft etliche neue Lösungsvorschläge und Verbesserungen vorliegen werden, welche dann genutzt werden könnten um die Entwicklung neuer AR-Systeme und AR-Anwendungen zu optimieren.

### 8.3 Gewonnene Erkenntnisse (Lesson Learned)

Die Resultat und gewonnen Einsichten aus dieser Arbeit lassen uns zum Schluss kommen, dass ein gezielter und gut durchdachter Einsatz von AR in der Raum- und Landschaftsplanung einen beachtlichen Mehrwert bei der Vermittlung von räumlichen Informationen mit sich bringen kann. Allerdings ist zu erwähnen, dass AR nicht als alleiniges Mittel eingesetzt werden sollte. Wir schliessen uns den Worten eines Probanden an welcher bemerkte: „...*dass der Einsatz von AR nur Sinnvoll als Ergänzung zu Bauplänen etc. sein kann...*“ und würden deshalb Vorschlagen, dass eine Kombination aus verschiedenen Anzeigeformen einen idealen Ansatz darstellen würde. Die technischen Möglichkeiten dazu sind bereits vorhanden.

Die Grundlage eines solches hybriden Systems, könnte ein mobiles Anzeigegerät sein, welches anhand einer einheitlichen Datenbasis die räumlichen Informationen in verschiedenen Anzeigeformen darstellen kann (wie es bereits in dieser Arbeit bereits benutzt wurde). Dies würde den Vorteil mit sich bringen, dass neben den eher traditionellen 3D-Visualisierungsarten auch zusätzlich AR benutzt werden könnte umso die erweiterte Einsichten in die geplanten Massnahmen zu erhalten und die in dieser Arbeit erwähnten positiven Effekte nutzen zu können. Das System würde so die Möglichkeit bieten, die geplanten Inhalte aus einer *egozentrischen* (von innen) und *exozentrischen* (von aussen) Betrachtungsweisen heraus zu betrachten, welche als Kombination, als sog. *bizentrische* Betrachtungsweise besonders hohe Lernleistungen ermöglichen kann (Dunleavy und Dede, 2014). Das System sollte den Benutzerinnen und Benutzern auch die Möglich-

keit bieten, zusätzlich zu den Visualisierungen auch andere multimediale Dateien, z.B. in Textform oder als Audio- oder Videodatei zur Verfügung zu stellen. So könnten beispielsweise 2D-Pläne und andere relevante Planungsunterlagen den Benutzern direkt auf dem System zur Verfügung gestellt werden und damit einen direkten Vergleich ermöglichen. Durch diese zusätzlichen Möglichkeiten könnten Lernprozesse in differenzierter Weise angeregt werden und würden, wie Armstrong und Bennett (2005) erwähnen, den verschiedenen Lerntypen (visuelle und akustische) gerecht werden. Lernen bedeutet in diesem Fall, dass die Nutzer die gezeigten Inhalte einfacher verstehen können, mehr Information behalten wird und stärkere Verknüpfungen zu bereits bestehenden mentalen Modellen gemacht werden können.

Die Resultate der Umfrage haben gezeigt, dass die Probandinnen und Probanden sich erweiterte Funktionalitäten gewünscht hätten um mit den Visualisierungen zu interagieren. Einerseits wurde der Wunsch nach einer „Zoom-Funktion“ erwähnt, welche es erlauben würde Details zu betrachten und andererseits gab es ein grosses Interesse, um mittels AR direkt in das geplante Szenario „einzutreten“ und sich darin „umzuschauen“. Beide Möglichkeiten würden das „immersive“ Erleben des Raumes steigern. Diese Immersion könnte nach Aussagen von Dawley und De-de (2014), fesselnde, kollaborative und partizipative Erfahrungen für die Nutzer schaffen, welches zu erhöhter Beschäftigung mit dem Gezeigten führt und ebenfalls die Lernleistung steigern kann. Auch diese Funktionalität ist bereits vorhanden und könnte eingesetzt werden. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wünschten sich auch mehrheitlich die Möglichkeit um ein direktes Feedback zu den Planungsvarianten abzugeben. Dies kann beispielsweise relativ leicht über eine Einbindung eines webbasierten Dienstes erreicht werden, welche die Feedbacks auf einem Server speichern würde. Von diesem Server könnte man später diese Feedbacks wiederum anderen Personen zur Verfügung stellen oder sie könnten als Datenbasis für weitere Analysen dienen. Dies wäre ein Ansatz um lokales Wissen von fachlichen Laien aufzunehmen und den Experten zur Weiterverarbeitung zur Verfügung zu stellen. Dieser Ansatz ist auch unter dem Begriff „Neogeographie“ bekannt und beinhaltet die von den Benutzern freiwillig generierten Geodaten (englisch: *volunteered geographic information (VGI)*, *crowdsourced geographic information*, *community mapping*) welche sehr nützlich in verschiedenen Anwendungen sein können (Goodchild, 2014). Auch könnten vordefinierte Planungsvarianten zentral auf dem Server gespeichert werden und so gleichzeitig an mehrere Benutzerinnen und Benutzer im Feld geliefert werden. Auf diese Weise würden Änderungen welche eine Person vornimmt, direkt und praktisch unverzögert allen Beteiligten auf ihre Geräte geladen werden, welche dann wiederum begutachtet und weiter so weiter angepasst werden könnten. Dies wäre nützlich um die kollaborative Zusammenarbeit innerhalb von Planungsprozessen weiter zu fördern.

## 8.4 Ausblick

Obschon in dieser Studie viele Unsicherheiten und offene Fragen stehen bleiben, kann sie doch teilweise die positiven Aspekte und einen Mehrwert von AR zu Vermittlung von räumlichen Informationen aufdecken und bekräftigen. Wie in Kapitel 2.3 aus der Literatur gewonnen und aus den in Kapitel 7 gefundenen Einsichten, sind dies besonders die positiven Effekte welche AR auf die Lernleistung, die Motivation und den Nutzen bei der partizipativen und kollaborativen Zusammenarbeit haben kann. Falls sich mittels genauerer Untersuchungen die hier gefundenen Resultate bekräftigen lassen, würde dies das grosse Potential von AR als Hilfsmittel in der Raum- und Landschaftsplanung bestärken. Denn wie bereits Andrienko et al. (2007) erwähnen, muss eine (Geo-)Visualisierung welche zur Planungsunterstützung und Entscheidungsfindung eingesetzt wird, flexibel sein für die Benutzer, eine hohe Kommunikation von Informationen gewährleisten sowie die kollaborative Zusammenarbeit unterstützen. Oder wie Tress und Tress (2003) erwähnen, dass es Ideal wäre ein leistungsstarkes und fotorealistisches GIS-basiertes Visualisierungswerkzeug zu haben, welches dem Benutzer erlaubt die Landschaft aus der Perspektive eines mobilen Betrachters zu erleben. Es scheint, dass Systeme welche AR einsetzen genau diese angesprochenen Punkte erfüllen könnten. Um diese Aussagen jedoch wissenschaftlich zu untermauern wird noch einiges an Forschungsarbeit zu leisten sein. So könnten beispielsweise fortgeschrittene Analysemethoden z.B. mittels Eye-Tracking (vgl. Çöltekin et al., 2009), welche bereits im Bereich der HCI eingesetzt werden, dazu benutzt werden um detaillierte Aussagen zu den Resultaten machen zu können. Diese neuen Erkenntnisse könnten dann beispielsweise dazu genutzt werden um AR-Visualisierungen beziehungsweise ganze AR-Systeme auf spezifische Aufgaben hin auszurichten und zu optimieren. So könnte es gut möglich sein, dass wir die Augmentierte Realität schon bald in etlichen kommerziellen Produkten wiederfinden werden. Wie Microsoft 2015 mit ihrer neusten Entwicklung *HoloLens*<sup>18</sup>, einer Brille welche AR mittels holografischer<sup>19</sup> Techniken erzeugt, deutlich macht, scheint die Zukunft für AR gerade erst begonnen zu haben. Vielleicht gelingt es mittels dieser neuer Techniken die sog. „*Rationale Ignoranz*“ der Bevölkerung (vgl. Krek, 2005), welche bei kooperativen und partizipativen Planungsprozessen oft beobachtet wird, zu überwinden. Diese Ignoranz äussert sich als passive und zurückhaltende Einstellung beim Mitwirken innerhalb von Planungsprozessen, da für die Beteiligten keine Vorteile zu sehen sind und nur ihre Nachteile (z.B. Verlust ihrer Zeit) im Vordergrund stehen (Krek, 2005). Durch den Einsatz von Augmented Reality in der Planung als motivierendes und einfach zu bedienendes „Werkzeug“ (z.B. das persönliche Smartphone), könnte man diesen doch negati-

<sup>18</sup>Informationen zur Brille *HoloLens*: <http://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us>

<sup>19</sup> Die Holografie ist ein Verfahren zur Aufzeichnung und Rekonstruktion von Wellen, das im Jahre 1948 von dem englischen Physiker Dennis Gabor (1900-1979) entdeckt wurde (Ostrowski, 1997).

ven Zustand verbessern und wie Krek (2005) erwähnt, eine nötige Veränderung in der Planungskultur herbeiführen.

## 9 Literatur

- Al-Kodmany, K. (1999). Using visualization techniques for enhancing public participation in planning and design: process, implementation, and evaluation. *Landscape and Urban Planning*, 45(1), 37–45. doi:10.1016/S0169-2046(99)00024-9
- Allen, M., Regenbrecht, H., & Abbott, M. (2011). Smartphone Augmented Reality for Public Participation in Urban Planning. *Proceedings of ACM OZCHI 2011*, 11-20.
- Andrienko, G., Andrienko, N., Jankowski, P., Keim, D., Kraak, M. -J., MacEachren, A., & Wrobel, S. (2007). Geovisual analytics for spatial decision support: Setting the research agenda. *International Journal of Geographical Information Science*, 21(8), 839–857. doi:10.1080/13658810701349011
- Armstrong, M. P., & Bennett, D. A. (2005). A Manifesto on Mobile Computing in Geographic Education. *The Professional Geographer*, 57(4), 506–515. doi:10.1111/j.1467-9272.2005.00495.x
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 6(4), 355–385.
- Azuma, R., Hoff, B., Neely III, H., & Sarfaty, R. (1999). A motion-stabilized outdoor augmented reality system. In *Virtual Reality, 1999. Proceedings., IEEE*, 252-259. doi: 10.1109/VR.1999.756959
- Bacic, I. L. Z., Rossiter, D. G., & Bregt, A. K. (2006). Using spatial information to improve collective understanding of shared environmental problems at watershed level. *Landscape and Urban Planning*, 77(1-2), 54–66. doi:10.1016/j.landurbplan.2005.01.005
- Bellebaum, C., Thoma, P., & Daum, I.(2012). *Neuropsychologie*. Wiesbaden: Springer Fachmedien. doi:10.1007/978-3-531-94108-0
- Billinghurst, M., Weghorst, S., & Furness I., T. (1998). Shared space: An augmented reality approach for computer supported collaborative work. *Virtual Reality*, 3(1), 25–36. doi: 10.1007/BF01409795
- Birbaumer, N., & Schmidt, R. F. (2010). *Biologische Psychologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-540-95938-0
- Broll, W., Lindt, I., Ohlenburg, J., Wittkämper, M., Yuan, C., Novotny, T., Strothmann, A. (2004). ARTHUR: A Collaborative Augmented Environment for Architectural Design and Urban Planning. *JVRB - Journal of Virtual Reality and Broadcasting*, 1(2004)(1).
- Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536–544. doi:10.1016/j.compedu.2013.02.017
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341-377. doi:10.1007/s11042-010-0660-6

- Carozza, L., Tingdahl, D., Bosché, F., & van Gool, L. (2014). Markerless Vision-Based Augmented Reality for Urban Planning. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 29(1), 2–17. doi:10.1111/j.1467-8667.2012.00798.x
- Cirulis, A., & Brigmanis, K. B. (2013). 3D Outdoor Augmented Reality for Architecture and Urban Planning. *Procedia Computer Science*, 25, 71–79. doi:10.1016/j.procs.2013.11.009
- Čopič Pucihar, K., Coulton, P., & Alexander, J. (2013). Evaluating dual-view perceptual issues in handheld augmented reality. *Proceedings of the 15th ACM on International conference on multimodal interaction - ICMI '13* (S. 381–388). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/2522848.2522885
- Çöltekin, A., Heil, B., Garlandini, S., & Fabrikant, S. I. (2009). Evaluating the Effectiveness of Interactive Map Interface Designs: A Case Study Integrating Usability Metrics with Eye-Movement Analysis. *Cartography and Geographic Information Science*, 36(1), 5–17. doi:10.1559/152304009787340197
- Craig, A. B. (2013). *Understanding Augmented Reality*. Boston: Morgan Kaufmann. doi:10.1016/B978-0-240-82408-6.00009
- Dabbs, Jr., J. M., Chang, E.-L., Strong, R. A., & Milun, R. (2015). Spatial Ability, Navigation Strategy, and Geographic Knowledge Among Men and Women. *Evolution and Human Behavior*, 19(2), 89–98. doi:10.1016/S1090-5138(97)00107-4
- Danado, J., Dias, E., Romão, T., Correia, N., Trabuco, A., Santos, C., Serpa, J., Costa, M. & Câmara, A. (2005). Mobile environmental visualization. *The Cartographic Journal*, 42(1), 61-68. doi: 10.1179/000870405X57293
- Daniel, T. C., & Meitner, M. M. (2001). Representational validity of landscape visualizations: the effects of graphical realism on perceived scenic beauty of forest vistas. *Journal of Environmental Psychology*, 21(1), 61–72. doi:10.1006/jevp.2000.0182
- Dawley, L., & Dede, C. (2014). Situated learning in virtual worlds and immersive simulations. In Spector, J., Merrill, M., Elen, J., & Bishop, M. (Hrsg.) *Handbook of research on educational communications and technology* (S. 723–734), New York: Springer. doi: 10.1007/978-1-4614-3185-5\_58
- Deussen, O. (2003). *Computergenerierte Pflanzen – Technik und Design digitaler Pflanzenwelten*. Heidelberg: Springer. doi: 10.1007/978-3-642-55822-1
- Dörner, R., Jung, B., Grimm, P., & Broll, W. (2013). *Virtual und Augmented Reality (VR / AR)*. Berlin, Heidelberg: Springer. doi: 10.1007/978-3-642-28903
- Duh, H. B.-L., & Billinghurst, M. (2008). Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. *2008 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 193–202. doi:10.1109/ISMAR.2008.4637362
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. In Spector, J., Merrill, M., Elen, J., & Bishop, M. (Hrsg.) *Handbook of research on educational communications and technology* (S. 735–745). New York: Springer. doi: 10.1007/978-1-4614-3185-5\_59

- Egan, D.E., & Schwartz, B.J. (1979). Chunking in recall of symbolic drawings. *Memory and Cognition*, 7 (2), 149-158. doi: 10.3758/BF03197595
- Feiner, S., MacIntyre, B., Höllerer, T., & Webster, A. (1997). A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. *Personal Technologies*, 1(4), 208–217. doi: 10.1007/BF01682023
- Fuhrmann, S., Kuhn, W., & Streit, U. (2000). Geoscientific Visualization. *Computers and Geoscience*, 26 (1).
- Furmanski, C., Azuma, R., & Daily, M. (2002). Augmented-reality visualizations guided by cognition: perceptual heuristics for combining visible and obscured information. In *Proceedings. International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (S. 215–320). IEEE Comput. Soc. doi:10.1109/ISMAR.2002.1115091
- Geertman, S., & Stillwell, J. (2003). Planning support systems: an introduction. In Geertman, S., & Stillwell, J. (Hrsg.) *Planning support systems in practice* (S. 3–22). Berlin, Heidelberg: Springer. doi: 10.1007/978-3-540-24795-1\_1
- Geise, S. (2011). *Vision that matters*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gibson, J. J. (1973). *Die Wahrnehmung der visuellen Welt*. Weinheim [u.a.]: Beltz.
- Graham-Rowe, D. (2011). Not in my back yard! AR app for planning. *New Scientist*, 210(2806), 23. doi:10.1016/S0262-4079(11)60732-X
- Van der Wal, R., Miller, D., Irvine, J., Fiorini, S., Amar, A., Yearley, S., Gill, R., & Dandy, N. (2014). The influence of information provision on people's landscape preferences: A case study on understorey vegetation of deer-browsed woodlands. *Landscape and Urban Planning*, 124, 129–139. doi:10.1016/j.landurbplan.2014.01.009
- Ghadirian, P., Bishop, I. D. (2008). Integration of augmented reality and GIS: A new approach to realistic landscape visualisation. In: *Landscape and Urban Planning*, 86(3-4), (S. 226–232). doi:10.1016/j.landurbplan.2008.03.004
- Goodchild, M. F. (2014). Twenty years of progress: GIScience in 2010. *Journal of Spatial Information Science*, (1), 3–20. doi: 10.5311/JOSIS.2010.1.2
- Grosse Holtforth, D.(2000). *Medien, Aufmerksamkeit und politischer Wettbewerb. Eine Public Choice Analyse der Beziehungen zwischen Medien und Politik*. Berlin: Vistas. doi: 10.1007/s11616-001-0157-4
- Haider, H., & Malberg, E. D. (2010). Allgemeine Psychologie I In Steins, G. (Hrsg.) *Handbuch Psychologie und Geschlechterforschung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. doi:10.1007/978-3-531-92180-8\_7
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Hrsg.), *Human mental workload* (S. 77–106). New York: Elsevier Science Publishers B.V (North Holland).

- Höllerer, T., Feiner, S., & Pavlik, J. (1999.). Situated documentaries: embedding multimedia presentations in the real world. *Proceedings of the third International Symposium on Wearable Computers*, 79–86. IEEE Comput. Soc. doi:10.1109/ISWC.1999.806664
- Hugues, O., Fuchs, P., & Nannipieri, O. (2011). New Augmented Reality Taxonomy: Technologies and Features of Augmented Environment. In Furht, B. (Hrsg.), *Handbook of Augmented Reality*. (S. 47–63). New York: Springer. doi: 10.1007/978-1-4614-0064-6\_2
- Jobst, M., & Germanchis, T. (2007). The Employment of 3D in Cartography – An Overview. In W. Cartwright, P. Peterson, G. Gartner, (Hrsg.), *Multimedia Cartography*. (S. 229–240) Berlin Heidelberg New York: Springer. doi: 10.1007/978-3-540-36651-5
- Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545–556. doi:10.1016/j.compedu.2013.02.018
- Karlekar, J., Zhou, S. Z., Nakayama, Y., Lu, W., Loh, Z. C., & Hii, D. (2010). Model-based localization and drift-free user tracking for outdoor augmented reality. In *2010 IEEE International Conference on Multimedia and Expo* (S. 1178–1183). IEEE. doi:10.1109/ICME.2010.5583850
- Khan, M. & Dong, A. (2011). Geo-Located Augmented Reality as a Platform for Citizen Engagement. In *International reports on socio-informatics*, 8 (2), 32–40.
- Kipper, G., & Rampolla, J. (2013). *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*. Elsevier. doi:10.1016/B978-1-59-749733-6.00004
- Korn, M. (2011). Place and Situated Deliberation in Participatory Planning – A Research Proposal. In *International reports on socio-informatics*, 8 (2), 41–48.
- Kraak, M. J. (1996). Integrating multimedia in geographical information systems. *IEEE Multimedia*, 3(2), 59–65. doi: 10.1109/93.502295
- Krek, A. (2005). Rational ignorance of the citizens in public participatory planning. In *10th symposium on Information-and communication technologies (ICT) in urban planning and spatial development and impacts of ICT on physical space, CORP* (Vol. 5).
- Krogh, P. (2000). Interactive rooms – augmented reality in an architectural perspective. *Proceedings of DARE 2000 on Designing augmented reality environments*. 135–137. doi: 10.1145/354666.354681
- Kruijff, E., Swan, J. E., & Feiner, S. (2010). Perceptual issues in augmented reality revisited. *Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2010 9th IEEE International Symposium on*. doi:10.1109/ISMAR.2010.5643530
- Lange, E. (1998). Realität und computergestützte visuelle Simulation: Eine empirische Untersuchung über den Realitätsgrad virtueller Landschaften am Beispiel des Talraums Brunnen, Schwyz. Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich.

- Lange, E. (2005). Issues and Questions for Research in Communicating with the Public through Visualizations. *Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences trends in Real-Time Landscape Visualization and Participation*. 26–28
- Lange, E. (2011). 99 volumes later: We can visualise. Now what? In *Landscape and Urban Planning*, 100(4), (S. 403–406). doi:10.1016/j.landurbplan.2011.02.016
- Lewis, J. L., & Sheppard, S. R. J. (2006). Culture and communication: Can landscape visualization improve forest management consultation with indigenous communities? *Landscape and Urban Planning*, 77(3), 291–313. doi:10.1016/j.landurbplan.2005.04.004
- Lonergan, C., & Hedley, N. (2014). Flexible mixed reality and situated simulation as emerging forms of geovisualization. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 49(3), 175–187. doi: 10.3138/carto.49.3.2440
- Loomis, J. M. & Philbeck, J. W. (2008). Measuring spatial perception with spatial updating and action. In M. Behrmann, R. L. Klatzky & B. Macwhinney (Hrsg.), *Embodiment, Ego-Space, and Action* (S. 1–43). New York, United States: Psychology Press.
- MacEachren, A. M. (1994). Visualization in modern cartography: Setting the Agenda. In A. M. MacEachren and D. R. F. Taylor (Hrsg.), *Visualization in Modern Cartography* (S. 1–12). Oxford, UK: Pergamon.
- MacEachren, A. M., & Kraak, M.-J. (2001). Research Challenges in Geovisualization. In *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 3–12. doi: 10.1559/152304001782173970
- Martin, D. W. (2008). *Doing Psychology Experiments*. Belmont, CA: ThomsonWadsworth, 7 ed.
- Meng, L. (2003). Rahmenbedingungen beim Einsatz von Methoden und Techniken der Geovisualisierung. In *Kartographische Schriften*. (S. 3–12). Bonn: Kirschbaum.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proceedings of SPIE*, 2351, 282–292. doi: 10.1117/12.197321
- Mine, M. R., Brooks Jr, F. P., & Sequin, C. H. (1997). Moving objects in space: exploiting proprioception in virtual-environment interaction. *Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, 19–26. doi: 10.1145/258734.258747
- Möhring, M., Lessig, C., & Bimber, O. (2004). Video See-Through AR on Consumer Cell-Phones. In *Third IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (S. 252–253). IEEE. doi:10.1109/ISMAR.2004.63
- Nicholson-Cole, S. A. (2005). Representing climate change futures: a critique on the use of images for visual communication. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(3), 255–273. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2004.05.002
- Nincarean, D., Alia, M. B., Halim, N. D. A., & Rahman, M. H. A. (2013). Mobile Augmented Reality: The Potential for Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 657–664. doi:10.1016/j.sbspro.2013.10.385

- Ostrowski, J. (1987). Das Hologramm und seine Eigenschaften. In *Holografie - Grundlagen, Experimente und Anwendungen* (S. 9–63). Wiesbaden: Vieweg+Teubner. doi:10.1007/978-3-322-86698-1\_1
- Rheingold, H. (1992). *Virtuelle Welten – Reisen im Cyberspace*. Berlin: Rowohlt.
- Romão, T., Romero, L., Dias, E., Danado, J., Correia, N., Santos, C.; Santos, R., Nobre, E., Trabuco, A., & Câmara, A. (2002). Augmenting reality with geo-referenced information for environmental management. In *Proceedings of the tenth ACM international symposium on Advances in geographic information systems - GIS '02* (S. 175). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/585147.585184
- Rubin, J., & Chisnell, D. (2008). *Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests*. John Wiley & Sons.
- Rupprecht, W. (2014). Einführung in die Theorie der kognitiven Kommunikation. Wiesbaden: Springer Fachmedien. doi: 10.1007/978-3-658-05498-4
- Sareika, M., & Schmalstieg, D. (2007). Urban Sketcher: Mixed Reality on Site for Urban Planning and Architecture. In *2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (S. 1–4). IEEE. doi:10.1109/ISMAR.2007.4538821
- Schall, G., Mendez, E., Kruijff, E., Veas, E., Junghanns, S., Reitinger, B., & Schmalstieg, D. (2008). Handheld Augmented Reality for underground infrastructure visualization. *Personal and Ubiquitous Computing*, 13(4), 281–291. doi:10.1007/s00779-008-0204-5
- Schmalstieg, D., & Reitmayr, G. (2005). The World as a User Interface: Augmented Reality for Ubiquitous Computing. In Gartner, G., Cartwright, W., & Peterson, M. (Hrsg.) (2007). *Location Based Services and TeleCartography*. Berlin, Heidelberg: Springer. doi:10.1007/978-3-540-36728-4\_28
- Shelton, B. E., & Hedley, N. R. (2004). Exploring a cognitive basis for learning spatial relationships with augmented reality. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 1(4), 323–357.
- Shen, J. (2011). Environmental Planning Using Augmented Reality. In Furth, B. (Hrsg.), *Handbook of Augmented Reality* (S. 463–478). New York: Springer. doi: 10.1007/978-1-4614-0064-6\_22
- Sheppard, S., & Cizek, P. (2009). The ethics of Google Earth: Crossing thresholds from spatial data to landscape visualisation. *Journal of Environmental Management*, 90(6), 2102–2117. doi:10.1016/j.jenvman.2007.09.012
- Shumaker, R., & Lackey, S. J. (Eds.). (2014). Virtual, Augmented and Mixed Reality. Applications of Virtual and Augmented Reality. *Proceedings of VAMR*, 8526. doi:10.1007/978-3-319-07464-1
- Stocker, S. (2008). Virtuelle Realität. In M. Erlhoff & T. Marshall (Hrsg.), *Wörterbuch Design*. (S. 437–438). Basel: Birkhäuser.

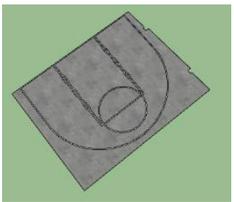
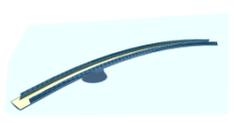
- Strayer, D. L. & Johnston, W. A. (2001). Driven to distraction: dual-task studies of simulated driving and conversing on a cellular telephone. *Psychological Science*, 12, 462–466. doi: 10.1111/1467-9280.00386
- Sutherland, I. E. (1965). The ultimate display. *Proceedings of the IFIP Congress*, 506–508.
- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I*, 757–764. New York: ACM Press.
- Swisstopo (2014). Bundesamt für Landestopografie. URL: <http://www.swisstopo.admin.ch/> [Stand 1.12.2014].
- Tang, A., Owen, C., Biocca, F., & Mou, W. (2003). Comparative effectiveness of augmented reality in object assembly. *Proceedings of the conference on Human factors in computing systems*. (S. 73). New York, New York, USA: ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/642625.642626>.
- Thomas, B., Close, B., Donoghue, J., Squires, J., De Bondi, P., Morris, M., & Piekarski, W. (2000). ARQuake: an outdoor/indoor augmented reality first person application. In *Digest of Papers. Fourth International Symposium on Wearable Computers* (S. 139–146). IEEE Comput. Soc.
- Tress, B., & Tress, G. (2003). Scenario visualisation for participatory landscape planning a study from Denmark. *Landscape and Urban Planning*, 64(3), 161–178. doi:10.1016/S0169-2046(02)00219-0
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: a meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological bulletin*, 117(2), 250. doi: 10.1037/0033-2909.117.2.250
- Wagner, D., & Schmalstieg, D. (2003). First steps towards handheld augmented reality. In *Proceedings of Seventh IEEE International Symposium on Wearable Computers*, 127–135. doi:10.1109/ISWC.2003.1241402
- Walz, A., Gloor, C., Bebi, P., Fischlin, A., Lange, E., Nagel, K. & Allgöwer, B. (2008). Virtuelle Welten – reale Entscheide? Die Alpen im Modellbaukasten. Thematische Synthese zum Forschungsschwerpunkt V «Virtuelle Repräsentation» des Nationalen Forschungsprogramms NFP 48 «Landschaften und Lebensräume der Alpen» des Schweizerischen Nationalfonds SNF. Zürich.
- Wietzel, I. (2007). Methodische Anforderungen zur Qualifizierung der Stadtplanung für innerstädtisches Wohnen durch Mixed Reality-Techniken und immersive Szenarien. Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern.
- Wissen, U. (2007). *Virtuelle Landschaften zur partizipativen Planung - Optimierung von 3D Landschaftsvisualisierungen zur Informationsvermittlung*. Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich.
- Wissen, U., Grêt-Regamey, A. (2010). Virtuelle Landschaften zur partizipativen Planung der Landschaftsentwicklung – Einsatz und Nutzen von 3D Landschaftsvisualisierungen in Planungsworkshops. In *Forum für Wissen 2010: Landschaftsqualität*, WSL, Birmensdorf, Schweiz, S. 59–66.

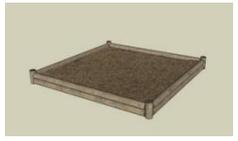
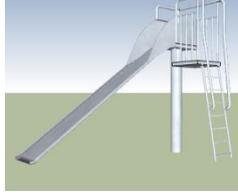
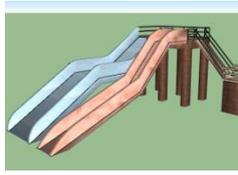
- 
- Wither, J., Tsai, Y.-T., & Azuma, R. (2011). Indirect augmented reality. *Computers & Graphics*, 35(4), 810–822. doi:10.1016/j.cag.2011.04.010
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A Presence Questionnaire. In *Presence: Teleoperators and virtual environments*,7(3), 225–240. doi: 10.1162/105474698565686
- Woodward, C., Hakkarainen, M., Korkalo, O., Kantonen, T., Aittala, M., Rainio, K., & Kähkönen, K. (2010). Mixed reality for mobile construction site visualization and communication. In *Proc. 10th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR2010)*, Sendai, Japan (S. 35–44).
- Yabuki, N., Furubayashi, S., Hamada, Y., & Fukuda, T. (2012). *Cooperative Design, Visualization, and Engineering*. (Y. Luo, Ed.),7467,(S. 227–230). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-32609-7

# 10 Anhang

## 10.1 Verwendete 3D-Objekte

Tabelle 6: Liste der verwendeten 3D-Objekte

Beschreibung:	Quelle:	Vorschau:
Aussichtsturm	<a href="https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=e38f20a8fb8e3cb26b0edc057fdc54d">https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=e38f20a8fb8e3cb26b0edc057fdc54d</a>	
Basketballfeld und Korb	<a href="https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=b7ae28b745560b623ec7ad443e0ae81e">https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=b7ae28b745560b623ec7ad443e0ae81e</a>	
	<a href="https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=a9ba0f4df3a9a2325d95cade2665cf84">https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=a9ba0f4df3a9a2325d95cade2665cf84</a>	
Bäume und Vegetation	In InfraWorks integriert	
Brücke	<a href="https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=101f4afd6557060be206e1ef550ee310">https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=101f4afd6557060be206e1ef550ee310</a>	
Fahrrad	In InfraWorks integriert	
Gebäude	<a href="https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=ad25960fee0a1b7b53705d0aa94815bd">https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=ad25960fee0a1b7b53705d0aa94815bd</a>	
Sitzbank	<a href="https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=u4e41d404-dbfd-41a8-834d-d558070b4dcb">https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=u4e41d404-dbfd-41a8-834d-d558070b4dcb</a>	
Spielplatz und Sandkasten	<a href="https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=27cc2f9b5d446e3938e5d696d13e1866">https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=27cc2f9b5d446e3938e5d696d13e1866</a>	

	<a href="https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=6821a5768c9f6926ee1cd725a2585b78">https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=6821a5768c9f6926ee1cd725a2585b78</a>	
Springbrunnen	<a href="https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=ed2ad3d93a864eca831c114c620dbfce">https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=ed2ad3d93a864eca831c114c620dbfce</a>	
Strassenbeleuchtung	In InfraWorks integriert	
Wasserrutschen	<a href="https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=97f4c9fad5056d9dd1675be05a03d164">https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=97f4c9fad5056d9dd1675be05a03d164</a>	
	<a href="https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=9c622fa4201ebb4141cefd10ce5d6cc0">https://3dwarehouse.sketchup.com/model.html?id=9c622fa4201ebb4141cefd10ce5d6cc0</a>	

## 10.2 Abhängige Variablen

Aufgabe Nr.	Gemessene Variable
1	Anzahl erkannter Objekte/Objektkategorien
	Benötigte Zeit zum Einprägen
	Subjektiv „Einfachheit“ des Erkennens
	Anzahl gezählter Strassenlampen
	Zeit fürs Zählen
	Empfundene subjektiv „Einfachheit“ des Zählens
2	Höhe Turm
	Zeit fürs Schätzen (Turm)
	Länge und Höhe Gebäude (bei Angabe der Breite)
	Zeit fürs Schätzen (Gebäude)
	Länge Brücke (Vergleich)
	Zeit fürs Schätzen (Brücke)
	Persönliche Präferenz (2D-Plan / benutze Visualisierung)
3	Veränderung erkannt [ja/nein]
	Anzahl Begründungen
	Zeit für Begründung
	Persönliche Präferenz (2D-Plan / benutzte Visualisierung)
4	Gewählte Variante [A/B]
	Anzahl Begründungen
	Zeit für Begründungen
	Anzahl Einwände und Vorschläge
	Zeit für Einwände und Vorschläge
5	Interesse wecken
	Prozesse und Strukturen verstehen
	Helfen Objekte und Orte zu lokalisieren
	Unterstützung zu sachlichen Bewertung
	Helfen ästhetische Bewertung abgeben
	Unterstützung zur emotionalen Bewertung
	Unterstützung zu Teilnahme an Diskussion
	Unterstützung für Ideen zu entwickeln
	Unterstützung bei Auswahl von Alternativen
6	Persönliches Nutzen von AR
	Bereitstellung von Daten/Geräten durch Behörden
	Möglichkeit für direktes Feedback
	Unklarheiten beseitigen
7	Objekte AR, realistisch

---

	VR-Visualisierung, realistisch
	Handhabung Gerät, Einfachheit
	Technische Probleme, Störung
	Umwelteinflüsse, Störung
	Zoom-Funktion, Nützlichkeit
	Immersion, andere Perspektive, Interesse

### 10.3 Resultate Frageblock 1

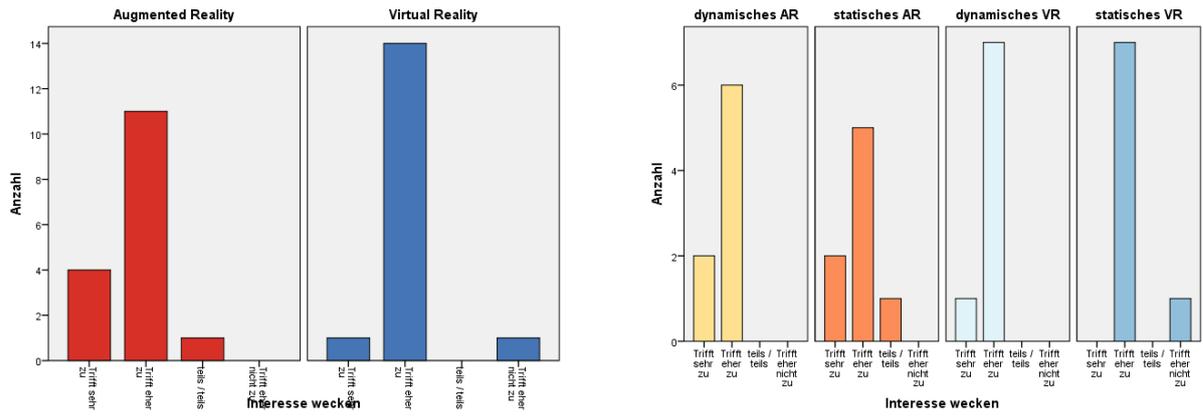


Abbildung 67: Interesse wecken

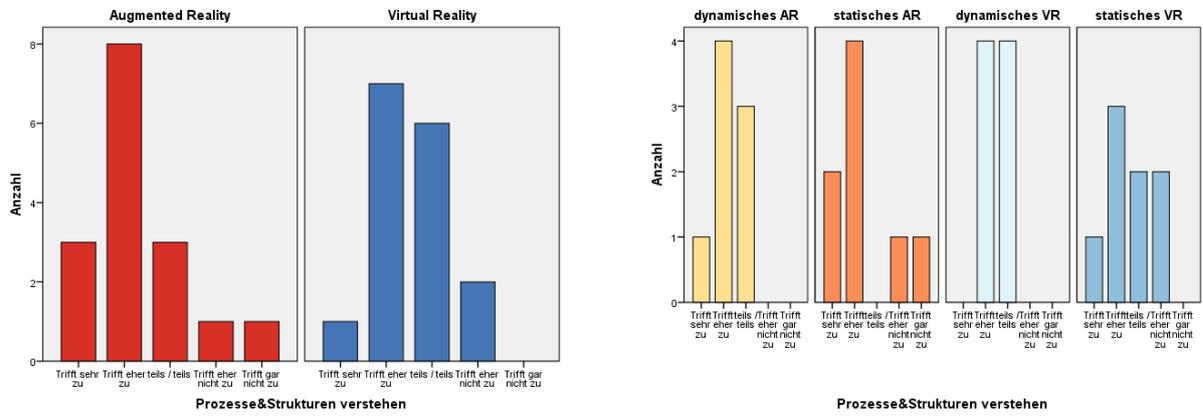


Abbildung 68: Prozesse&Strukturen verstehen

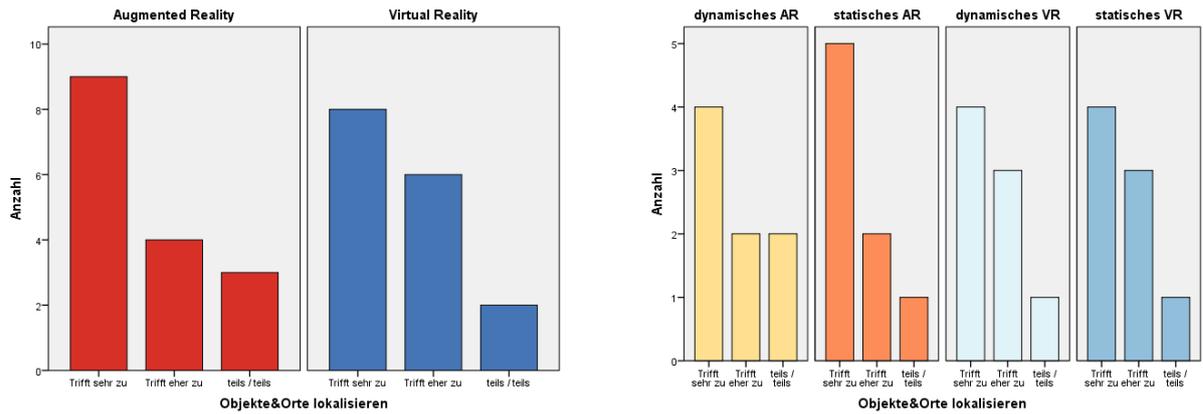


Abbildung 69: Objekte&Orte lokalisieren

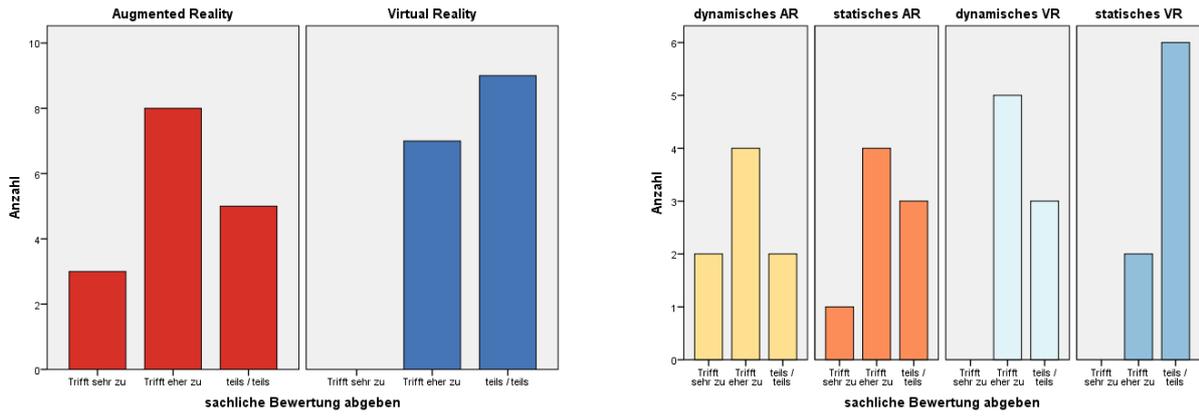


Abbildung 70: Sachliche Bewertung abgeben

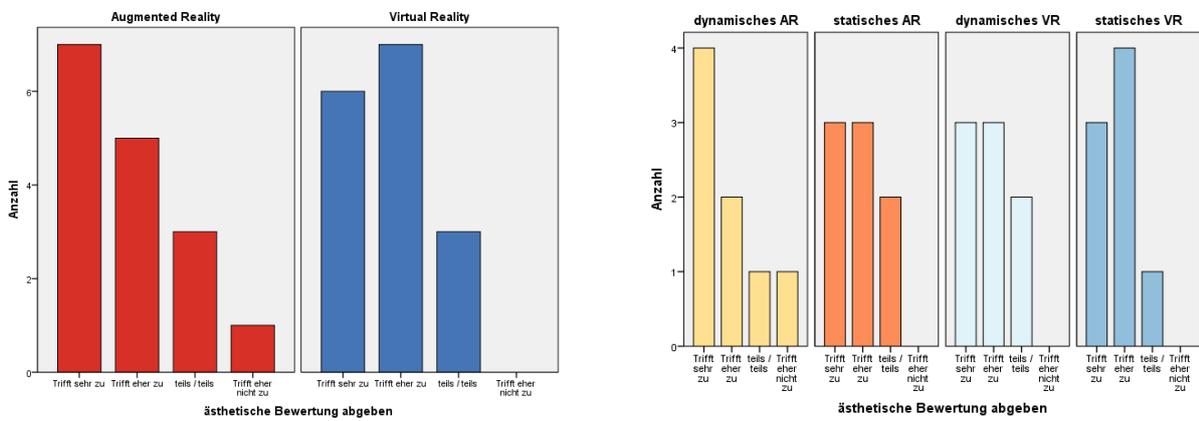


Abbildung 71: Ästhetische Bewertung abgeben

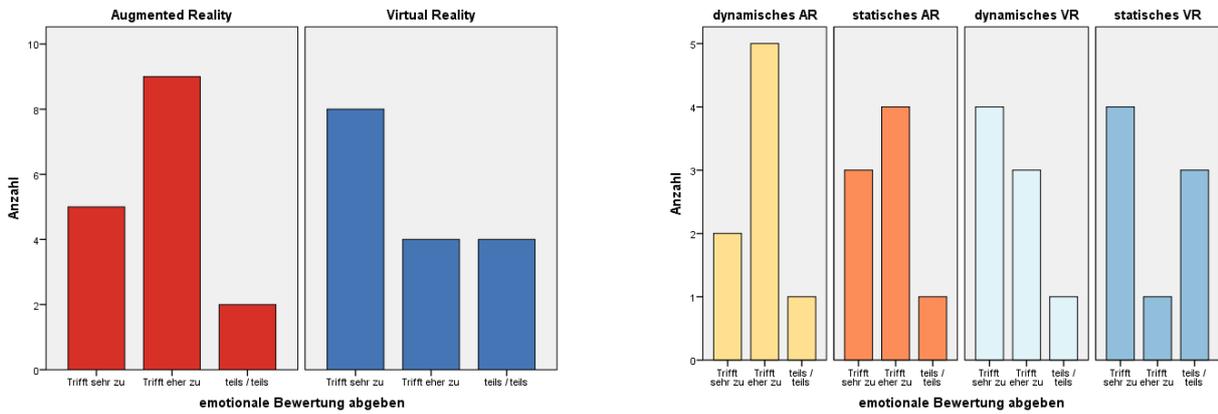


Abbildung 72: Emotionale Bewertung abgeben

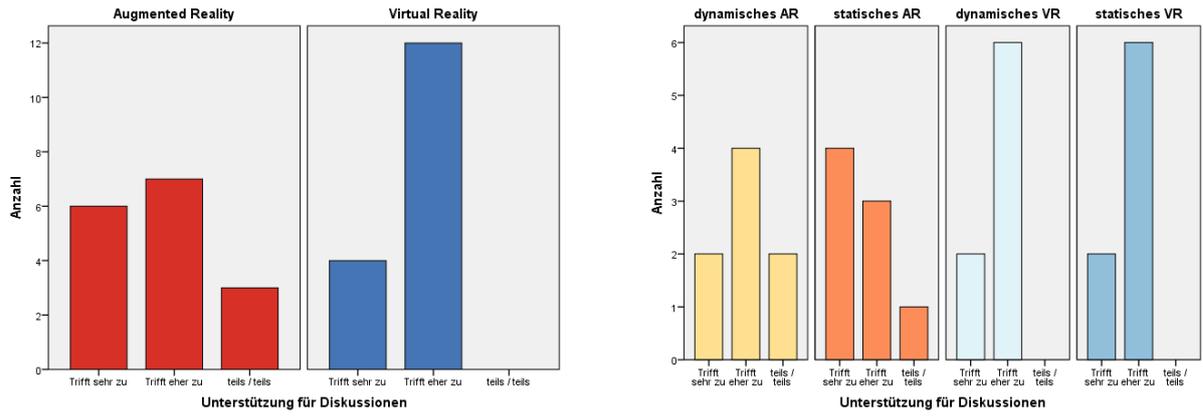


Abbildung 73: Unterstützung für Diskussionen

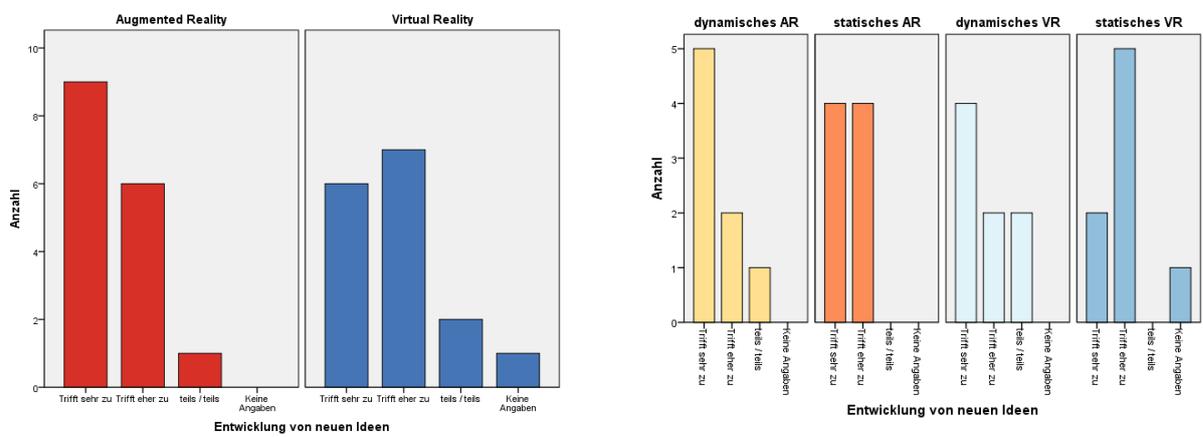


Abbildung 74: Entwicklung von neuen Ideen

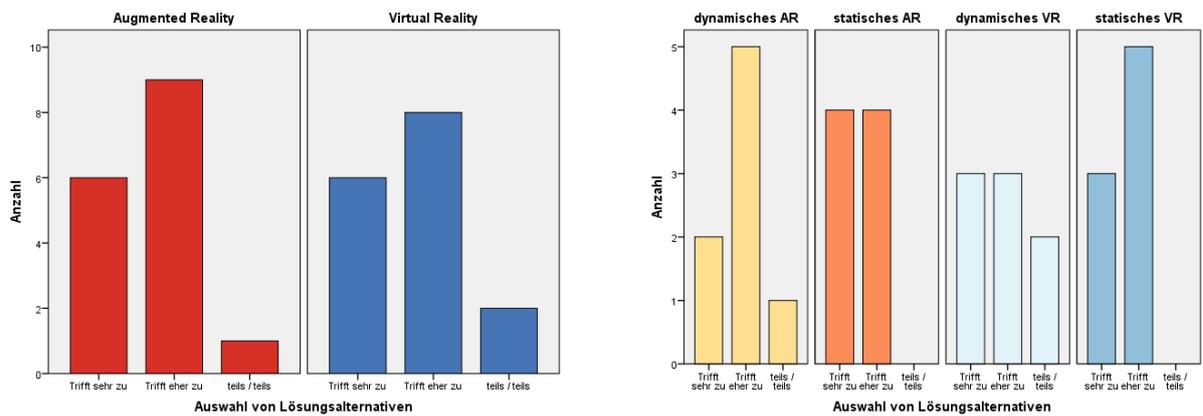


Abbildung 75: Auswahl von Lösungsalternativen

## 10.4 Resultate Frageblock 2

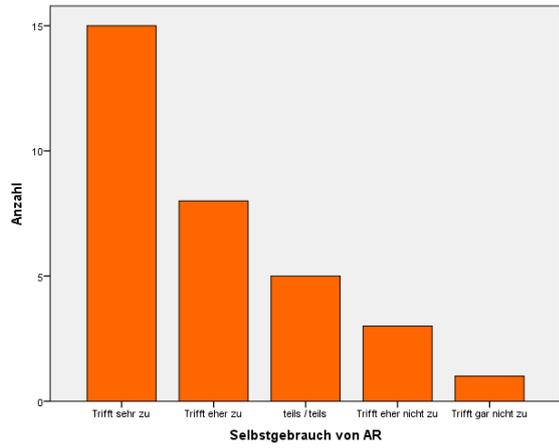


Abbildung 76: Selbstgebrauch von AR

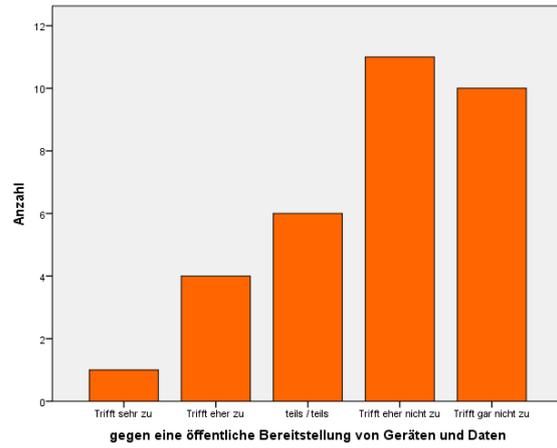


Abbildung 77: Kontra öffentliche Bereitstellung

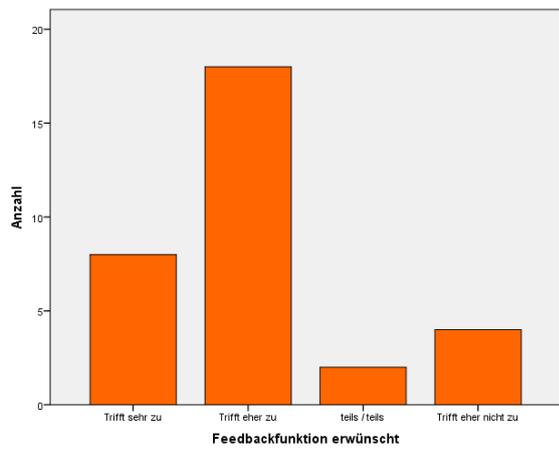


Abbildung 78: Feedbackfunktion

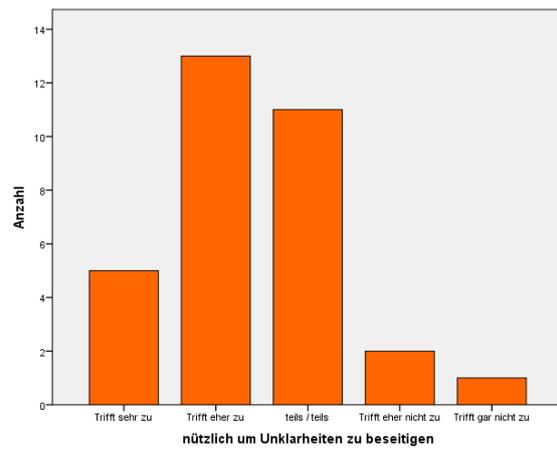


Abbildung 79: Nützlichkeit bei Unklarheiten

### 10.5 Resultate Frageblock 3

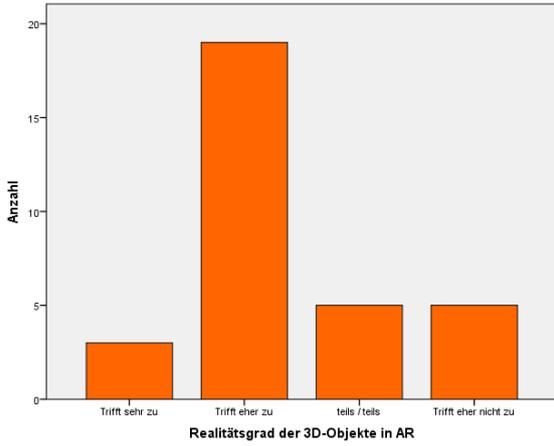


Abbildung 80: Realitätsgrad der 3D-Objekte

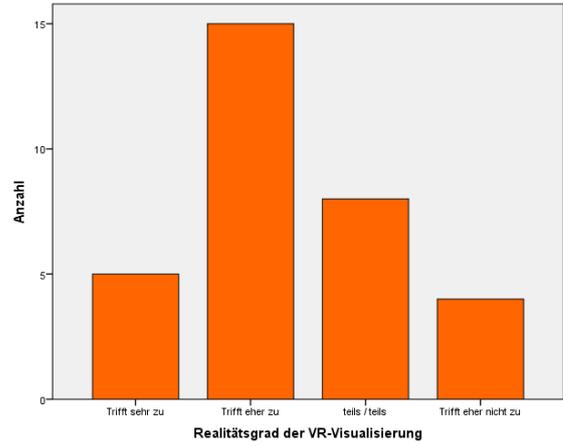


Abbildung 81: Realitätsgrad der VR-Visualisierung

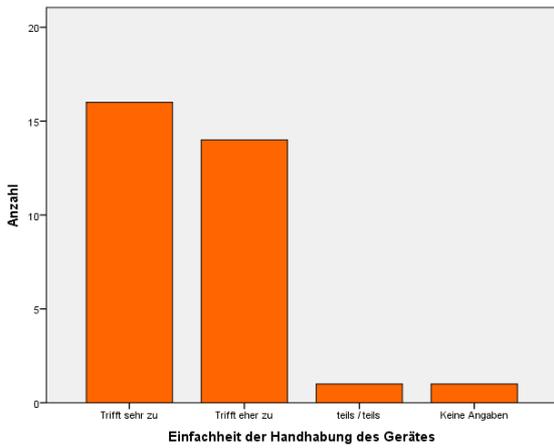


Abbildung 82: Einfachheit Handhabung Gerät

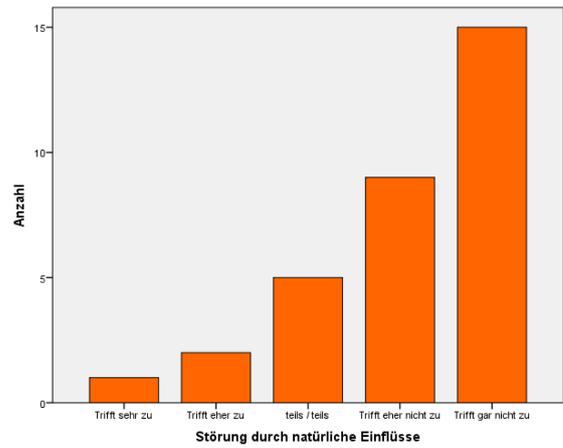


Abbildung 83: Störungen durch natürliche Einflüsse

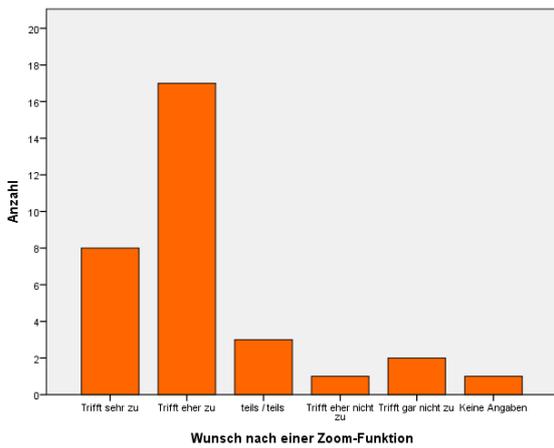


Abbildung 84: Wunsch nach Zoom-Funktion

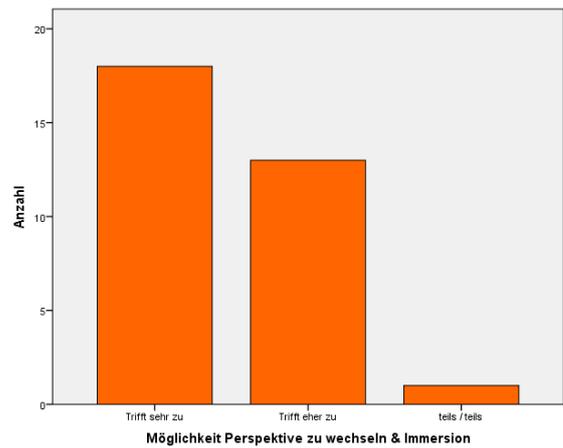


Abbildung 85: Möglichkeit zum Perspektiven wechseln

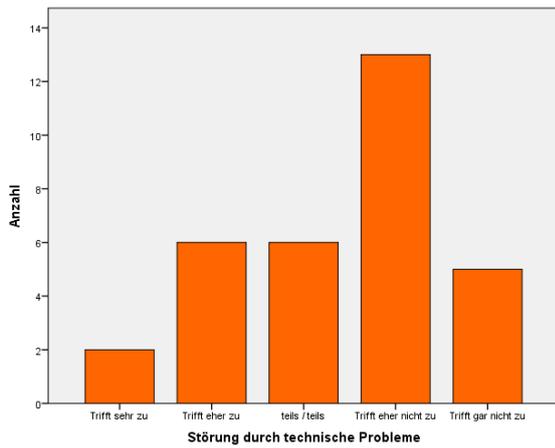


Abbildung 86: Störung durch technische Probleme

## 10.6 Legende zur Wasserqualität

### Wasserqualität:

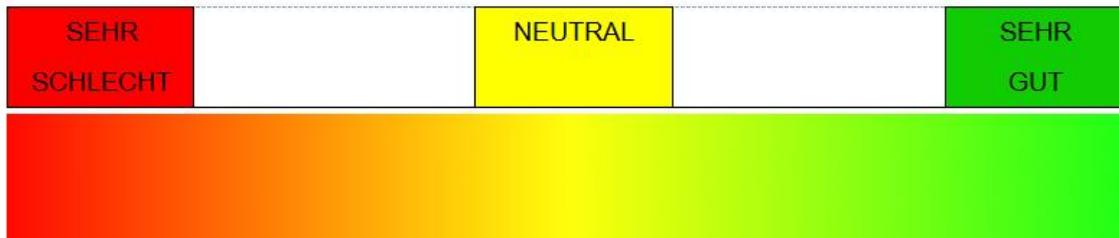


Abbildung 87: Legende zur Wasserqualität

## 10.7 Legende zur Beantwortung der Likert-Fragen

### Skala zur Beantwortung der Fragen:

TRIFFT SEHR ZU	TRIFFT EHER ZU	TEILS/TEILS	TRIFFT EHER NICHT ZU	TRIFFT GAR NICHT ZU	WEISS NICHT
5	4	3	2	1	k.A

Abbildung 88: Legende zur Beantwortung der Likert-Fragen

## 10.8 Fragebogen Teilnehmer

Einsatz von Augmented Reality zur Informationsvermittlung von Landschaftsqualitäten:

Teilnehmernummer:
Uhrzeit und Datum:

3D-Visualisierungen können verschiedene Funktionen in einem Planungsprozess übernehmen. Um zu überprüfen ob deren Anwendungsarten einen Einfluss auf diese Funktionen haben könnten, bitte ich Sie, die untenstehenden Fragen zu beantworten.

Bitte versuchen Sie, die von Ihnen bei der letzten Aufgabe verwendeten Darstellungsart bezüglich dieser Funktionalitäten einzuordnen und Ihre persönliche Einschätzung anzugeben. Wichtig: Stellen Sie sich bitte vor, Sie befinden sich in einem realen Planungsprozess und benutzen diese 3D-Visualisierung z.B. als Entscheidungsunterstützung.

Bitte kreuzen Sie die für Sie zutreffendste Antwort an.

	trifft sehr zu	trifft zu	teils/teils	trifft eher nicht zu	trifft gar nicht zu	weiss nicht
Die benutzte Visualisierungsart kann mein Interesse für ein Planungsprojekt wecken.	<input type="checkbox"/>					
Die benutzte Visualisierung kann mich unterstützen Prozesse und Strukturen in der Umwelt zu verstehen.	<input type="checkbox"/>					
Die benutzte Visualisierung kann mir helfen Objekte und Orte zu lokalisieren.	<input type="checkbox"/>					
Die benutzte Visualisierung kann mich unterstützen zu einer sachlichen Bewertung zu gelangen.	<input type="checkbox"/>					
Die benutzte Visualisierung kann mir helfen eine qualitative (ästhetische) Bewertung der Landschaft vorzunehmen.	<input type="checkbox"/>					
Die benutzte Visualisierung kann mich unterstützen eine emotionale Bewertung abzugeben.	<input type="checkbox"/>					
Die benutzte Visualisierung kann mich unterstützen an einer Diskussion teilzunehmen.	<input type="checkbox"/>					
Die benutzte Visualisierung kann mich unterstützen neue Ideen zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>					
Die benutzte Visualisierung kann mich unterstützen bei der Auswahl von Lösungsalternativen.	<input type="checkbox"/>					

Stellen Sie sich bitte Folgendes vor. Sie verfügten über die technischen Möglichkeiten (Ipad/Tablet/Smartphone etc.) und könnten somit die Funktionalität der Realitätsüberlagerung/-erweiterung persönlich nutzen (wie hier im Experiment).

Weiter würden die planungsrelevanten Daten (z.B. wie hier die vorgestellten Varianten) kostenlos und öffentlich zur Verfügung gestellt (z.B. via Download per Internetseite des Planungsbüros).

Bitte kreuzen Sie die für Sie zutreffendste Antwort an.

	trifft sehr zu	trifft zu	teils/teils	trifft eher nicht zu	trifft gar nicht zu	weiss nicht
Falls ich vom geplanten Inhalt persönlich betroffen oder daran interessiert bin, würde ich mir diese Daten selbständig herunterladen und vor Ort mit einem solchen mobilen Gerät wie hier im Experiment begutachten.	<input type="checkbox"/>					
Ich würde es als unnötig erachten, wenn z.B. die Gemeinde solche Geräte (und Daten) den interessierten Anwohner und Betroffenen von Planungsprojekten zur Verfügung stellen würde.	<input type="checkbox"/>					
Ich würde es begrüßen, wenn es eine Funktion durch das mobile Gerät gäbe, durch das ich ein direktes Feedback oder eine Bewertung zu den Varianten abgeben könnte.	<input type="checkbox"/>					
Ich denke, durch die öffentliche Bereitstellung von solchen technischen Informations-Systemen und Visualisierungen zu Planungsvorhaben, könnte Unklarheiten besser beseitigt werden.	<input type="checkbox"/>					

Einsatz von Augmented Reality zur Informationsvermittlung von Landschaftsqualitäten:

Es folgen nun noch ein paar allgemeine Fragen zum Experiment. Bitte kreuzen Sie die für Sie zutreffendste Antwort an.

	trifft sehr zu	trifft zu	teils/teils	trifft eher nicht zu	trifft gar nicht zu	weiss nicht
Bei der Visualisierung in welcher die Realität überlagert/erweitert wurde, empfand ich die überlagerten 3D-Objekte (z.B. Gebäude) als optisch realistisch.	<input type="checkbox"/>					
Bei der Visualisierung in welcher die Realität <b>nicht</b> überlagert/erweitert wurde, empfand ich die Visualisierung optisch realistisch.	<input type="checkbox"/>					
Die Handhabung des Geräts (iPad) empfand ich als einfach.	<input type="checkbox"/>					
Die technischen Probleme (z.B. Ruckeln, ungenaue Positionierung, etc.) haben mich bei der Benutzung des Geräts <b>gestört</b> .	<input type="checkbox"/>					
Die natürlichen Umwelteinflüsse vor Ort (Helligkeitsveränderungen, Geräusche, Bewegungen, Regen, usw.) haben mich während der Benutzung des Geräts <b>gestört</b> .	<input type="checkbox"/>					
Es wäre nützlich gewesen, wenn ich eine sog. Zoom-Funktion hätten nutzen können um Objekte näher zu betrachten.	<input type="checkbox"/>					
Es wäre interessant gewesen, die Varianten auch von anderen Positionen aus zu sehen, bzw. die Möglichkeit zu nutzen in diese „einzutreten“.	<input type="checkbox"/>					

Zum Abschluss folgen nun einige Fragen zu Ihrer Person. Bitte kreuzen Sie die für Sie zutreffendste Antwort an.

Alter: 10-19  20-29  30-39  40-49  50-59  60+

Geschlecht: Frau  Mann

Tragen Sie eine Brille oder Kontaktlinsen? Ja  Nein  Wenn ja: tragen Sie diese jetzt? Ja  Nein

Hat bei Ihnen jemals ein Spezialist Farbenblindheit festgestellt? Ja  Nein

Höchster Schulabschluss:  Obligatorische Schule  Berufsschule  Mittelschule  Höhere Fachausbildung  Hochschule   
 Berufsmatura  Höhere Berufsausbildung  Fachhochschule

Bitte beurteilen Sie Ihre Vorbildung in den folgenden Kategorien: (1=keinerlei Vorbildung; 5=kompetent, professionell)

Kartographie	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Computergrafik	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Grafische Gestaltung, bildende Kunst	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Benutzeroberflächendesign	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Bitte beurteilen Sie Ihre Erfahrung in der Anwendung folgender Bereiche: (1=keinerlei Erfahrung; 5=alltäglicher Gebrauch)

Grafiken jeder Art (Karten, Diagramme, Fotografien, etc.)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Räumliche Daten jeder Art (Karten, digitale Höhenmodelle, Satellitenbilder, etc.)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Mobiltelefone	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Tablet PC oder Smart Pads (z.B. iPad/Galaxy Tab etc.)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Reale Planungssituationen	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Zusatzfrage: (1= zum ersten Mal; 2= 1-2 mal jährlich; 3= mehrmals im Monat; 4= wöchentlich; 5= fast täglich)

Wie oft besuchen Sie den Irchelpark? (ungefähre Angaben) 1  2  3  4  5

Falls Sie irgendwelche Anmerkungen zum Experiment machen möchten, können Sie das untenstehende Feld benutzen. Danke!



University of Zurich  
UZH

ETH  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



## 10.9 Informationsblatt für Teilnehmer

### Liebe Probandin, lieber Proband

Vielen Dank für Ihr Interesse an meiner Masterarbeit.

Damit ich sicherstellen kann, dass zu Beginn des Experiments alle meine Probandinnen und Probanden dieselben Information erhalten, bitte ich Sie, dieses Blatt aufmerksam durchzulesen und bei Unklarheiten unbedingt nachzufragen.

#### Masterarbeit:

Meine Masterarbeit führe ich an der Universität Zürich im Bereich der Geographie durch (Fachbereich GIVA, räumliche Datenvisualisierung und Analyse) und entsteht in fachlicher Zusammenarbeit mit der ETHZ (PLUS), welches sich mit der Planung von Landschaft und Urbanen Systemen beschäftigt.

#### Forschungsfrage:

Ich möchte mit diesem Arbeit herausfinden, ob und in welchem Masse der Einsatz eines Systems welches Augmented Reality (Überlagerung/Erweiterung der Realität) benutzt, geeignet ist um räumliche Informationen zu vermitteln.

#### Experiment-Dauer:

Das Experiment wird etwa 40 Minuten dauern.

#### Experiment-Inhalt:

In diesem Experiment wird Ihnen ein völlig **fiktives** (Planungs-) Szenario gezeigt werden, welches eine zukünftige Veränderung im Irchelpark aufzeigen soll. Die gezeigten Veränderungen sind also keinesfalls als Real zu betrachten und dienen lediglich zur Überprüfbarkeit meiner Forschungsfragen.

#### Experiment-Ablauf:

Sie werden mittels eines iPads verschiedene Visualisierungen zu sehen bekommen, wobei zu Beginn und/oder am Ende Fragen bzw. kurze Aufgaben gestellt werden. Zwischen den Fragen ist es notwendig, dass ich die neuen Szenarien auf dem Gerät aufrufen muss, was zu kurzen Wartezeiten führen kann.

Als Abschluss des Experiments beantworten Sie einige Frage auf einem Fragebogen.

Sie haben dort auch die Möglichkeit persönliche Anmerkungen zu machen, falls Sie dies wünschen.

#### Experiment-Kontrolle:

Während des Experiments werden Ton- und Videoaufnahmen durchgeführt. Dies soll dazu dienen, mir die Nachkontrolle des Experiments zu ermöglichen. Diese Aufnahmen werden absolut diskret benutzt und nach der Bearbeitung vollständig gelöscht werden. Bitte lesen und unterschreiben Sie auch das Einwilligungsfomular (separates Blatt).

#### Experiment-Ihre Antworten:

Bei der Beantwortung der Fragen gibt es keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte Antworten Sie deshalb völlig frei und ungezwungen.

#### Experiment-Resultate:

Falls Sie an den Resultaten meiner Masterarbeit interessiert sind, können Sie mir ihre Kontaktdaten hinterlassen (auf dem Einwilligungsfomular) und ich werde Ihnen dann diese Informationen zukommen lassen.

BESTEN DANK FÜR IHRE MITARBEIT!!!!

## 10.10 Einwilligungsf formular Teilnehmer

<b>Universität Zürich - Einwilligungsf formular</b>	
<b>Experiment: Einsatz von Augmented Reality zur Informationsvermittlung von Landschaftsqualitäten</b>	
<b>Teilnehmernummer:</b>	
<p><b>Vertraulichkeit der Daten</b></p> <p>Jegliche Information, die während der Studie in Verbindung mit Ihnen gebracht werden kann, wird vertraulich behandelt und nur mit Ihrer ausdrücklichen Erlaubnis an Dritte weitergegeben. Mit Ihrer Unterschrift erlauben Sie uns, die Ergebnisse des Versuchs mehrmals zu publizieren. Dabei werden keinerlei Informationen veröffentlicht, die es ermöglichen, Sie zu identifizieren.</p> <p><b>Abfindung</b></p> <p>Wir bieten keine Entschädigung für die Teilnahme an der Studie an. Auch Kosten, die Ihnen für die Teilnahme an der Studie entstehen, werden nicht erstattet.</p> <p><b>Bekanntgabe der Ergebnisse</b></p> <p>Wenn Sie über die Ergebnisse der Studie auf dem Laufenden gehalten werden möchten, bitten wir Sie, dem Versuchsleiter oder der Versuchsleiterin Ihre Anschrift zu hinterlassen. Eine Kopie der Publikation(en) wird Ihnen daraufhin zugestellt.</p> <p><b>Einwilligung</b></p> <p>Ihre Entscheidung, an der Studie teilzunehmen oder nicht, wird etwaige 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.</p> <p>Sollten Sie Fragen haben, zögern Sie bitte nicht, uns diese zu stellen.</p> <p>Mit Ihrer Unterschrift bestätigen Sie, oben stehende Informationen gelesen und verstanden zu haben und willigen ein, unter den dort beschriebenen Bedingungen am Experiment teilzunehmen.</p> <p>.....</p> <p>Unterschrift des Teilnehmers</p> <p>.....</p> <p>Vor- und Nachname in Blockschrift</p> <p>Zürich den .....</p> <p>Ort / Datum</p>	
<p>.....</p> <p>Unterschrift des Experimentleiters</p> <p><b>Peter Kälin</b></p>	

<b>Feedback Anfrage Formular</b>	
<p>Bitte füllen Sie dieses Formular aus wenn Sie an den Ergebnissen, d.h. Veröffentlichungen dieser Studie interessiert sind. Kontaktmöglichkeit (E-mail Adresse bevorzugt):</p>	

### 10.11 Persönliche Erklärung

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

Zürich, 29.1.2015 \_\_\_\_\_

Ort, Datum, Unterschrift