
Der Einfluss der Avatar-Darstellung auf das Vertrauen und die Effektivität eines Teams in einem Shared-Virtual-Environment

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science

im Studiengang Medientechnologie
an der Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik
der Technischen Hochschule Köln

vorgelegt von: Hannes Hinrichs
Matrikel-Nr.: 11121733
Adresse: Zülpicher Straße 19
50674 Köln
hannes.hinrichs@web.de

eingereicht bei: Prof. Dr. Arnulph Fuhrmann
Zweitgutachter: Prof. Dr. Stefan Grünvogel

24. April 2021

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer oder der Verfasserin/des Verfassers selbst entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht. Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben. Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Ort, Datum

Rechtsverbindliche Unterschrift

Kurzfassung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, herauszufinden, ob unterschiedliche Avatar-Darstellungen einen Einfluss auf das gebildete kognitive Vertrauen und die Effektivität eines Teams besitzen. Die erste Frage dabei ist, ob eine invers-kinematische menschenähnliche Repräsentation oder eine abstrakte nicht menschenähnliche Repräsentation wirkungsvoller ist, um Vertrauen in einem neu gegründeten virtuellen Team zu generieren. Die zweite Frage setzt sich damit auseinander, ob sich das durch die unterschiedlichen Repräsentationen gebildete kognitive Vertrauen auf die Effektivität des virtuellen Teams auswirkt. Um diese Fragen zu beantworten, wurde eine quantitative Studie durchgeführt, bei der verschiedene Teilnehmer in einem Drei-Personen-Team eine kollaborative Aufgabe in einem Shared-Virtual-Environment durchführten. Es konnten dabei keine signifikanten Unterschiede der Effektivität zwischen den Teams mit menschenähnlichen und nicht menschenähnlichen Repräsentationen festgestellt werden. Die Ergebnisse der Studie zeigen zudem, dass in den Drei-Personen-Teams signifikant mehr Vertrauen zu nicht menschenähnlichen Avataren aufgebaut wurde sowie, dass bei dieser Avatardarstellung ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem gebildeten kognitiven Vertrauen und der Teameffektivität besteht. Dies bedeutet, dass die Simplizität eines nicht menschenähnlichen Avatars in einem neu gegründeten Team in einem Shared-Virtual-Environment wirkungsvoll sein kann, um dort eine vertrauensvolle Arbeitsatmosphäre zu schaffen.

Stichwörter Virtual-Reality, Vertrauen, Teamgründung, virtuelles Team, Avatar

Datum 24. April 2021

Abstract

The goal of this work is to find out if different avatar representations have an impact on the formed trust and effectiveness of a team. The first question here is whether an inverse-kinematic human-like representation or an abstract non-human-like representation is more effective in generating trust in a newly formed virtual team. The second question addresses whether the trust formed by the different representations influences the effectiveness of the virtual team. To answer these questions, a quantitative study was conducted in which different participants in a three-person team performed a collaborative task in a shared virtual environment. No significant differences in effectiveness were found between the teams. The results of the study also show that in the threeperson team significantly more trust was built with non humanlike avatars. Furthermore, with non-human-like avatars there was a significant relationship between the cognitive trust formed and teameffectiveness. This means that the simplicity of a non-human-like avatar in a newly formed team in a shared virtual environment can be effective in creating a trusting work atmosphere.

Keywords Virtual-Reality, Trust, Team formation, virtual Team, Avatar

Date 24. April 2021

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Versicherung	I
Kurzfassung	II
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	IX
Einleitung	1
1 Theoretischer Rahmen	4
1.1 Virtuelle Realität	5
1.1.1 Vorbedingungen für Präsenz	5
1.1.2 Illusion der virtuellen Realität	6
1.1.3 Präsenz in der virtuellen Realität	6
1.2 Avatare	8
1.2.1 Repräsentationen von Avataren	8
1.2.2 Vorwärtskinematik vs. inverse Kinematik	9
1.2.3 Einfluss von Avataren	9
1.2.4 Uncanny-Valley	11
1.3 Teams	12
1.3.1 Virtuelle Teams	12
1.3.2 Aufbau eines virtuellen Teams	13
1.3.3 Teameffektivität	14
1.4 Vertrauen	16
1.4.1 Das Konstrukt Vertrauen	16
1.4.2 Vertrauen als Eigenschaft	17
1.4.3 Vertrauen als Zustand	17
1.4.4 Vertrauensaufbau in virtuellen Teams	18
1.5 Versuchshypothesen	21
1.5.1 Das Framework	21
1.5.2 Die Versuchshypothesen	23
2 Vorgehensweise	25
2.1 Methodik	25
2.1.1 Forschungsdesign	25
2.1.2 Datenerhebungsmethoden	25
2.2 Der Versuch	29
2.2.1 Teilnehmerfindung	29
2.2.2 Allgemeiner Versuchsablauf	29
2.2.3 Versuchsaufbau	30
2.2.4 Detaillierter Versuchsablauf	31
2.2.5 Die verwendeten Avatare	31

2.3 Die Versuchsumgebung	35
2.3.1 Technik der Versuchsumgebung	35
2.3.2 Optik der Versuchsumgebung	42
3 Statistische Auswertung	44
3.1 Teilnehmer und Demografie	44
3.2 Auswertung Hypothese 1	47
3.3 Auswertung Hypothese 2	48
3.4 Auswertung Hypothese 3	50
3.5 Auswertung Hypothese 4	53
3.6 Auswertung Hypothese 5	54
3.7 Auswertung subjektiver Daten	59
4 Analyse	67
4.1 Analyse des kognitiven Vertrauens	67
4.2 Analyse der Teameffektivität	67
4.3 Analyse der subjektiven Daten	69
4.4 Analyse der technischen Anforderungen	70
4.5 Zusammenfassung der Analyse	71
5 Diskussion	73
5.1 Vertrauensaufbau und Teameffektivität	73
5.2 Avatar-Konditionen und Präsenz	74
5.3 Schwierigkeit des Experiments	75
5.4 Limitierungen	76
5.5 Ausblick	76
6 Zusammenfassung	78
Anhang	86
A Pre-Questionnaire	86
B Post-Questionnaire - Konditionsabfrage	91
C Post-Questionnaire - Generelles Vertrauen	92
D Post-Questionnaire - Kognitives Vertrauen	96
E Post-Questionnaire - Teamkommunikation	97
F Post-Questionnaire - Team-Effektivität	98
G Post-Questionnaire - NASA-TLX	99
H Post-Questionnaire - IPQ	105
I Post-Questionnaire - Co-Presence	108
J Elektronischer Anhang	113
K Weiteres	114

Abbildungsverzeichnis

1	Vertical and horizontal beeings	8
2	Moving dots	9
3	Der Uncanny-Valley Effekt	11
4	Virtualität eines virtuellen Teams	13
5	Die Hierarchieebenen	21
6	Das Framework der Versuchshypothesen	22
7	Die Podeste der Teilnehmer	30
8	Darstellung des Versuchsablaufs	32
9	Die verwendeten Avatare	32
10	Die Avatare und der Spectatorview	34
11	Der Abschluss einer Runde	34
12	Der Spectatorview	37
13	Funktionalitäten des GameManagers	38
14	RCP-Message Handling	39
15	Update von globalen Variablen	40
16	Der Schwierigkeitsgrad der Runden	41
17	Die Versuchsumgebung von außen	42
18	Altersstruktur, Boxplot des Alters und biologisches Geschlecht der Teilnehmer	44
19	Der Bildungsstand der Teilnehmer	45
20	Die vorhandene VR-Erfahrung der Teilnehmer	45
21	Das Ausmaß der Internetnutzung und des Videospielkonsums der Teilnehmer	46
22	Boxplot der kognitiven Vertrauenswerte der Versuchsteilnehmer	47
23	Mittelwerte und der Standardfehler der kognitiven Vertrauenswerte	47
24	Korrelationen der generellen Vertrauenswerte mit den kognitiven Vertrauenswerten	48
25	Korrelationen der kognitiven Vertrauenswerte der Teams mit der Teameffektivität der Teams	51
26	Boxplot der Teameffektivitätswerte	53
27	Mittelwerte und der Standardfehler der Teameffektivität	53
28	Korrelationen der generellen Vertrauenswerte der Teams mit der Teameffektivität der Teams	55
29	Boxplot der wahrgenommenen Präsenz	59
30	Durchschnittlich wahrgenommene Präsenz der Konditionen	59
31	Boxplot der selbst wahrgenommenen Co-Präsenz	60
32	Durchschnittlich selbst wahrgenommene Co-Präsenz der Konditionen	60
33	Boxplot der selbst wahrgenommenen Co-Präsenz des anderen	60
34	Durchschnittliche wahrgenommene Co-Präsenz des anderen der Konditionen	60
35	Boxplot der wahrgenommenen Telepräsenz	61
36	Durchschnittlich wahrgenommene Telepräsenz	61
37	Boxplot der gespürten sozialen Präsenz	61
38	Durchschnittliche soziale Präsenz	61
39	Boxplot der empfundenen Arbeitsbelastung	62
40	Durchschnittlich empfundene Arbeitsbelastung	62

41	Boxplot der Team-Kommunikation	62
42	Durchschnittliche Team-Kommunikation	62
43	Boxplot der wahrgenommenen Teameffektivität	63
44	Durchschnittlich wahrgenommene Teameffektivität	63
45	Spearman-Korrelation kog. Vert. NIK und wahrg. Teameffektivität NIK	64
46	Spearman-Korrelationen kog. Vertrauen NIK und Team-Kommunikation NIK	64
47	Kriterien für virtuelle Teams	114

Tabellenverzeichnis

1	Verwendete Metriken des Fragbogens	28
2	Individuelles kognitives Vertrauen und erfolgreich abgeschlossene Runden	52
3	Individuelles generelles Vertrauen und erfolgreich abgeschlossene Runden	56
4	Übersicht zur Auswertung der Hypothesen 1 - 3	57
5	Übersicht zur Auswertung der Hypothesen 4 - 5	58
6	Signifikante Unterschiede der subjektiven Daten	63
7	Gemessene Variablen - Mittelwerte, Standardabweichungen (Teil 1)	65
8	Gemessene Variablen - Mittelwerte, Standardabweichungen (Teil 2)	66
9	Annahme und Ablehnung der Hypothesen	72

Abkürzungsverzeichnis

HMD	Head-Mounted-Display
SVE	Shared-Virtual-Environment
VR	Virtual-Reality
IK (menschenähnlich)	invers-kinematischer Avatar
NIK (nicht menschenähnlich)	nicht-invers-kinematischer Avatar

Einleitung

Mit voranschreitender technologischer Entwicklung rückt die digitale Kommunikation immer mehr in den Mittelpunkt. Unternehmen weltweit setzen schon seit langem darauf, räumliche und zeitliche Grenzen zu überwinden. Begonnen mit der Implementierung eines Telegrafennetzes in den 1840er Jahren, über das Telefon in den 1870er Jahren, bis hin zur E-Mail 1970 und dem World Wide Web einige Jahre später, ist seit den 1990er Jahren die Kommunikation mittels Computer nicht mehr wegzudenken. Der Computer steht in jedem Büro, in nahezu jedem Haushalt. Chats, E-Mails, das World Wide Web sowie Video- und Sprachkommunikation sind zu Standartkommunikationsmitteln der heutigen Zeit geworden [TLT04, p. 14-16].

Neue Generationen von sozialen Netzwerksystemen werden unter der Prämisse erstellt, die Kommunikation zu entfernten Personen zu verbessern. Einsatzfelder sind beispielsweise die *Mobil- und Internettelefonie*, die *FOIP/VOIP-Telefonkonferenzen* oder die *sozialen virtuellen 3D- Umgebungen*. All diese Technologien teilen dasselbe Ziel:

"Die Verbesserung der *sozialen Präsenz*, sodass der Nutzer das Gefühl hat zu einem gewissen Grad Einblicke in die kognitiven und affektiven Zustände des anderen zu haben" [BH02] [BN01, S. 407–447].

Zusammenarbeit zwischen entfernten Personen wird heute immer wichtiger für die Effizienz von Unternehmen. Mitarbeiter befinden sich sehr häufig nicht am selben Ort, wobei sich viele Unternehmen trotzdem eine effektive Gestaltung ihrer Teams wünschen [JL98, S. 791-792]. *Virtuelle Teams* können hierbei Abhilfe schaffen.

Erst seit ungefähr 10-15 Jahren sind *virtuelle Teams* in den Fokus von Unternehmen gerückt und in deren Alltag eingezogen [Gil+15].

Vor der Corona-Pandemie, im 2. Quartal 2020, haben 4% aller Angestellten in Deutschland im Homeoffice gearbeitet. Dieser Anteil ist im Laufe des Jahres - Stand 01.01.2021 - auf 24% gestiegen und es könnten theoretisch 80% der Belegschaften von zu Hause arbeiten [sta20]. Durch diese Entwicklung mussten sich Unternehmen zwangsläufig mit der Funktionsweise von virtuellen Teams beschäftigen.

Trifft sich ein virtuelles Team in einer Virtual-Reality (VR), können Avatare¹ zur Repräsentation des eigenen Individuums eingesetzt werden. Durch diese wird mit anderen Teilnehmern des Shared-Virtual-Environment (SVE)² interagiert und kommuniziert.

Virtual Reality VR hat in den letzten Jahren aufgrund von verbesserter Technologie und sinkenden Kosten an Bedeutung gewonnen. Verschiedene Felder, wie die Medizin, die Wirtschaft, das Training oder die Industrie greifen auf diese Technologie zurück. Das Voranschreiten der VR Forschung ist aufgrund von wachsendem Interesse von großer Bedeutung.

Vertrauensbildung sowie das gesamte Konstrukt von Vertrauen sind in vielen Forschungsbereichen eine wichtige Grundlage. Diese wurden im Zusammenhang mit der VR in den letzten Jahren jedoch wenig untersucht.

Diese Arbeit zielt darauf ab, das Konstrukt *Vertrauen* in der virtuellen Welt besser zu verstehen und mit diesem umzugehen. Dafür wurde eine Studie der Technischen Hochschule zu Köln durchgeführt, die den Zusammenhang zwischen der Vertrauensbildung und der Teameffektivität

¹Grafikfigur, die die Onlinerepräsentation eines Nutzers in einer virtuellen Umgebung darstellt [Nei10, S. 196].

²Raum in der VR, der eine kollaborative Arbeitsweise ermöglicht

in einem Team mit einem menschenähnlichen Avatar und einem nicht-menschenähnlichen Avatar untersucht.

Die Bedeutung von SVEs für Teamarbeit Um ein gutes Arbeitsklima für zukünftige Zusammenarbeit in einem Team zu schaffen, ist die Anfangsphase einer Teamgründung von großer Bedeutung. In dieser Zeit werden wichtige richtungsweisende Grundsteine gelegt, die den Erfolg oder Misserfolg eines Teams bestimmen können. Charakterzüge der Mitglieder werden kennengelernt und es werden Beziehungen untereinander aufgebaut.

Viele Unternehmen setzen bedingt durch die Globalisierung auf geografisch getrennte Teams, um Aufgaben effizient zu bearbeiten. Die Teamgründung in einem räumlich getrennten Team spielt eine ebenso große Rolle wie in einem Team, das die Möglichkeit hat, sich in Persona kennenzulernen.

Virtuelle Teams sind oftmals nur von kurzer Lebensdauer, was einen Defizit in dem gebildeten Vertrauen zu den Teammitgliedern mit sich bringt [WB00]. In einem räumlich getrennten Team zu arbeiten, das sich gegenseitig nicht vertraut oder nicht richtig zusammenarbeitet, hemmt dessen Performance [Hua+98, S. 98-107] [Tur+93, S. 399-417]. Heutzutage ist es möglich, dass sich viele Personen gleichzeitig in einem SVE befinden. Dadurch können auch Teams gegründet werden, wenn sich diese räumlich getrennt voneinander befinden. Die Repräsentation eines Individuums innerhalb eines SVEs kann sich dabei von SVE zu SVE unterscheiden.

Ziele der Arbeit Es gilt herauszufinden, welche Art von Repräsentation in einem SVE, während der Neugründung eines virtuellen Teams, mehr zwischenmenschliches Vertrauen aufbaut. Es wird ein Fokus auf die beiden Konditionen invers-kinematischer Avatar (IK (menschenähnlich)) sowie nicht-invers-kinematischer Avatar (NIK (nicht menschenähnlich)) gelegt, um zu analysieren, ob es einen Zusammenhang zwischen dem gebildeten *kognitiven Vertrauen* im Team und der *Teameffektivität* bei unterschiedlichen Repräsentationsarten des Avatars während der erstmaligen Zusammenarbeit gibt. Zudem wird sich auf den *generellen Hang zum Vertrauen* der einzelnen Versuchsteilnehmer konzentriert, um zu untersuchen, ob der *generelle Hang zum Vertrauen* einen Einfluss auf die *Teameffektivität* und das *kognitive Vertrauen* im Hinblick auf die unterschiedlichen Konditionen besitzt. Dazu bestreitet ein Drei-Personen-Team, dessen Mitglieder sich nicht kennen, in einem SVE eine kooperative Aufgabe.

Der Titel der Masterarbeit kann somit in zwei Fragestellungen aufgeteilt werden:

- Ist die Avatar-Kondition IK (menschenähnlich) oder die Avatar-Kondition NIK (nicht menschenähnlich) effektiver, um Vertrauen in einem SVE zu bilden?
- Wirkt sich das gebildete Vertrauen der verschiedenen Avatar-Konditionen auf die Effektivität eines virtuellen Teams aus?

Durch diese Forschung soll es einfacher möglich sein, eine Entscheidung über die Repräsentation eines Avatars in einem SVE zu treffen, um die Zusammenarbeit eines virtuellen Teams über VR effektiver zu gestalten. Es werden verschiedene Hypothesen aufgestellt, anhand derer es möglich ist, das kognitive Vertrauen in das Team, den generellen Hang zum Vertrauen einer Person, die *Teameffektivität* und deren Wechselwirkungen zu analysieren.

Aus diesem Grund ist die Arbeit dem Gebiet der virtuellen Realität und Sozialpsychologie zuzuordnen, speziell dem der virtuellen Teams in der virtuellen Realität. In diesem Bereich gibt es noch nicht viel Literatur, weshalb eine zeitgemäße Betrachtung und Analyse der Kombination von virtueller Realität und Sozialpsychologie als sinnvoll erachtet wird.

Die vorliegende Arbeit kann in drei Teilbereiche aufgegliedert werden: Der theoretische Rahmen der Arbeit (*Kapitel 1*), die Versuchshypothesen die sich aus den Inhalten des vorherigen Kapitels ergeben (*Kapitel 2*) sowie die *Kapitel 3-6*, in denen die im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführte Studie und ihre Ergebnisse vorgestellt werden.

In *Kapitel 1* werden die theoretischen Grundlagen zur Beantwortung der vorherig beschriebenen Fragen dargestellt. Es wird sich explizit mit der virtuellen Realität, den Avataren in der virtuellen Realität, mit Vertrauen und mit Teams beschäftigt. Anschließend werden anhand der theoretischen Grundlagen verschiedene Versuchshypothesen sowie ein Forschungsdesign aufgestellt, anhand dessen der Einfluss der Avatare auf das Vertrauen sowie die Effektivität analysiert werden kann. Das folgende *Kapitel 2* beschreibt das durchgeführte Experiment, die Anforderungen an die Versuchsumgebung sowie die Methodik, um die vorher aufgestellten Hypothesen überprüfen zu können. In *Kapitel 3* werden die aus dem Experiment gewonnenen Daten statistisch ausgewertet und in *Kapitel 4* analysiert. Es folgen eine Diskussion und eine Zusammenfassung in *Kapitel 5* und *Kapitel 6*.

1 Theoretischer Rahmen

In diesem Kapitel werden die einzelnen Teilbereiche *Virtual-Reality*, *Avatare*, *Vertrauen* und *Teamwork* erläutert. Zunächst sollten jedoch die Begrifflichkeiten *Effizienz* und *Effektivität* voneinander abgegrenzt werden.

Effektivität Bei der *Effektivität* geht es darum, die Dinge zu tun, die jemanden dem Ziel näher bringen. Somit arbeitet ein Team effektiv, wenn es die richtigen Maßnahmen ergreift, um dem zu erreichenden Ziel näher zu kommen.

$$\text{Effektivität} = \frac{\text{Ergebnis}}{\text{Ziel}}$$

Ein Team ist effektiv, wenn es sich nur durch ein Telefon unterhält, da eine Kommunikation mit den anderen Teammitgliedern stattfindet. Das Team ist jedoch auch effektiv, wenn es sich mit den anderen Teammitgliedern in Persona trifft. *Effektivität* beschreibt somit das Ausmaß der Erreichung angestrebter Ergebnisse, Ziele und Zwecke. Der Grad der Wirksamkeit kann bei der *Effektivität* somit immer berücksichtigt werden [EM05].

Effizienz Bei der *Effizienz* geht es darum, sein Handeln so zu optimieren, dass ein Ziel möglichst schnell und mit möglichst geringem Aufwand erreicht wird. Die Wirtschaftlichkeit steht bei der *Effizienz* im Vordergrund. Ergebnis und eingesetzte Mittel müssen dabei immer in einem möglichst günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis stehen [EM05].

$$\text{Effizienz} = \frac{\text{Ergebnis}}{\text{Aufwand}}$$

Ein Team eines Unternehmens, dass sich nur über das Telefon unterhält, obwohl diese im selben Gebäude sitzen, ist nicht effizient, da es sich auch in Persona treffen kann. Der wirtschaftliche Aspekt (z.B. der Telefonkosten) muss mit eingerechnet werden. Somit wäre es günstiger (*effizienter*), sich in Persona zu treffen.

Effektivität beschreibt Mittel und Wege zur Erreichung der *Effizienz*.

1.1 Virtuelle Realität

Die Virtual-Reality (VR) ist eine Realität, die durch den Computer, einen geschriebenen Computercode sowie erstellte 3D-Welten abgebildet und zum Leben erweckt wird. Dabei spielt der Nutzer, das umschließende Erlebnis sowie die Interaktivität in der VR eine zentrale Rolle [SC18, S. 6-12]. Seit vielen Jahren sind SVEs Forschungsgrundlage der virtuellen Realität. Siehe [SDS11] [Ste+99] und [DL+11].

SVEs bieten dabei die Möglichkeit, geographisch getrennte Personen in einer virtuellen Umgebung zu verbinden. Dadurch wird den Nutzern der virtuellen Realität die Möglichkeit gegeben, durch einen Avatar miteinander zu kommunizieren und zu interagieren [Pet+99, S. 1-3]. Eine grundlegende und frühe Übersicht der Anwendungsgebiete eines SVE wurde von Waters et. al. [WB97] dargestellt. Die dort aufgeführten Anwendungsgebiete haben sich aufgrund der voranschreitenden Technologie weiterentwickelt und reichen heute von der Medizintechnik über die Architektur bis hin zur Lernsimulation. Zur Durchführung und zur Datenerhebung dieser Studie wurde ein SVE entwickelt, welches den Nutzern einen *Hand- und Kopf getrackten Avatar* (NIK (nicht menschenähnlich)) oder einen *Hand-, Kopf getrackten Avatar mit invers-kinematisch dargestelltem Torso und Armen* (IK (menschenähnlich)), zur Verfügung stellt. Innerhalb des SVE können sich die Nutzer frei bewegen, andere Avatare wahrnehmen und mit diesen interagieren.

1.1.1 Vorbedingungen für Präsenz

Um die bestmögliche *Immersion*³ in einer VR zu erreichen, wird eine Schnittstelle zur Interaktion zwischen den Sinnen und der Außenwelt benötigt. Dies kann ein Head-Mounted-Display (HMD) sein, welches ein computergeneriertes Bild erzeugt, durch das die VR wahrgenommen wird. Darüber hinaus muss das HMD in der Lage sein, den Kopf des Benutzers frei im Raum zu verfolgen und die gewonnenen Positionsdaten auf die VR abzubilden. Optimalerweise werden Controller benötigt, durch deren Einsatz es möglich ist, auch die Handbewegungen der realen Personen zu verfolgen. Durch die gewonnenen Positionsdaten kann die Position der Hände des Nutzers in der VR dargestellt werden. Das HMD, die Controller, eventuelle zusätzliche Körpertracker, Kopfhörer, eventuell wahrgenommener Geruch etc. definieren, zu welchem Ausmaß Sinnesmodalitäten in der VR angesprochen werden. Der Grad der Immersion hängt somit direkt mit der Anzahl der angesprochenen Sinnesmodalitäten zusammen. Je mehr Sinnesmodalitäten gleichzeitig angesprochen werden, desto mehr ist der Wahrnehmungsapparat in der Lage, die virtuelle Umgebung auf die reale Welt abzubilden [Bio92].

Somit lässt sich sagen, dass die Voraussetzungen für *Präsenz* in der VR die Korrelation zwischen den Sinneseindrücken, der Propriozeption⁴ und dem Grad der wahrgenommenen Realität der Illusion, sich in einem stabilen räumlichen Ort zu befinden, darstellt. Sind diese Voraussetzungen gegeben, kann der Nutzer einen plausiblen Vergleich zwischen realen sensorischen und virtuellen, durch Illusion erzeugten Daten aufstellen [Sla+09].

³Vollständige Immersion beschreibt den Zustand eines Nutzers, so stark in der virtuellen 3D-Welt eingetaucht zu sein, dass dieser die virtuelle 3D-Welt als *real* ansieht [Bio92].

⁴Die Wahrnehmung des eigenen Körpers nach dessen Lage im Raum [HS13, S. 23].

1.1.2 Illusion der virtuellen Realität

Das Voranschreiten der Technologie ermöglicht es, uns nicht mehr nur auf soziale Interaktionen mit physisch anwesenden Personen zu beschränken, sondern erweitert diese auch auf Repräsentationen geschaffen aus Pixeln, auf die E-Mails, auf den Film oder auf das Telefon. Je nachdem, wie stark diese Repräsentation von uns wahrgenommen wird, schafft sie es, starke Emotionen in uns auszulösen [BH02, S. 4-6].

Der Begriff *Präsenz* ist nicht genau definiert. Am ehesten trifft die Beschreibung zu, dass *Präsenz* das subjektive Empfinden beschreibt, an einem anderen Platz zu sein, obwohl man physikalisch eigentlich woanders ist [WS98, S. 1].

Nimmt eine Person eine andere Person in einer VR als präsent wahr, wird das Nervensystem in einen Zustand gebracht, der einem realen Zustand gleicht. Obwohl die betroffene Person weiß, dass sie sich nicht in einer realen Lebenssituation befindet, wird sie dazu neigen, sich so zu verhalten, als ob sie in einer realen Lebenssituation ist und ähnliche Gedanken und Gefühle haben [Sla03].

Diesbezüglich kann *Präsenz* als eine Art von Illusion angesehen werden, da die erzeugten Stimuli in der VR, wie in der realen Welt, auch unsere Rezeptoren anregen.

Somit lässt sich *Präsenz* in der VR in 4 verschiedene Teilbereiche unterteilen:

- **Die Illusion, sich an einem stabilen räumlichen Ort zu befinden**, ist der wichtigste Aspekt, um *Präsenz* zu erzeugen. Alle Stimuli zur räumlichen Wahrnehmung sollten sich möglichst wie in der realen Welt verhalten. Zum Beispiel sollten Restriktionen des *Field-of-View*⁵ sowie Kabel am HMD vermieden werden [Jer15, S. 47].
- **Die Illusion der Selbstverkörperung** beschreibt das Gefühl, einen Körper in der virtuellen Umgebung zu haben. Studien fanden heraus, dass durch einen virtuellen Körper die *Präsenz* in der VR stark steigt, da sich der Mensch sein Leben lang an einen (seinen) Körper gewöhnt hat [BC98, S. 756]. Der virtuelle Körper muss unserem eigenen dabei nicht ähneln [Max60, S. 7].
- **Die Illusion von körperlichen Interaktionen** beschreibt beispielsweise das Vorhandensein von Audio-Feedback, die Vibration des Controllers während etwas aufgehoben wird oder visuelle Highlights. Der Nutzer hat dadurch das Gefühl, mit der VR zu interagieren. Diese Kleinigkeiten tragen eine große Menge dazu bei, *Präsenz* in der VR zu steigern [Jer15, S. 48].
- **Die Illusion von sozialer Kommunikation** *Soziale Präsenz* beschreibt das Gefühl, real mit jemandem in einem SVE zu kommunizieren. Dabei ist es irrelevant, ob der Kommunikationspartner menschlich oder nicht menschlich ist. Sei es verbal oder durch Körpersprache. Je mehr die Kommunikationspartner sich so verhalten, als ob die virtuelle Welt real wäre, desto mehr steigt auch die *soziale Präsenz* [Jer15, S. 49] [Gua+07, S. 12].

1.1.3 Präsenz in der virtuellen Realität

Wenn Personen sich zusammen in der VR befinden und sich gegenseitig wahrnehmen, wird dieses Gefühl als *Co-Präsenz* bzw. *soziale Präsenz* bezeichnet. Aber auch die *Telepräsenz* und die

⁵Sichtfeld

Selbstpräsenz tragen einen wichtigen Teil zum Aufbau und Erhalt von Immersion bei [Sch+01].

Co-Präsenz bezeichnet das Gefühl, mit einer anderen Person in Verbindung zu stehen. Die Anwesenheit der anderen Person in der VR wird gespürt und es wird wahrgenommen, dass die andere Person ebenfalls spürt, dass man selbst in der VR anwesend ist. Co-Präsenz kann dementsprechend als eine psychologische Verbindung *zu und mit* dem anderem charakterisiert werden [IFDR01, S. 179–182].

Fühlt sich ein Nutzer der VR *innerhalb* des Mediums VR, so wird dies als *Telepräsenz* bezeichnet. *Telepräsenz* bezeichnet das Gefühl „da zu sein“. Je höher das Level wahrgenommener *Telepräsenz* ist, desto weniger fühlt sich der Nutzer an dem Ort seines physikalischen Körpers und mehr an einem anderen Ort [NB03, S. 482]. Es beschreibt die Illusion, an einem anderen, weit entfernten, realen Platz zu sein. Der Begriff *Telepräsenz* wird seit Bioccas Forschungen [Bio99, p.12] im VR-spezifischen Sprachgebrauch als die Illusion des „being there“ oder einfach als *Präsenz* bezeichnet.

Der Begriff der *sozialen Präsenz* beschreibt, wie stark ein Nutzer eine Person, mit der dieser nur mittels Kommunikationstechnologie kommuniziert, als „real“ wahrnimmt. *Soziale Präsenz* wird dabei auf die Kommunikationstechnologie an sich bezogen. Je mehr *soziale Präsenz* vorhanden ist, desto besser ist ein Kommunikationsmittel geeignet, um Informationen über den Interaktionspartner zu vermitteln. So erzeugt ein Videochat durch die zusätzliche Übertragung eines Videos mehr *soziale Präsenz* als eine telefonische Kommunikation [Gun95, S. 151]. Es wird davon ausgegangen, dass ein SVE mehr soziale Präsenz erweckt als beispielsweise eine E-Mail. Es wird damit begründet, dass ein SVE die Eigenschaften und Interaktionen des anderen besser einfängt und darstellt. Je mehr Eigenschaften einer Person dargestellt werden können, desto höher ist der wahrgenommene Realitätsgrad des anderen [BH02, S. 5-8].

Selbstpräsenz in der VR leitet sich von der realen Wahrnehmung über unseren eigenen Körper im täglichen Leben ab. Das Gefühl der realen *Selbstpräsenz* kann auf den virtuellen Raum übertragen werden, wenn die Person in der VR durch einen Avatar repräsentiert wird. Die *Selbstpräsenz* ist hoch, wenn ein Nutzer der VR keinen Unterschied zwischen sich und seiner digitalen Repräsentation wahrnimmt [Sch10, S. 439].

Somit reicht das gesamte Kontinuum der *Präsenz* von der räumlichen Komponente bis hin zur starken psychologischen Beteiligung. Stärker wahrgenommene *Präsenz* führt dazu, dass die Person sich mehr in der VR engagieren kann [Bio+01].

Um Vertrauen optimal aufbauen zu können, sollte das gesamte SVE so nahe an der Realität wie möglich aufgebaut sein. Diesbezüglich beschäftigt sich diese Arbeit mit nahezu allen Arten der hier genannten *Präsenz*.

1.2 Avatare

In der virtuellen Realität kann der Nutzer durch einen Avatar⁶ mit anderen Nutzern der virtuellen Realität interagieren und kommunizieren. In SVEs ist es möglich, die text- oder bildbasierte Kommunikation durch Gestikulation eines Avatars zu ersetzen. Durch diesen zusätzlichen visuellen Aspekt ist eine neue Art und Weise der Kommunikation und Interaktion möglich [Has+03, S. 81]. Dabei kann ein Avatar die verschiedensten Darstellungen annehmen.

1.2.1 Repräsentationen von Avataren

Das menschliche Gehirn ist in der Lage, computergenerierte Darstellungen in *lebend* und *nicht lebend* zu kategorisieren. Studien gehen davon aus, dass das menschliche Gehirn semantische Unterschiede im Zusammenhang mit der *Sozialen Präsenz* feststellen kann. So kann eine menschenähnliche Form als biologisch oder nicht-lebend erkannt werden. In der VR hilft ein Avatar dabei, die andere Person zu lokalisieren, sie wahrzunehmen und zu verstehen, mit wem oder was die Person aktuell interagiert [PS17].

In *Abbildung 1* ist zu erkennen, dass eine menschenähnliche, vertikale-bilateral-symmetrische Repräsentation mehr *Co-Präsenz* erweckt als die horizontale-bilateral-symmetrische Repräsentation [TM98, S. 546-551]. Vertikale-bilaterale Symmetrie wird mit der körperlichen Gesundheit eines Menschen in Verbindung gebracht. Sogar Weibchen verschiedener Spezies neigen dazu, Partner mit einem höheren Grad an bilateraler Symmetrie für die Fortpflanzung auszuwählen [Rho+98, S. 659–669] [BH02] [GT94, S. 233–242].

Schon sich nur bewegende Punkte können bereits als intelligente Wesen wahrgenommen werden. Johansson [Joh75, S. 76-89] führte eine Studie durch, in der die Teilnehmer dreizehn sich bewegende Punkte sahen (*Abbildung 2*) und sofort die Darstellung einer menschlichen Bewegung erkannten. Als die Teilnehmer Punkte sahen, die stationär waren, ist es ihnen nicht möglich gewesen, diese Punkte als menschliche Repräsentation zu erkennen. Wenige sich bewegende Punkte reichen demnach aus, um Informationen zu erzeugen, die Aufschluss über die Aktivität, das Geschlecht, die Bewegung, den emotionalen Zustand oder die Anzahl der Personen geben.

⁶Ein Avatar ist eine Grafikfigur, die die Onlinerepräsentation eines Nutzers in einer virtuellen Umgebung darstellt [Nei10, S. 196]

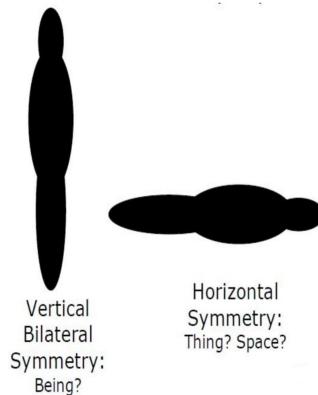


Abbildung 1 *Menschen interpretieren symmetrische Formen um eine vertikale Achse eher als menschlich, als Formen um die horizontale Achse [BH02]*.

1.2.2 Vorwärtsskinematik vs. inverse Kinematik

Die Kinematik beschäftigt sich mit der mathematischen Bewegung einzelner Gelenke, ohne dabei die physikalische Kraft zu berücksichtigen [Beg83, S. 1].

Die *Vorwärtsskinematik* beschäftigt sich mit der Frage, wie aus bekannten Positionen und Winkeln einzelner Gelenke, ein Zielpunkt in einem bestimmten Koordinatensystem bestimmt werden kann. Damit ist die *Vorwärtsskinematik* das Gegenstück zur *inversen Kinematik* [KB06, S. 119]. Die *inverse Kinematik* beschäftigt sich damit, herausfinden, wie Gelenke eines Roboterarms bewegt und gedreht werden müssen, um beispielsweise einen Gegenstand von Punkt A nach Punkt B zu bewegen. Es werden anhand der Position des Zielpunkts, alle Winkel der zugehörigen Gelenke approximiert, um somit ihre zugehörigen Rotationen zu bestimmen [DVS01, S. 299-300]. Inverse kinematische Berechnungen können auf die Körperteile eines Avatars angewendet werden, um ihn zu animieren. Benutzt eine Person in einem SVE einen invers kinematisch dargestellten *Selbst-Avatar*, kann sie die Torsorotation, Armbewegungen oder Beinbewegungen seines eigenen Avatars sehen [Kim+18, S. 1].

1.2.3 Einfluss von Avataren

In der VR und in einigen anderen computerbasierten Medien kann sich der Nutzer Avatare erstellen und mit diesen interagieren [NF09, S. 1].

Einfluss des Selbst-Avatars HMDs beeinflussen das Sichtfeld des Nutzers so stark, dass diese ihren eigenen Körper nicht mehr sehen können. Um diesem Nachteil entgegenzuwirken, kann einem Nutzer ein virtueller Körper zur Verfügung gestellt werden. Dieser Körper wird *Selbst-Avatar* genannt. Es ist schwierig, einen *Selbst-Avatar* hoher Qualität zu simulieren. Dazu wären das Verfolgen und Animieren mehrerer Körperteile nötig. Ist der *Selbst-Avatar* schlecht animiert oder ent-

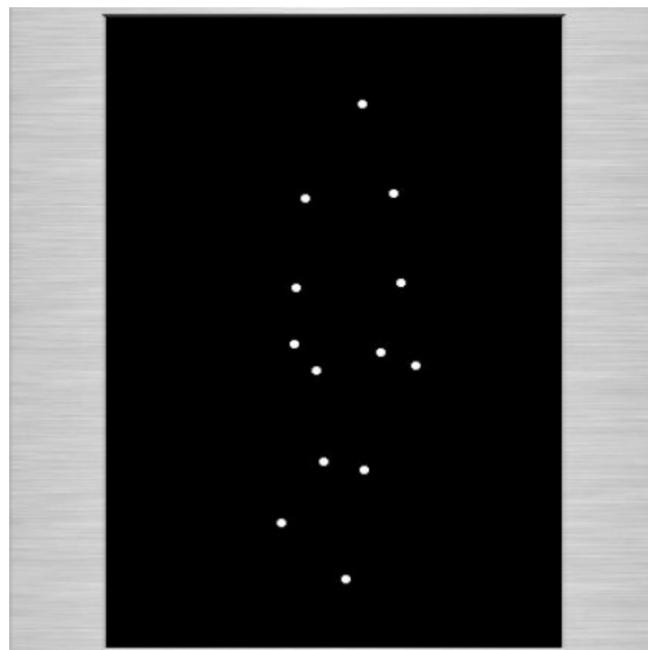


Abbildung 2 Stationäre Punkte, bei denen der Mensch eine lebendige Bewegung ausmachen kann, wenn diese anfangen sich zu bewegen. Es ist sogar möglich einen Menschen zu erkennen sowie dessen Art der Aktivität und seinen emotionalen Zustand [BH02] [Joh75, S. 76-89].

stehen während der Nutzung Trackingfehler, die der Nutzer erkennt, kann es sehr leicht zu einem *Break-In-Presence* kommen. Bei diesem *Break-In-Presence* bricht die gesamte Illusion der VR für den Nutzer in sich zusammen. Dies ist auch der Grund, weshalb relativ wenige VR-Anwendungen einen menschlichen Körper als Avatar darstellen. Sind jedoch genügend Körperteile getrackt und animiert, muss der Avatar nicht unverwechselbar menschlich aussehen, um ein glaubwürdiger *Selbst-Avatar* zu sein. Selbst grobe Avatar-Darstellungen schaffen es, ausreichende Informationen eines menschlichen Körpers zu vermitteln und dadurch glaubwürdig zu wirken [Lok+03].

Biocca forschte umfangreich über den Einfluss von *Selbst-Avataren* auf den Nutzer in der VR [Bio14, S. 421–427]. Er untersuchte, wie sich die Interaktion mit der Welt verändert, wie sich soziale Interaktionen verändern und wie Aufgaben wahrgenommen und bearbeitet werden [Ben+95] [BPO96]. Biocca geht in seinen Studien davon aus, dass ein menschenähnlicher Körper als Avatar die *Selbstpräsenz* stark erhöht. Damit die *Selbstpräsenz* weiter erhöht wird, kann ein invers kinematisch simulierter Avatar als *Selbst-Avatar* genutzt werden [Bio14, S. 421–427].

Dodds et al. fanden heraus, dass ein *Selbst-Avatar* einen wichtigen Faktor zur Erhöhung der Kommunikation in einem SVE darstellt [DMB11, S. 1–11].

Es wurden zahlreiche weitere Studien durchgeführt, um den Einfluss von Avataren zu erforschen. So gibt es Experimente, die den Einfluss des Geschlechts [Sla+10], der Hautfarbe [Pec+13] oder des Grades des Realismus [Rot+16] untersuchen.

Einfluss der Menschenähnlichkeit des Avatars Es stellt sich die Frage, ob ein Avatar in einer VR menschenähnlich aussehen sollte. Dieser Frage gingen George et al. [Geo+18] in ihrer Forschung nach und verglichen, ob sich mehr Vertrauen zwischen einem menschenähnlichen oder einem roboterartigen Avatar aufbauen lässt. Dazu schufen sie ein Szenario, in dem Personen mittels eines HMD ein Social-Dilemma-Scenario⁷ erlebten. Sie fanden keinen signifikanten Unterschied in der Vertrauenswürdigkeit zwischen menschenähnlichen und roboterartigen Avataren. Jedoch wurde ein größeres Gefühl von Gemeinsamkeit festgestellt, wenn mit einem menschenähnlichen Avatar interagiert wurde. George et al. erwähnten weiterhin in ihrer Studie, dass gute Grafik und realistisches Verhalten durch beispielsweise Mikrogestikulationen und soziale Interaktionen den Aufbau von *Co-Präsenz* unterstützen [Geo+18].

Um den Einfluss des Grades an Realismus unter Avataren zu erforschen, führten Riedl et al. [Rie+14] eine Studie zum Vertrauensaufbau unter Menschen im Vergleich zu Avataren mit menschenähnlichen Gesichtern durch. Sie fanden heraus, dass es Personen leichter fällt, einer realen Person, zu vertrauen als einem Avatar mit menschenähnlichem Gesicht. Es wurde der Frontalkortex - die Gehirnregion, die dafür verantwortlich ist, die Gedanken und Gefühle des Gegenübers zu erkennen - bei Interaktionen mit Menschen mehr angeregt als bei Interaktionen mit Avataren mit menschenähnlichen Gesichtern. Vertrauen zwischen Menschen wird jedoch in der gleichen Geschwindigkeit aufgebaut wie zwischen Menschen und Avataren.

Somit lässt sich feststellen, dass ein höherer Grad an Realismus den Vertrauensaufbau fördert, jedoch kein signifikanter Unterschied in der Geschwindigkeit des Vertrauensaufbaus zwischen einem menschenähnlichen sowie roboterähnlichen Avatar besteht. Diese Vermutung bestätigten auch Bente et al. [BRK04, S. 54-59], indem sie eine Studie zur *sozialen Präsenz* von Avataren in einem SVE durchführten. Der Aufbau des SVE ähnelte einer Videokonferenz. Es waren keine HMDs

⁷Situationen, in denen - die rationale Verfolgung von Eigeninteressen zu einer kollektiven Katastrophe führen kann.

vorhanden und die Teilnehmer haben sich während des Experiments nicht gesehen. In der Studie wurden die Kommunikationsarten, Face-to-Face, Chat und auf Avataren basierende Kommunikationsmedien untereinander verglichen, um Unterschiede in der *Sozialen-Präsenz* sowie dem zwischenmenschlichen Vertrauen zu untersuchen. Es wurde festgestellt, dass wenig *kognitives Vertrauen* während der Nutzung des SVE zu Avataren aufgebaut werden konnte, während Face-to-Face, Telefon- und Chatkommunikationen besser abschnitten. Weiterhin wurde weniger *affektives Vertrauen* im SVE als bei der Nutzung eines Telefons oder während der Face-to-Face Kommunikation aufgebaut. Bente et al. [BRK04, S. 54-59] gehen davon aus, dass dies mit der Neuheit der Technologie zusammenhängt.

1.2.4 Uncanny-Valley

Je menschenähnlicher ein Roboter (u.a. auch ein Avatar) aussieht und je mehr menschenähnliche Bewegungen ein Roboter ausführt, desto mehr positive Gefühle bringt dieser den Personen entgegen, die mit ihm in Berührung kommen. Ab einem bestimmten Punkt des Realismus schlägt dieses Phänomen jedoch um und der Roboter wirkt vielmehr verstörend und ruft Ablehnung und Angst hervor. Dieses Phänomen und dieser exakte Grad des Realismus wird als Uncanny-Valley Effekt bezeichnet. In Abbildung 3 ist eine Beschreibung des Effektes zu sehen [Gas11, S. 352-353].

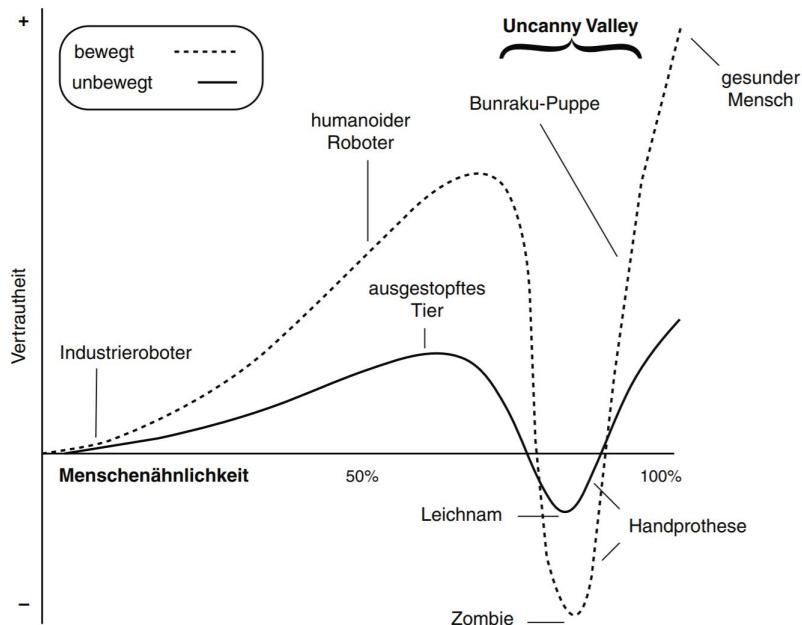


Abbildung 3 Der Uncanny-Valley Effekt beschreibt das Gefühl des Unbehagens ab einem gewissen Realitätsgrad.

1.3 Teams

Ein Team wird als eine „kleine Anzahl von Personen mit sich ergänzenden Fähigkeiten, die sich gleichermaßen einem gemeinsamen Zweck, Ziel und Arbeitsansatz verpflichtet fühlen“ [ZLA07, S. 2], definiert.

Das Verhalten von Personen, die in einem Team arbeiten, lässt sich in *Teamwork* und in *Taskwork* unterteilen [RAS06, S. 541-542]. *Taskwork* beschreibt dabei, wie die Ausführung von Kernkompetenzen in einem bestimmten Bereich aussieht sowie welche Aufgabe ein Team ausführt. *Teamwork* beschreibt die gemeinsame Arbeitsleistung [MMZ01, S. 357].

Die wirtschaftliche Leistung von Unternehmen hängt häufig stark von der Arbeitseffizienz gut funktionierender Teams ab. Gut funktionierende Teams können dabei helfen, die wirtschaftliche Leistung zu verbessern, indem Mitglieder eines Teams weniger Fehler durch bessere Entscheidungen erzeugen [Bie07, S. 1-6].

1.3.1 Virtuelle Teams

Virtuelle Teams teilen viele Eigenschaften herkömmlicher *Teams*. Es muss jedoch unterschieden werden, wie die virtuelle Komponente des Teams definiert wird und weshalb diese Komponente ein herkömmliches Team zu einem virtuellen Team macht [SD10, S. 270].

Laut Ebrahim et al. [AEAT09] können virtuelle Teams in vier Kategorien unterteilt werden. Diese sind *Telearbeit*, *virtuelle Gruppen*, *virtuelle Teams* und *virtuelle Gemeinschaften*. *Telearbeit* liegt vor, wenn eine Person von außerhalb des Hauptarbeitsplatzes arbeitet. *Virtuelle Gruppen* sind mehrere *Telearbeiter* unter einem Vorgesetzten zusammengefasst. *Virtuelle Gemeinschaften* sind Gemeinschaften, die nicht unter einer Organisationsstruktur arbeiten und von gemeinsamen Zielen, Rollen und Normen geleitet werden. Ein Beispiel dafür ist die gemeinschaftliche Bearbeitung eines Open-Source-Softwareprojekts. Ein *virtuelles Team* liegt vor, wenn mehrere Mitglieder einer virtuellen Gruppe miteinander arbeiten und dasselbe Ziel verfolgen.

Virtuelle Teams besitzen laut Schweizer et al. [SD10, S. 270]⁸ noch vier weitere Kennzeichen, um als *virtuelles Team* zu gelten. Laut ihnen sind diese:

- Zustande gekommen mithilfe von Kommunikationstechnologie. Durch technische Hilfsmittel wird kommuniziert, es werden Entscheidungen getroffen oder Informationen ausgetauscht.
- Räumlich getrennt. *Virtuelle Teams* arbeiten *nicht* am selben Arbeitsplatz.
- Grenzübergreifend. Die Teammitglieder stammen aus verschiedenen Organisationen oder Organisationseinheiten.
- Asynchron. *Virtuelle Teams* arbeiten zu unterschiedlichen Zeiten, in verschiedenen Zeitzonen oder in derselben Zeitzone in unterschiedlichen Schichten.

Einige Autoren nehmen in ihre Definition eines *virtuellen Teams* den Aspekt der zeitlichen Limitierung oder der kulturellen Diversität auf. So besteht ein *virtuelles Team* für Jarvenpaa et al. [JL98, S. 1-2] nur für einen bestimmten Zeitraum und es ist zusätzlich kulturell divers.

Infolge der immer stärker werdenden globalen Vernetzung kann fast jedes Team als eine Art *virtuelles Team* bezeichnet werden, denn nur selten arbeiten Teams heutzutage ohne Kommunikationstechnologie. Es wird davon ausgegangen, dass Virtualität als Kontinuum gesehen werden

⁸Die vollständige Liste von Schweizer et al. befindet sich in Abbildung 47.

kann, bei dem jedes Team ein gewisses Maß an Virtualität besitzt. Dieses Kontinuum reicht von Face-to-Face bis zur vollständigen, nur über Kommunikationstechnologie stattfindenden Kommunikation [MGM04] (siehe Abbildung 4).

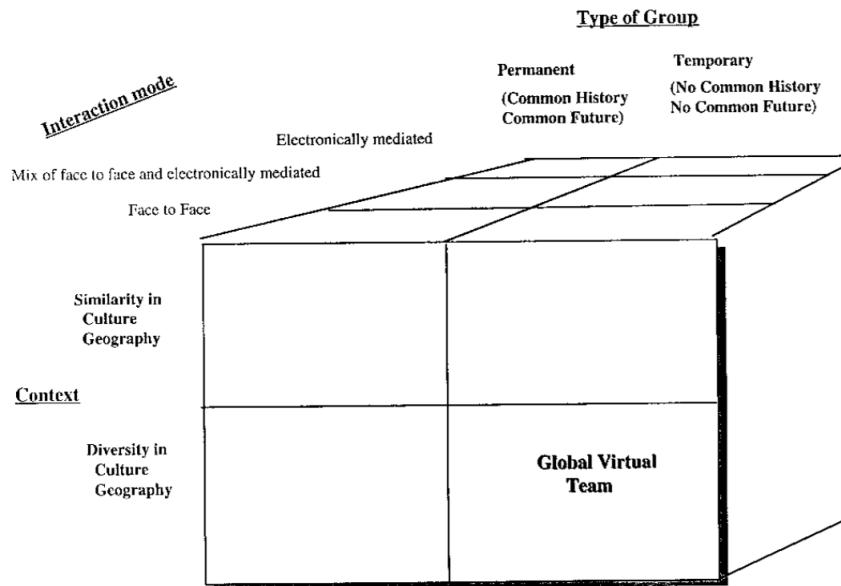


Abbildung 4 Grad an Virtualität, das ein Team laut Javenpaa et al. [JL98] besitzen muss, um als *virtuelles Team* zu gelten.

1.3.2 Aufbau eines virtuellen Teams

Virtuelle Teams werden häufig aufgrund eines anstehenden Projektes gebildet und wieder aufgelöst, wenn das Projekt beendet ist. Somit sind *virtuelle Teams* oftmals nur von kurzer Lebensdauer. Dies impliziert auch, dass die Aufgabenverteilung in virtuellen Teams je nach Projekt oder Aufgabe immer unterschiedlich ist und keine einheitliche Hierarchie innerhalb des *virtuellen Teams* zustande kommt [WB00].

Auch um räumliche oder kurzzeitige Trennungen eines Teams zu umgehen, werden *virtuelle Teams* gegründet. Dabei werden computergestützte Technologien so verwendet, dass räumlich getrennte Teammitglieder ihre Aufgaben mittels computergestützter Kommunikation im Team koordinieren können [PM07, S. 117-119] [CS03, S. 1-2]. Das *virtuelle Team* zu gründen, stellt laut Dyer nicht die eigentliche Herausforderung dar. Die Herausforderung ergibt sich aus den unterschiedlichen Kulturen, Entfernung und Zeitzonen, die ein *virtuelles Team* mitbringt. Wenn die einzelnen Teammitglieder eines *virtuellen Teams* sich gegenseitig vertrauen, kann der eigentliche Nachteil der verschiedenen Kulturen, Entfernung und der Zeitzonen auch zum Vorteil werden. Es wird kulturelle Diversität gefordert und neue Verhaltensmuster erworben, wodurch neue, kreative Sichtweisen gefördert werden. Durch diese Faktoren ist es möglich, innovativer zu arbeiten und zu denken [Dye95] [MM96, S. 405-416].

Gerade für *virtuelle Teams* ist die Anfangsphase der Teamgründung von entscheidender Bedeutung. Die Art und Weise wie kommuniziert wird, ist in dieser Phase sehr ergebnisorientiert. Defizite in der Kommunikation kann die Schlüsselfaktoren (soziale und emotionale Beziehungsbildung sowie den Aufbau von Vertrauen) eines erfolgreichen Teams beeinträchtigen [RKK07, S. 378]. Die Mitglieder eines *virtuellen Teams* haben im Gegensatz zu traditionell geformten Teams

weniger Möglichkeiten, sich zu sehen, zu interagieren oder Konflikte zu lösen. Respekt und gegenseitiges Verständnis sind die Grundbausteine, um Kreativität und Innovation innerhalb eines Teams zu fördern. Die Effektivität eines Teams ist eine direkte Konsequenz daraus [RKK07, S. 378].

Eine ideale Teamgründung in einem *virtuellen Team* ist aufgrund der räumlichen Trennung nicht möglich. Für eine optimale Situation sollte in einem schon bestehenden Team eine virtuelle Komponente hinzugefügt werden, um auf die Vorteile von schon vorhandenen sozialen Bindungen zugreifen zu können. Folglich sollte sichergestellt werden, dass *virtuelle Teams* während ihres Bestehens bestmöglich in ihrem Aufbau von Vertrauen und sozialen Beziehungen unterstützt werden, um eine maximale *Teameffektivität* zu erreichen [Hol01, S. 36-37].

1.3.3 Teameffektivität

Teameffektivität ist die Fähigkeit eines Teams, so miteinander zu interagieren und sich so zu unterstützen, dass ein zuvor definiertes Ziel des Teams erreicht wird. Da viele externe Faktoren zum Erreichen des Ziels beitragen können, ist es wichtig, dass das Team immer einen Fokus auf seine *Teameffektivität* hat [SSB05, S. 557].

Es gibt keinen einheitlichen Standard, um die Effektivität eines Teams zu messen. Es wird davon ausgegangen, dass die Effektivität in Gruppen anhand der von der Gruppe produzierten Ergebnissen (Quantität, Qualität, Geschwindigkeit, Kundenzufriedenheit) gemessen werden kann. Der Effekt, dass eine Gruppe Einfluss auf die Produktivität der einzelnen Mitglieder hat, trägt dabei zur Verbesserung der Gesamteffektivität bei [GD96, S. 309].

Lin et al. [LSL08] gehen davon aus, dass *Teameffektivität* anhand der Zufriedenheit mit den erzielten Teamergebnissen, der Zufriedenheit mit dem Arbeitsprozess des Teams sowie dem Ausmaß der erzielten Teamleistung bestimmt werden kann. Jedoch wird die *Teameffektivität* auch von subjektiven Eigenschaften wie der Diversität des Teams, dem Teamzusammenhalt oder der Kommunikation innerhalb des Teams beeinflusst.

Teameffektivität in virtuellen Teams *Virtuelle Teams* leisten, in Verbindung mit diesen subjektiven Eigenschaften und aufgrund ihrer Anpassungsfähigkeit, durch flache hierarchische Prozesse und erhöhte Kreativität durch Diversität, einen wesentlichen Beitrag zur *Teameffektivität* [HK19] [Bec+02].

Wird ein Vergleich zwischen *traditionell* geformten Teams und *virtuellen Teams* gezogen, gehen Schweitzer et al. [SD10] davon aus, dass traditionell geformte Teams effektiver als *virtuelle Teams* sind und die *Teameffektivität* abnimmt je höher der Grad an Virtualität (siehe Abbildung 4) ist. Diese Meinung teilen auch Becker et al.. Laut ihnen leidet der Austausch des Informationsgehaltes sowie der Vertrauensbildung aufgrund steigender Virtualität und es kann nicht dieselbe Effektivität wie in einem Face-to-Face Team erreicht werden [Bec+02]. Eine andere Meinung nehmen dabei Dufner et al. ein [Duf+02]. Ein zeitlich asynchroner Informationsaustausch von *virtuellen Teams* hat laut ihrer Untersuchung einen positiven Einfluss auf die *Teameffektivität*, da die Teammitglieder mehr Zeit haben, um über Probleme nachzudenken, bevor Informationen ausgetauscht werden.

Bisherige Studien haben positive Zusammenhänge [Dav+00], keine Zusammenhänge [HKO04] sowie negative Zusammenhänge [Dir99] zwischen Vertrauen und *Teameffektivität* in *virtuellen Teams* festgestellt. Trotz der sich widersprechenden Studienergebnisse wird im Allgemeinen die Meinung vertreten, dass Vertrauen einen positiven Einfluss auf die *Teameffektivität* besitzt [DJG16].

Vertrauen in sein Team hilft dabei, eigene Unsicherheiten auszublenden, um sicherer und effektiver arbeiten zu können [DJE10]. Weiterhin entsteht durch vorhandenes Vertrauen in sein Team ein größeres Interesse an den Teammitgliedern, was Synergieeffekte freischaltet und eine direktere und effektivere Interaktion ermöglicht [Dir99].

1.4 Vertrauen

Der Begriff **Vertrauen** beschreibt ein psychologisches Konzept, das jeden Menschen ständig begleitet. Ein Politiker wirbt um das Vertrauen seiner Wähler, Unternehmer beschreiben sich selbst als „Geschäftspartner des Vertrauens“ oder es wird der „Arzt des Vertrauens“ empfohlen.

Vertrauen im Zusammenhang mit dem Begriff VR kann auf zwei unterschiedliche Arten und Weisen betrachtet werden. Während Vertrauen in die VR-Technologie sich mit der Akzeptanz der Technologie an sich beschäftigt, beschäftigt sich *zwischenmenschliches Vertrauen* mit dem Vertrauen zwischen zwei oder mehreren Personen [Mck+11].

Da sich diese Arbeit mit dem zwischenmenschlichen Vertrauen beschäftigt, wird das Vertrauen in die Akzeptanz der VR nicht weiter behandelt.

1.4.1 Das Konstrukt Vertrauen

Aufgrund der Vielseitigkeit von Vertrauen, gibt es unterschiedliche Definitionen.

Eine der ersten Definitionen von Vertrauen wurde 1967 von Rotter aufgestellt. Er definiert Vertrauen als

„die Erwartung eines Individuums oder einer Gruppe, dass man sich auf das Wort, das Versprechen, die mündliche oder schriftliche Aussage eines anderen Individuums oder einer Gruppe verlassen kann“ [Rot67, S. 651].

Die jedoch meist verbreitete Definition stammt von Meyer et al. [MDS95, S. 712]. So definieren sie Vertrauen als:

„die Bereitschaft einer Person, für die Handlungen einer anderen Person anfällig zu sein, basierend auf der Erwartung, dass der Vertrauensnehmer eine bestimmte, für den Vertrauensgeber wichtige Handlung ausführen wird, unabhängig von der Möglichkeit, diese Person zu überwachen oder zu kontrollieren.“

Jede zwischenmenschliche Beziehung beginnt mit einer frühen Phase der Vertrauensbildung. Diese frühe Phase kann von Unsicherheiten und Zweifel geprägt sein. Das gegenseitige Vertrauen, das man sich anschließend schenkt, muss anfänglich erst einmal ausgelotet werden [MWK+96, S. 166-168]. Während der frühen Phase der Vertrauensbildung entscheidet sich, ob eine Beziehung aufrechterhalten wird oder nicht. Unterbewusst bildet sich ein Gefühl von Zuversicht und Sicherheit oder ein Gefühl von Spannung, Zweifel und Skepsis dem Interaktionspartner gegenüber. Dabei ist es egal, ob sich dafür entschieden wird, jemandem zu vertrauen, oder nicht. Auf jeden Fall beeinflusst die Stärke des positiven oder negativen Vertrauensgefühls die Effektivität der Zusammenarbeit. Vertrauen kann es einfach oder schwierig machen, mit einer anderen Person zu arbeiten und Ziele in einer Gruppe oder einem Team zu erreichen. Früher Vertrauensaufbau ist daher der Schlüssel zur erfolgreichen Zusammenarbeit [BP98, S. 405-406]. Die initiale Phase der Vertrauensbildung wirkt sich auf das *kognitive* und das *affektive Vertrauen* aus, welche einen starken Einfluss auf das sich entwickelnde Vertrauensmodell zu einer Person haben. In dieser Phase sind diese beiden Vertrauensarten anfällig für Veränderungen [Bal92, S. 461-462]. Meinungen und Annahmen, die sich frühzeitig bilden, prägen somit stark die zukünftige Meinung über die vertrauensnehmenden Personen.

Auch im Unternehmertum muss sich mit dem Konzept des Vertrauens beschäftigt werden, um erfolgreich arbeiten zu können. Ohne Vertrauen in ein Team oder in unterschiedliche Personen, fällt es schwer, Risiken einzugehen. Ist Vertrauen vorhanden, wird man nicht mit der Angst konfrontiert, dass andere Personen einen ausnutzen könnten. Betrachtet man Vertrauen im Unternehmen auf der Ebene von Teams, setzen sich die vertrauensgebenden Personen sowie die vertrauensnehmenden Personen aus mehreren Teammitgliedern zusammen [BHH16, S. 1152].

Vertrauen wird nicht statisch und einseitig betrachtet. Eine Person kann nicht nur *vertrauen* oder *nicht vertrauen*. Vertrauen ist ein dynamisches Konstrukt, welches sich mit der Zeit verändert. Es kann in eine Bildungs-, Stabilisierungs- und Abnehmphase unterteilt werden [Rou+98, S. 396].

Viele Psychologen, die sich mit dem Thema Vertrauen beschäftigen, gehen heute davon aus, dass *zwischenmenschliches* Vertrauen aus einem zweidimensionalen Konstrukt besteht [JG05]; [CW80]. So sind Mooradian et al. der Ansicht, dass Vertrauen als *Eigenschaft* oder als *Zustand* gesehen wird [MRM06, S. 524-525].

1.4.2 Vertrauen als Eigenschaft

Wird Vertrauen als Eigenschaft betrachtet, spiegelt dies die Einstellung zum Vertrauen einer Person wider. Diese Einstellung zum Vertrauen ist langlebig und wird nicht allzu schnell auf oder abgebaut. Unabhängig von einer Situation, in der sich diese Person befindet, wird davon ausgegangen, dass diese Eigenschaft aus dem Temperament oder der Lebenserfahrung einer Person entsteht. Dieses Vertrauen ist das Grundlevel an Vertrauen, das eine Person in eine neue zwischenmenschliche Beziehung von Anfang an mitbringt [CAJ96, S. 11]. Es ist jedoch nicht nachgewiesen, wie *generelles Vertrauen* genau gebildet wird [Sto02, S. 409].

Generelles Vertrauen impliziert, dass den meisten Personen vertraut werden kann, oder dass im Fall von generellem Misstrauen, Personen nicht vertraut werden kann [Sto02, S. 409].

Generelles Vertrauen ist nicht situationsabhängig, sondern stellt eine längerfristige Konstante auf Basis des Grundvertrauens einer Person dar. Es setzt sich dabei aus der individuellen Eigenschaft des Hangs zum Vertrauen einer einzelnen Person sowie der Grundstimmung gegenüber Personen im Allgemeinen, zusammen [CAJ96, S. 11].

1.4.3 Vertrauen als Zustand

Wird *Vertrauen als Zustand* betrachtet, so kann sich dieses Vertrauen im Laufe der Zeit, z.B. durch Interaktion mit einer anderen Person, ändern. Dieser Zustand des Vertrauens spiegelt sich auch in der Definition von Mayer et al. von Vertrauen wider [MDS95, S. 712]:

„die Bereitschaft einer Person, für die Handlungen einer anderen Person anfällig zu sein, basierend auf der Erwartung, dass die vertrauensnehmende Person eine bestimmte, für den Vertrauensgeber wichtige Handlung ausführen wird, unabhängig von der Möglichkeit, diese Person zu überwachen oder zu kontrollieren.“

Es wird einer Person oder einem Team ein Vertrauenvorschuss gewährt, der sich jedoch jederzeit verändern kann, wenn dieser gebrochen wird.

Das Konzept des *Vertrauens als Zustand* lässt sich laut Lewis et al. [LW85, S. 970-971] in zwei Teile unterteilen. Laut ihren Studien basiert Vertrauen

„auf einem kognitiven Prozess, der zwischen vertrauenswürdigen, misstrauischen und unbekannten Personen und Institutionen unterscheidet. In diesem Sinne wählen wir kognitiv aus, wem wir in welcher Hinsicht und unter welchen Umständen vertrauen, und wir stützen die Wahl auf das, was wir als „gute Gründe“ ansehen, die einen Beweis für die Vertrauenswürdigkeit darstellen“ [LW85, S. 970].

Somit basiert das **kognitiv aufgebaute Vertrauen** auf einer von uns definierten Logik statt auf einer emotionalen Komponente. Diese „guten Gründe“ können auch leicht gebrochen werden, indem der Vertrauensvorschuss, den wir durch das kognitive Vertrauen unserem Interaktionspartner geben, gebrochen wird. Das kognitive Vertrauen kann kurzfristig aufgebaut werden und ist leicht anfällig gegen äußerliche Einflüsse [LW85, S. 970].

Weiterhin besitzt Vertrauen als *Zustand* eine affektive Komponente:

„Diese **affektive Komponente des Vertrauens** besteht in einer emotionalen Bindung zwischen allen, die an der Beziehung beteiligt sind. Wie die affektiven Bindungen der Freundschaft und der Liebe schafft Vertrauen eine soziale Situation, in der intensive emotionale Investitionen getätigt werden können, und deshalb weckt der Verrat eines persönlichen Vertrauens ein Gefühl der emotionalen Empörung bei dem Betrogenen. Der Vertrauensbruch trifft die Grundlage der Beziehung selbst, nicht nur den spezifischen Inhalt des Verrats. Diese emotionale Komponente ist bei allen Arten von Vertrauen vorhanden, aber normalerweise ist sie bei engem zwischenmenschlichem Vertrauen am intensivsten“ [LW85, S. 971].

Ein Beispiel für affektives Vertrauen ist die Liebesbeziehung zwischen zwei Personen. Das affektive Vertrauen baut sich mit der Zeit langsam auf und kann durch verschiedene Ereignisse erschüttert oder gestärkt werden. Es kann eher durch Emotionen statt durch Logik charakterisiert werden. **Affektives Vertrauen** ergibt sich aus *zwischenmenschlichen emotionalen Verbindungen und gegenseitiger Fürsorge*, während individuelles **kognitives Vertrauen** auf der *Überzeugung in die Fähigkeiten oder in die Zuverlässigkeit eines anderen* basiert [McA95, S. 30].

Vertrauensaufbau zwischen verschiedenen Personen beinhaltet somit zwei Komponenten. Beide Komponenten sind bei der Teamgründung von großer Bedeutung. McAllister schreibt diesbezüglich, dass die Grunderwartung der kognitiven Komponente erst einmal erfüllt werden müsse bevor mehr in die Beziehung zu den einzelnen Personen eines Teams investiert werden würde. Je mehr ein Team zusammenarbeitet und sich kennenlernt, umso wichtiger wird die affektive Komponente der Vertrauensbildung [McA95, S. 30].

Laut Studien von McKnight et al. kann ein starkes Vertrauen in frühen Teamgründungsphasen entstehen. Empfinden Teammitglieder beispielsweise den Teamgründungsprozess als strukturiert, ergibt sich dadurch ein höheres *kognitives Vertrauen* und es folgt ein höheres Gesamtvertrauen in das Team [MCC98, S. 478-479].

1.4.4 Vertrauensaufbau in virtuellen Teams

Der Vertrauensaufbau im Team nimmt eine wichtige Rolle in *virtuellen Teams* ein, denn im Gegensatz zu traditionell geformten Teams haben Teammitglieder eines *virtuellen Teams* keine Möglichkeit durch geselliges Beisammensein oder durch physischen Kontakt Bindungen aufzubauen, um das gegenseitige Vertrauen zu stärken [Han95].

Kategorisierung Vorstellungen von uns selbst und des anderen sind bis zu einem gewissen Grad kategorisierbar. Das Denken in verschiedenen Kategorien erlaubt es uns, Personen besser verstehen zu können. Identifiziert eine Person sich mit einer anderen (z.B. der Familie) oder fühlt sich dieser nahe, wird Vertrauen gebildet. Fällt die Person in eine andere Kategorie, wird kein Vertrauen gebildet [Sto02, S. 397–403]

Brewer [Bre81] entwickelte diese Theorie weiter und meint, dass Menschen denjenigen Personen, zu denen sie sich zugehörig fühlen und zu denen eine Gruppenidentität aufgebaut wird, mehr Vertrauen und Anerkennung schenken als denjenigen, zu denen sie sich nicht zugehörig fühlen. Kategorisierung erhöht die wahrgenommene Ähnlichkeit zwischen Personen, was wiederum auf Verständnis der anderen Person stößt, da diese die Situation ähnlich wahrnimmt. Gemeinsame Kriterien für eine Gruppenidentität können Verhaltensähnlichkeiten, geographische Nähe oder die gemeinsame Interaktion sein. Die Gruppenidentität kann als Stellvertreter des zwischenmenschlichen Vertrauens dienen und es lässt sich vom *persönlichen* Vertrauen auf ein *Vertrauen in der Gruppe* schließen, das auf einer gemeinsamen Kategorie und der Gruppenidentität beruht. In solch einer Gruppe ist die psychologische Distanz reduziert und die Orientierung eher auf Gruppenergebnisse statt auf individuelle Ergebnisse gerichtet [Bre81, S. 355–360].

Das Vertrauen in eine Gruppe wird im Allgemeinen von den Gruppenmitgliedern als stark empfunden. Fehler in einer Gruppe werden häufig nicht als Fehler eines Individuums angesehen, sondern als Verletzung der Gruppennorm, da alle Personen sich zu gleichen Teilen zugehörig fühlen. Die Gruppe als konsistente Einheit bietet verschiedene Mechanismen, um Vertrauen zu stärken und Misstrauen abzuwehren. Diese Gruppendynamik lässt sich bei Gruppen mit eng verbundenen Mitgliedern beobachten sowie möglicherweise auf Gruppen mit Außenseitern [Sto02, S. 397–403].

Vertrauensforschung Zuverlässige Vertrauensforschung ist im traditionellen Sinne nur mittels Langzeitstudien möglich, da das *kognitive* und besonders das *affektive Vertrauen* eine zeitliche Komponente benötigt [JG98].

Kognitives Vertrauen in Teams lässt sich nur sehr schwer aufrechterhalten. Teams können einen hohen kognitiven Vertrauenswert aufweisen, dann jedoch einen Rückschlag bei der Bearbeitung einer Aufgabe erhalten, was eine Verringerung des *kognitiven Vertrauens* zur Folge hat [McA95, S. 29-31].

Das *affektive Vertrauen* schafft eine längerfristige und stärkere Bindung als das *kognitive Vertrauen* [McA95, S. 29-31]. Dementsprechend wird das *affektive Vertrauen* im Team durch gemeinsame Rückschläge nicht zwangsläufig nachhaltig verringert. Nur eine längerfristige emotionale Krise innerhalb des Teams kann eine Verringerung des *affektiven Vertrauens* verursachen.

Aktuell gibt es nicht viele Studien, die testen, wie sich Vertrauen in *virtuellen Teams* aufbauen und halten lässt [DS06, S. 8-23].

Vertrauen im Team wird in vielen Studien eindimensional gemessen (viel oder wenig Vertrauen), obwohl es laut Mooradian [MRM06, S. 524-525] ein zweidimensionales Konstrukt ist.

Polzer et al. [Pol+06, S. 682] führten eine Studie über räumlich getrennte Teams und deren Vertrauensbildung mittels einer eindimensionalen affektiven Vertrauensmessung durch. Sie fanden heraus, dass geografisch getrennte Teams eher zu Konflikten neigen als nicht geografisch getrennte Teams. Die Distanz hat somit negative Auswirkungen auf das Vertrauen zwischen den einzelnen Teammitgliedern.

Prichard et al. [PA07, S. 704] führten 2007 eine Studie mit einer eindimensionalen kognitiven Vertrauensmessung durch und fanden heraus, dass Teambuildingmaßnahmen das Vertrauen der einzelnen Teammitglieder untereinander verstärkt.

In einer Studie von Dirks et al. [Dir99] wurde die multidimensionale Komponente der Vertrauensbildung aufgegriffen, jedoch stand für die Versuchsdurchführung nur ein 10-minütiges Zeitfenster zur Verfügung. In diesen 10 Minuten konnte festgestellt werden, dass die affektive Komponente nicht gebildet und dadurch nicht gemessen werden konnte.

1.5 Versuchshypothesen

In diesem Kapitel werden auf Basis der theoretischen Grundlagen verschiedene Hypothesen definiert. Die *Abbildung 6* verdeutlicht den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Versuchshypothesen sowie die Ebene, auf der diese analysiert werden.

1.5.1 Das Framework

Analyseebenen Die Analysen dieser Studie werden auf unterschiedlichen Ebenen durchgeführt. Da die Teilnehmer als Team arbeiten und unterschiedliche Teams unterschiedliche Konditionen aufweisen, sind einige Zusammenhänge auf *Individualebene*, einige auf *Konditionsebene* und einige auf *Teamebene* zu betrachten.

Die **Individualebene** sagt etwas über eine einzelne Person aus. Dadurch können alle Teilnehmer individuell betrachtet werden. Die Betrachtung ist dabei unabhängig vom Team oder den verschiedenen Avatar-Konditionen.

Die **Konditionsebene** unterscheidet zwischen den Konditionen IK (menschenähnlich) und NIK (nicht menschenähnlich). Die Konditionsebene ordnet den einzelnen Teilnehmern die Kondition zu, die diese im SVE als *andere* Avatare wahrnehmen.

Die Konditionsebene kann in einzelne Teams von jeweils 3 Personen aufgeteilt werden. Diese Aufteilung wird als **Teamebene** bezeichnet und betrachtet das gesamte Team als Einheit. Jedes Teammitglied besitzt dieselbe Kondition. Wird das Team auf Teamebene betrachtet, ist es möglich Aussagen über das Team zu treffen. Die *Abbildung 5* zeigt die Hierarchie der verschiedenen Ebenen.

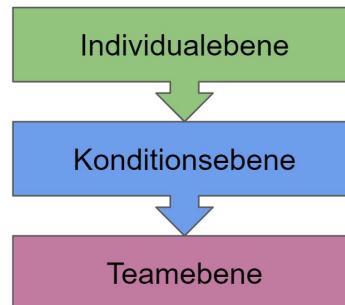


Abbildung 5 Die Hierarchie der Individualebene, Konditionsebene und Teamebene.

Generelles Vertrauen Es wird der Zusammenhang zwischen dem *generellen Vertrauen* und dem *kognitiven Vertrauen* auf *Konditionsebene* analysiert. Es wird auf *Teamebene* analysiert, ob ein Zusammenhang zwischen dem *generellen Vertrauen* und der *Teameffektivität* besteht.

Kognitives Vertrauen Es wird der Zusammenhang zwischen dem *gebildeten kognitiven Vertrauen* und der *Teameffektivität* auf *Teamebene* analysiert.

Avatar-Darstellung Es wird der *Unterschied* zwischen dem *gebildeten kognitiven Vertrauen* bei unterschiedlichen Avatar-Konditionen auf *Konditionsebene* analysiert. Es wird der *Unterschied der Teameffektivität* bei unterschiedlichen Avatar-Konditionen auf *Teamebene* analysiert.

Anhand des im Folgenden grafisch dargestellten Frameworks (siehe Abbildung 6) wurden Hypothesen entwickelt, die im nächsten Kapitel genauer definiert und erklärt werden.

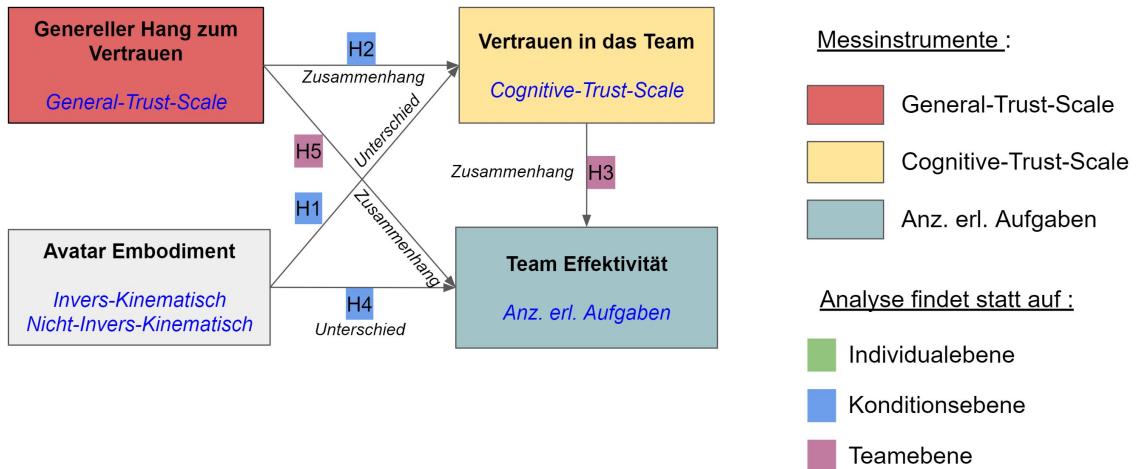


Abbildung 6 Dieses Framework verdeutlicht, wie die Hypothesen zusammenhängen.

1.5.2 Die Versuchshypothesen

Hypothese 1 *Kognitives Vertrauen* wird in der Anfangsphase einer Teamgründung frühzeitig gebildet. Der kognitive Vertrauensaufbau basiert auf der Wahrnehmung von Kompetenz und Zuverlässigkeit der Person gegenüber (siehe Kapitel 1.4.3). Gleichzeitig haben Kategorisierungseffekte einen Einfluss auf die Vertrauensbildung (siehe Kapitel 1.4.4). Somit lässt sich die Vermutung aufstellen, dass ein IK (menschenähnlich) sowie ein NIK (nicht menschenähnlich) Avatar einen unterschiedlichen Einfluss auf die kognitive Vertrauensbildung besitzen (siehe Kapitel 1.2.3). Eine Analyse des *kognitiven Vertrauens* auf *Konditionsebene* soll feststellen, ob sich unterschiedliche Avatar-Konditionen auf die Wahrnehmung in die Fähigkeiten und die Zuverlässigkeit eines *virtuellen Teams* im SVE auswirken.

H1₁: Die Mittelwerte der erzielten *kognitiven Vertrauenswerte* unterscheiden sich bei den Konditionen IK (menschenähnlich) und NIK (nicht menschenähnlich) signifikant voneinander.

Hypothese 2 Diese Hypothese wird auf *Konditionsebene* untersucht, um festzustellen, ob es unterschiedliche Zusammenhänge anhand einer Avatar-Kondition zwischen dem *generellen Vertrauen* und dem *kognitiven Vertrauen* gibt. Besitzt eine Person ein hohes *generelles Vertrauen*, sollte diese auch ein hohes *kognitives Vertrauen* aufgrund der Kurzlebigkeit eines *virtuellen Teams* bilden (siehe Kapitel 1.3.2 und Kapitel 1.4.1). Da ein starkes *kognitives Vertrauen* in ein *virtuelles Team* während der Neugründung im SVE wünschenswert ist, wird aus den vorherigen Erkenntnissen folgende Hypothese aufgestellt:

H2₁: Je höher der erzielte *generelle Vertrauenswert* einer Person ist, desto höher ist der erzielte *kognitive Vertrauenswert* einer Person.

Hypothese 3 Aufgrund von Kategorisierungseffekten (siehe Kapitel 1.4.4) und der Annahme, dass mehr *kognitives Vertrauen* die *Teameffektivität* eines virtuellen Teams vorteilhaft beeinflusst (siehe Kapitel 1.3.3), wird die Hypothese 3 auf *Teamebene* analysiert und wie folgt aufgestellt:

H3₁: Der Zusammenhang zwischen dem *kognitiven Vertrauenswert von Teams* und der *Teameffektivität von Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) ist stärker als der von Teams mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich).

Hypothese 4 Es wird auf *Konditionsebene* untersucht, ob unterschiedliche Avatar-Konditionen einen unterschiedlichen Einfluss auf die *Teameffektivität* besitzen (siehe Kapitel 1.3.3). Um dies zu überprüfen, wird folgende Hypothese aufgestellt:

H4₁: Die Mittelwerte der *Teameffektivität* unterscheiden sich bei den Konditionen IK (menschenähnlich) und NIK (nicht menschenähnlich) signifikant voneinander.

Hypothese 5 Virtuelle Teams sind gegebenenfalls von kurzer Dauer (siehe. Kapitel 1.3.2). Besitzt ein *virtuelles Team* ein hohes *generelles Vertrauen*, könnte sich dies aufgrund der kurzen Lebensdauer eines *virtuellen Teams* sowie aufgrund von kognitiver, auf einer Kategorie basierten, schnellen Meinungsbildung positiv auf die *Teameffektivität* auswirken. Demnach wird Hypothese 5 auf *Teamebene* analysiert und wie folgt aufgestellt:

H5₁: Der Zusammenhang zwischen dem *generellen Vertrauenswert eines Teams* und der *Teameffektivität eines Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) ist stärker als der von Teams mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich).

2 Vorgehensweise

2.1 Methodik

Das folgende Kapitel beschreibt das Forschungsdesign des Versuchs sowie die Methoden, die zur Datenerhebung herangezogen wurden.

2.1.1 Forschungsdesign

Um die beiden unabhängigen Variablen *NIK* (*nicht menschenähnlich*) und *IK* (*menschenähnlich*) innerhalb der Versuchsumgebung zu untersuchen, wird das *A/B-Testing* in Kombination mit einem induktiven quantitativen Forschungsdesign gewählt. Gruppe A bekommt dabei die Kondition *NIK* (*nicht menschenähnlich*) zugewiesen, während Gruppe B die Kondition *IK* (*menschenähnlich*) zugewiesen wird. Diese Gruppeneinteilung der Probanden erfolgt nach dem Zufallsprinzip. Wie groß das *gebildete Vertrauen in das Team* und die dadurch resultierende *Teameffektivität* ist, soll durch die beiden Avatar-Konditionen *IK* (*menschenähnlich*) sowie *NIK* (*nicht menschenähnlich*) analysiert werden. Aufgrund des vorhandenen Lerneffekts können die Probanden nur einmal an der Studie teilnehmen.

Die abhängigen Variablen werden im Folgenden aufgeführt:

- **Hang zum Vertrauen** Der Hang zum Vertrauen bezieht sich in dieser Studie darauf, wie sehr die Teilnehmer dazu neigen, anderen Personen einen Vertrauenvorschuss zu gewähren. Der Hang zum Vertrauen wird auch als *generelles Vertrauen* bezeichnet [McA95, S. 30] (vgl. *Kapitel Vertrauen*).
- **Kognitives Vertrauen** Das *kognitive Vertrauen* bezieht sich auf die *Überzeugung in die Fähigkeiten oder in die Zuverlässigkeit eines anderen* [McA95, S. 30] (vgl. *Kapitel Vertrauen*).
- **Teameffektivität** Die *Teameffektivität* wird anhand der Anzahl der abgeschlossenen Runden im Team gemessen (vgl. *Kapitel Avatare*).

Zusätzlich wurde der Unterschied zwischen den *Avatar-Konditionen* bei der *wahrgenommenen Teameffektivität*, der *Präsenz*, der *subjektiv wahrgenommenen Arbeitsbelastung*, der *Team-Kommunikation* sowie der *Co-Präsenz* analysiert.

2.1.2 Datenerhebungsmethoden

Es wurden zwei Fragenbögen an die Teilnehmer verteilt. Der erste Fragenbogen (siehe *Anhang A*) wurde vor dem Experiment ausgefüllt. In diesem wurden allgemeine demografische Fragen über die Person sowie über eventuelle *gesundheitliche Beschwerden* und die schon vorhandenen *VR Erfahrungen* gestellt. Der zweite Fragebogen (siehe *Anhang B*) wurde nach der Durchführung des Experiments im SVE ausgefüllt. Er beinhaltet Fragen über das *generelle Vertrauen*, das *kognitive Vertrauen*, die *Kommunikationsqualität*, die *wahrgenommene Teameffektivität*, die *Beanspruchung*, die *Präsenz* sowie die *Co-Präsenz*. Es wurden nur vollständig ausgefüllte Fragebögen zur Datenanalyse herangezogen.

Demografie-Fragebogen Bevor der Versuch stattfinden konnte, mussten die Teilnehmer einen Demografie-Fragebogen ausfüllen. Dieser diente allgemein der Erfassung demografischer Merkmale wie z.B. das Alter, das Geschlecht und der Bildungsstand. Weiterhin wurde der demografische Fragebogen dazu genutzt, die bisher vorhandene VR-Erfahrung, die PC- und Internetaffinität sowie die Videospielerfahrung der einzelnen Probanden besser einschätzen zu können (siehe *Anhang A*).

General-Trust-Scale Der General-Trust-Scale ($\alpha = .91$) [CAJ96] wurde eingesetzt, um den generellen Vertrauenswert der einzelnen Teilnehmer zu messen. Er besteht aus 20 Items. Dazu zählen beispielsweise: „Ich neige dazu, andere zu akzeptieren“ oder „Meine Beziehungen zu anderen werden durch Vertrauen und Akzeptanz charakterisiert“. Die Items werden mit einer 7-Point-Likert-Skala von 1: „Ich stimme gar nicht zu“ bis zu 7: „Ich stimme voll zu“ gemessen. Der General-Trust-Scale Fragebogen ist ein Auszug aus dem *Trust-Inventory* von Couch et al. (siehe *Anhang C*). Höhere Werte spiegeln ein höheres Grundlevel an Vertrauen wider. Einige Fragen wurden in diesem Fragebogen invertiert gestellt und es wurde bei der Auswertung drauf geachtet diese korrekt auszuwerten.

Cognitive-Trust-Scale Der Cognitive-Trust-Scale ($\alpha = .91$) Fragebogen ist ein Auszug des von McAllister et al. [McA95, S. 37] entwickelten Fragebogens. Er überprüft, wie viel *kognitives Vertrauen* die Teilnehmer während des Versuchs aufbauen. Die Messgröße wird als kognitiver Vertrauenswert bezeichnet. Der Cognitive-Trust Fragebogen umfasst fünf Items. Dazu zählen beispielsweise: „Diese Person geht an ihre Arbeit mit Professionalität und Hingabe heran“ oder „Andere Personen, die mit diesen Personen interagieren müssen, halten ihn/sie für vertrauenswürdig“. Die Antwortmöglichkeiten der im Fragebogen verwendeten 5-Point-Likert-Skala erstrecken sich von 1: „Ich stimme gar nicht zu“ bis 5: „Ich stimme voll zu“ (siehe *Anhang D*). Höhere Werte spiegeln ein höheres Grundlevel an kognitivem Vertrauen wider.

Communication-Scale Gonzales-Rom et al. [GRH14, S. 1049] entwickelten 2004 einen Fragebogen, um die *Qualität von Teamkommunikation* ($\alpha = .76$) zu messen. Dieser Fragebogen umfasst fünf Items mit dem 5-Point-Likert-Skala von 1: „Gar nicht“ bis 5: „Sehr“. Die Fragen sind alle nach demselben Prinzip aufgebaut, sodass jeweils nur das Ende einer Frage abgeändert wird: „In welchem Umfang war die Kommunikation zwischen Ihnen und Ihrem Team *KLAR / EFFEKTIV / ABGESCHLOSSEN / FLÜSSIG / ZUM RICHTIGEN ZEITPUNKT*“ (siehe *Anhang E*). Höher angegebene Werte spiegeln eine besser empfundene Teamkommunikation wider.

Team-Effectiveness-Scale Gibson et al. [GZBS03, S. 469] entwickelten 2003 einen Fragebogen, der die *wahrgenommene Teameffektivität* ($\alpha = .62 - .88$) misst. In dieser Studie wurde ein Auszug des Fragebogens verwendet. Er misst das *subjektive Ausmaß der wahrgenommenen Teameffektivität* und umfasst fünf Items mit einer 7-Point-Likert-Skala 1: „Ich stimme gar nicht zu“ bis 7: „Ich stimme voll zu“ (siehe *Anhang F*). Einige Fragen wurden in diesem Fragebogen invertiert gestellt und es wurde bei der Auswertung drauf geachtet diese korrekt auszuwerten. Je höher die angegebenen Werte des Team-Effectiveness-Scale sind, desto höher ist das Likert-Item zu bewerten.

NASA-TLX Der NASA-TLX ($\alpha = .84$) erfragt die allgemeine Belastung der Probanden, die sie während des Experiments empfunden haben. Dafür werden sechs Belastungsbereiche auf einer 21-Punkte Skala abgefragt. Diese beinhalten die mentale Anforderung, die physische Anforderung, die zeitliche Anforderung, die Leistung, die Anstrengung und die Frustration des Probanden [Har80]. Der originale NASA-TLX Fragebogen besitzt eine kontinuierliche Skala. Dies war über einen Online-Fragebogen jedoch nicht realisierbar, weshalb die Werteskala für die Onlineversion angepasst wurde. Diese Werteskala umfasst im abgeänderten Fragebogen 1: „Wenig“ über 11: „Mittel“ bis 21: „Viel“ (siehe *Anhang G*). Niedrigere Werte des NASA-TLX spiegeln eine gering empfundene Belastung wider.

Igroup Presence Questionnaire(IPQ) Der IPQ ($\alpha = .85$) dient zur *Messung des Präsenz-Gefühls* in einer virtuellen Umgebung. Er misst, inwieweit sich der Nutzer in der virtuellen Umgebung anwesend fühlt, inwieweit der Nutzer seine Aufmerksamkeit der virtuellen Umgebung schenkt und wie real die virtuelle Umgebung dem Nutzer erschien. Der IPQ umfasst 14 Items mit einer 7-Point-Likert-Skala (siehe *Anhang H*). Je höher die angegebenen Werte sind, desto höher ist das Gefühl der Präsenz der Person. Einige Fragen wurden in diesem Fragebogen invertiert gestellt und es wurde bei der Auswertung drauf geachtet, diese korrekt auszuwerten.

Co-Presence-Questionnaire Mithilfe des *Co-Präsenz-Fragebogens* können die *selbst gemeldete Co-Präsenz* ($\alpha = .78$), die *wahrgenommene Präsenz des anderen* ($\alpha = .90$), die *Telepräsenz* ($\alpha = .88$) sowie die *soziale Präsenz* ($\alpha = .82$) ermittelt werden. Die *selbst gemeldete Co-Präsenz* sowie die *wahrgenommene Präsenz des anderen* werden mittels einer 5-Point-Likert-Skala gemessen. Die *Telepräsenz* wird mit einer 7-Point-Likert-Skala ermittelt. Die *soziale Präsenz* wird im originalen Fragebogen von Nowak et al. mittels einer kontinuierlichen Skala gemessen. Da dies mit dem Online-Fragebogen nicht realisierbar war, wurde stattdessen eine Likert-Skala von 1 bis 10 verwendet ([NB03, S. 487]) (siehe *Anhang I*). Einige Fragen wurden in diesem Fragebogen invertiert gestellt und es wurde bei der Auswertung drauf geachtet diese korrekt auszuwerten. Höhere Werte spiegeln eine höheres Gefühl der verschiedenen Co-Präsenzen dar.

Tabelle 1 Verwendete Metriken der Fragebögen.

Was wurde gemessen?	Definition	Metrik	Autoren	Cronbachs α
Generelles Vertrauen	Genereller Vertrauensvorschuss eines Individuums	Teilauszug des Trust-Inventorys - <i>Generalized-Trust-Scale</i> Siehe Tabelle C 7-Point-Likert-Scale	Couch, Adams, Jones (1996) [CAJ96]	.91
Kognitives Vertrauen	Überzeugung in die Fähigkeiten und in die Zuverlässigkeit des Teams	<i>Cognitive-Trust-Scale</i> Siehe Tabelle D 5-Point-Likert-Scale	McAllister, Daniel J. (1995) [McA95]	.91
Team-Kommunikation	Wahrgenommene Kommunikationsqualität des Teams	<i>Communication-Quality-Scale</i> Siehe Tabelle E 5-Point-Likert-Scale	Gonzalez-Roma, Hernandez (2014) [GRH14, S. 1049]	.76
Wahrgenommene Teameffektivität	Wahrgenommenes Ausmaß der Qualität der Aufgabenerledigung des Teams	Teilauszug des <i>Team-Effectiveness-Scale</i> Siehe Tabelle F 7-Point-Likert-Scale	Gibson et. al (2003) [GZBS03, S. 469]	.62 – .88
Teameffektivität	Messung der abgeschlossenen Runden des Teams während des Experiments	Abgeschlossene Runden		
Subjektiv-wahrgenommene Arbeitsbelastung	Der NASA-TLX misst die subjektiv wahrgenommene Arbeitsbelastung sowie Effektivität	<i>NASA-TLX</i> Siehe Tabelle G Kontinuierliche Skala umgewandelt in 21-Point-Likert-Scale	[Har80]	.84
Gefühl der Präsenz	Der IPQ dient der Messung des Präsenz Gefühls in einer virtuellen Umgebung	<i>Igroup Presence Questionnaire(IPQ)</i> Siehe Tabelle H 7-Point-Likert-Scale	[SFR]	.85
Selbst wahrgenommene Co-Präsenz	Fragebogen von Nowak und Biocca zum Messen von Co-Präsenz	<i>Presence-Questionnaire</i> Siehe Tabelle I 5;7;10-Point-Likert-Scale	Nowak und Biocca (2003) [NB03, S. 487]	.78
Wahrgenommene Präsenz des anderen				.90
Telepräsenz				.88
soziale Präsenz				.82

2.2 Der Versuch

Im Folgenden wird beschrieben, wie die Teilnehmer für diese Studie ausgewählt werden, wie der Versuch aufgebaut ist und wie er umgesetzt wird.

2.2.1 Teilnehmerfindung

Die Teilnehmer werden über zwei Wege akquiriert. Zum einen werden im Bekanntenkreis Personen angesprochen, denen die notwendige Hardware zur Verfügung gestellt wird. Zum anderen werden in verschiedenen Foren (z.B. VRForum.de, Computerbase.de, Hardwareluxx.de, etc.) in Form eines extra dafür angelegten Threads Teilnehmer gesucht, die an der Studie teilnehmen wollen. Weiterhin werden Teilnehmer mithilfe verschiedener sozialer Netzwerke mit einem Bezug zu VR sowie zufälliger WhatsApp-Chatgruppen mit 50 oder mehr Mitgliedern akquiriert. Da der gesamte Versuch, die Fragebögen sowie das Erklärvideo auf deutscher Sprache erstellt wurde, findet die Teilnehmerfindung nur im deutschsprachigen Raum statt.

2.2.2 Allgemeiner Versuchsablauf

Zunächst wird jedem Team entweder die Kondition IK (menschenähnlich) oder NIK (nicht menschenähnlich) zugeordnet. Es gab fünf Teams mit der Kondition IK (menschenähnlich) sowie fünf Teams mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich). Es werden jeweils drei Personen in einem Zeitslot untergebracht, um ein Team zu bilden. Insgesamt nehmen somit drei Personen an einem Versuch zur selben Zeit mit derselben Kondition teil. Die Teilnehmer werden sich untereinander *nicht* Face-to-Face vorgestellt und sehen sich während des gesamten Experiments nur als Repräsentation eines Avatars im SVE. Ein Zeitslot wird auf 35 Minuten festgelegt und teilt sich auf in

- 5 Minuten Pre-Questionnaire,
- 5 Minuten Videoerklärung,
- 10 Minuten Versuchsdurchführung,
- 15 Minuten Post-Questionnaire.

Jeder Teilnehmer bekommt zu Beginn seines Zeitslots einen Pre-Questionnaire ausgehändigt, den er selbstständig ausfüllt. Alle Teilnehmer schauen sich anschließend ein Erklärvideo (siehe *Anhang J*) über das Experiment an, in dem alle relevanten Mechaniken und Funktionsweisen sowie der grobe Spielablauf erklärt werden. Durch das Erklärvideo wird sichergestellt, dass alle teilnehmende Person denselben Informationsgehalt über die Art und Weise des Ablaufs des Experiments besitzen. Alle Mitglieder eines Teams starten dadurch mit einem einheitlichen Wissensstand. Nachdem alle Personen die Videoerklärung angeschaut haben, beginnt das Experiment. Dazu starten die jeweiligen Teilnehmer die Anwendung. Es wird sich automatisch mit dem Online-Server des SVE verbunden. Die Teilnehmer haben nun 10 Minuten Zeit, möglichst viele Runden im Team zu absolvieren. Am Ende der Versuchsdurchführung wird ein Post-Questionnaire ausgeteilt, den die Teilnehmer ausfüllen müssen. Die maximale Versuchsdauer nach Start der Anwendung beträgt exakt 10 Minuten (600 Sekunden) und es können maximal 15 Runden absolviert werden. Die Runden werden dabei inkrementell schwieriger, da in jeder dritten Runde jeweils ein Symbol in den Pool der zu erratenden Symbole hinzukommt.

2.2.3 Versuchsaufbau

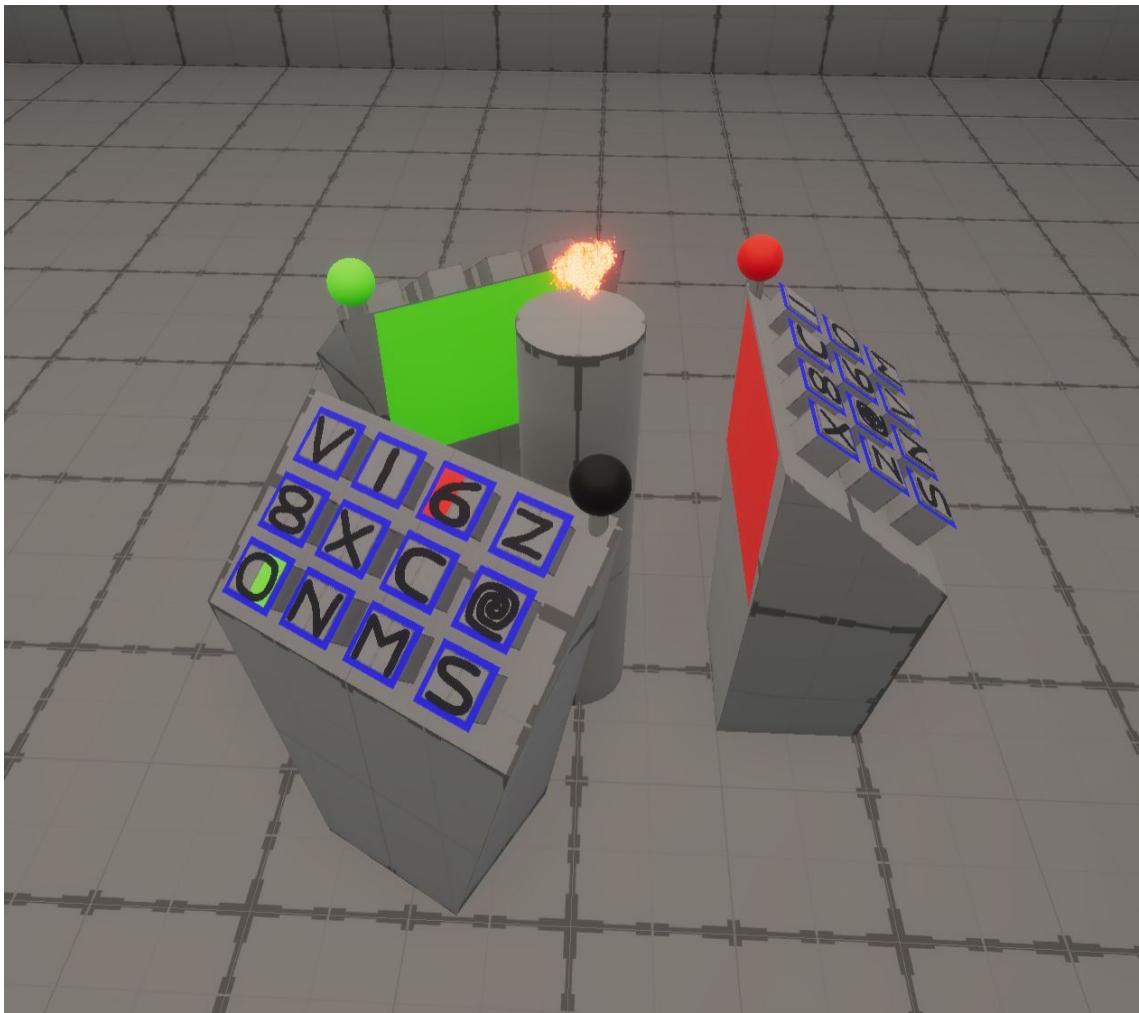


Abbildung 7 Die Podeste der Teilnehmer des Experiments.

Um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass auch in der Anfangsphase der Teamgründung eine soziale und keine arbeitsnahe, ergebnisorientierte Kommunikation stattfindet, wurde eine spielerische Umgebung geschaffen.

Jede Person benötigt (neben einem funktionsfähigen Computer) für das Experiment, entweder ein *Oculus Rift/Rift S*, ein *SteamVR* oder ein *Windows Mixed-Reality HMD* sowie zwei funktionsfähige Controller.

Dem Versuchsleiter ist es während der gesamten Anwendung möglich, die drei Teilnehmer durch einen separaten *Spectator-Client* zu betreuen. Alle Teilnehmer können in der Anwendung durch das integrierte Mikrofon im HMD mit dem Versuchsleiter sprechen und diesen hören. Wenn eine Person spricht, können die anderen zwei Teilnehmer diese nicht hören. Die Sprachkommunikation einer Person ist somit nur in Richtung des Versuchsleiters möglich, damit Störvariablen vermieden und die Integrität der Anonymität erhalten bleiben kann. Die Stimme des Versuchsleiters können alle Teilnehmer hören. Dies dient vor allem dazu, eventuell auftretende technische Schwierigkeiten schnell zu beheben und den Beginn sowie das Ende des Versuchs zu kommunizieren. Der Versuchsleiter gibt jedoch während der gesamten Dauer des Versuchs keine Hilfestellung. Sind alle Teilnehmer bereit, werden sie vor ihr eigenes Podest (*Abbildung 7*) teleportiert. Durch

den, für jeden sichtbar in der Mitte der Podeste platzierten Countdown, wird der baldige Beginn einer Runde eingeleitet. Bei jedem Start einer Runde, wird das Podest jeder teilnehmenden Person durch die Farbe Schwarz, Rot oder Grün markiert. Die Zuteilung der drei Farben ändert sich dabei nach jeder Runde. Die Teilnehmer können ihre eigene Farbe an einer Kugel und die Farbe der anderen Spieler zusätzlich an einem Viereck in der jeweils zugeteilten Farbe an den jeweiligen Podesten erkennen. Für den Programmcode siehe *Anhang J*.

2.2.4 Detaillierter Versuchsablauf

Zu Beginn jeder neuen Runde können die Spieler die Zuteilung der Farben sehen und dadurch den Startspieler identifizieren. Dieser ist schwarz markiert und hat die Aufgabe, seinen Mitspielern die für ihn farblich gekennzeichneten Symbole zu erklären. Seine Mitspieler müssen die ihnen zugeteilten Symbole identifizieren und an ihrem Podest einloggen. Das Ziel ist, so viele Symbole wie möglich individuell korrekt zu erkennen, um dadurch gemeinsam in höhere Runden aufzusteigen.

Die Symbole auf dem Podest des schwarz markierten Spielers sind entweder durch die Farbe Grün, Rot oder Grün-Rot gekennzeichnet. Auf den Podesten der Mitspieler befinden sich ebenfalls Symbole, welche jedoch zufällig angeordnet sind und keine farblichen Markierungen haben (siehe *Abbildung 7*). Der schwarz markierte Spieler versucht nun, mittels Hand- und Armbewegung, den rot und grün markierten Mitspielern die Symbole, die in der jeweiligen Spielerfarbe vor ihm markiert sind, zu erklären. Meint der gerade angesprochene Mitspieler ein Symbol erkannt zu haben, loggt dieser das Symbol durch das Herunterdrücken des passenden Knopfes an seinem Podest ein. Hat sich ein Spieler während des Einloggens der Symbole verklickt oder möchte seine Angabe ändern, muss das Symbol durch erneutes Herunterdrücken ausgeloggt werden. Anschließend kann es erneut eingeloggt werden.

Werden alle gekennzeichneten Symbole vom roten und grünen Spieler erkannt und eingeloggt, erscheint eine leuchtend grüne Kugel (*Abbildung 11*), die das Ende einer Runde anzeigen. Erscheint diese grüne Kugel nicht, ist noch ein Symbol falsch eingeloggt und der schwarz markierte Spieler muss noch einmal versuchen, die korrekten Symbole den jeweiligen Mitspielern aufzuzeigen. In der nächsten Runde wird ein anderer Spieler eindeutig mit Schwarz, Rot oder Grün markiert. In der folgenden Runde erhält jeder Spieler wieder eine andere der drei Farben. Mit steigender Anzahl an erfolgreich bestandenen Runden müssen immer mehr Symbole richtig erkannt werden. Die *Abbildung 8* zeigt eine detaillierte Grafik zum Ablauf einer Runde.

2.2.5 Die verwendeten Avatare

Die Avatare sind in dieser Studie als *IK (menschenähnlich)* und *NIK (nicht menschenähnlich)* implementiert. Als Grundlage der Visualisierung des *IK (menschenähnlich)*-Avatars dient eine Studie von Waldow et al. [WFG19], in der der Einfluss des Aussehens von Avataren in einem Augmented-Reality SVE untersucht wurde. Für die vorliegende Studie wurde lediglich die Farbe des Avatars *IK (menschenähnlich)* von Grün auf Schwarz geändert. Als Grundlage des Avatars *NIK (nicht menschenähnlich)* dient ein von dem Framework *Normcore* bereitgestellter abstrakter Avatar.

Die Teams haben entweder die Kondition *IK (menschenähnlich)* oder *NIK (nicht menschenähnlich)*, sodass das Aussehen der Avatare innerhalb eines Teams immer identisch ist. Zur besseren Interaktion mit den Knöpfen sowie zur Vermeidung eines *Break-In-Presence*, wird der *eigene Avatar* nicht sichtbar für die Teilnehmer dargestellt. Jeder Teilnehmer sieht somit (unabhängig von der

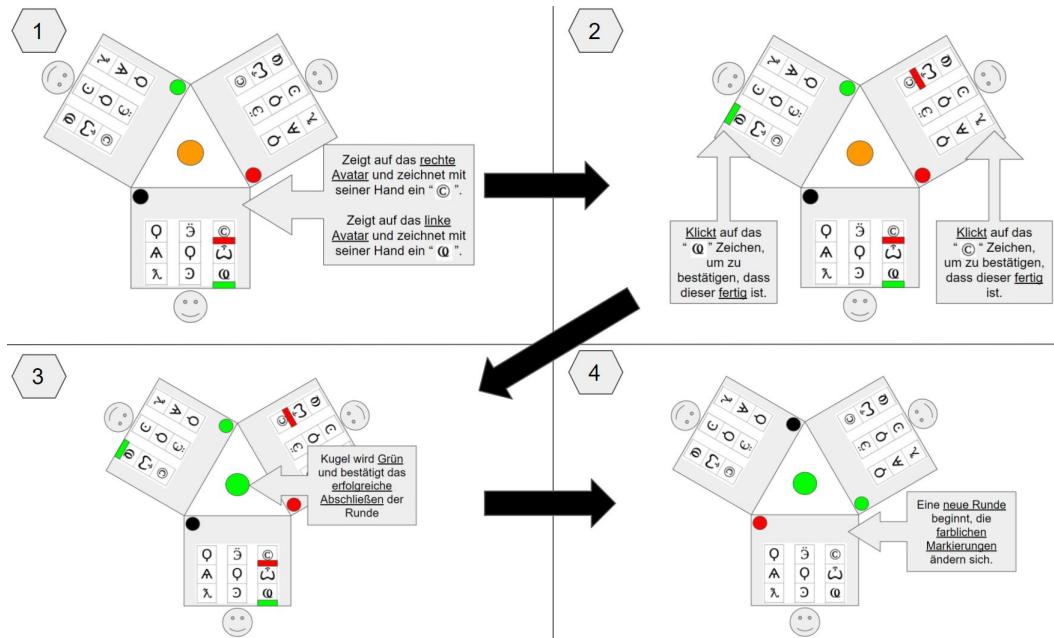


Abbildung 8 Diese Grafik verdeutlicht den detaillierten Versuchsablauf.

zugewiesenen Kondition) nur eine Repräsentation von menschlich wirkenden Händen ohne einen Körper. Die Person kann somit nur von dem Aussehen ihrer Teammitglieder auf die eigene Avatar-Darstellung schließen. *Abbildung 9* zeigt das Aussehen der Avatare dieser Studie.

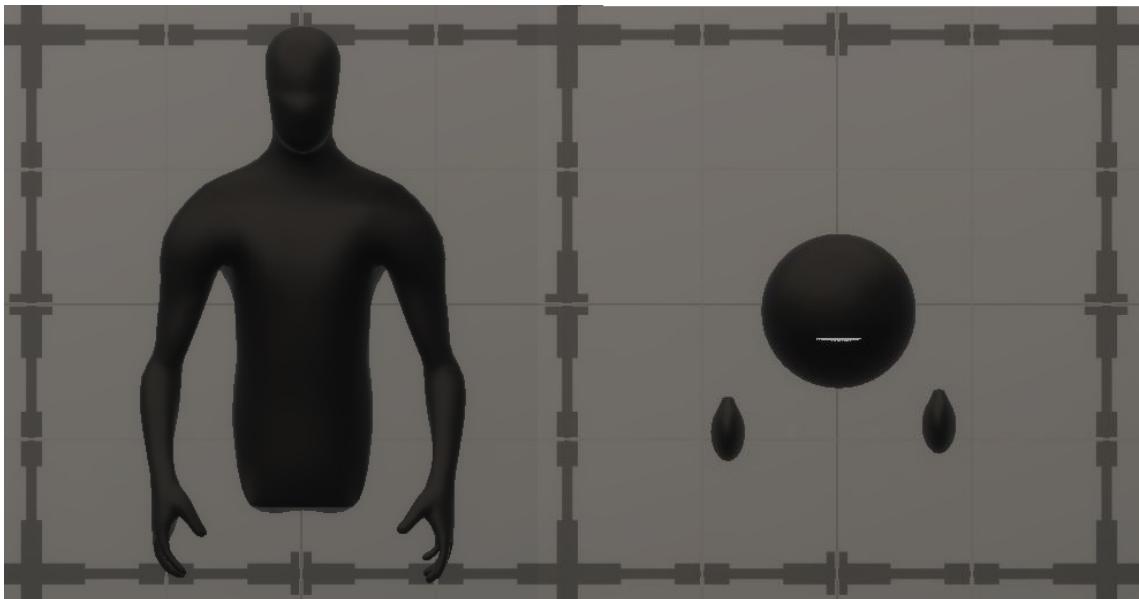


Abbildung 9 Die verwendeten Avatare : Links: IK-Avatar und rechts: Non-IK-Avatar.

IK-Avatar Der invers-kinematisch dargestellte Avatar besitzt laut der Studie von Waldow [WFG19, S. 251] ein neutrales Erscheinungsbild. Der Avatar hat keine Augen, Mund, Haare oder Beine. Lediglich der Oberkörper, der Kopf sowie die Arme sind zu erkennen. Dieser Avatar besitzt somit keine Beine und schwebt mit dem Torso über dem Boden. Die Handbewegungen, die Unterarmbewegungen, die Oberarmbewegungen sowie die Kopf- und Torsorotation des Avatar IK (menschenähnlich) werden invers-kinematisch dargestellt. Die Positions- und Rotationsdaten für den Kopf und den Oberkörper werden über das HMD gewonnen. Die Positions- und Rotationsdaten der Arme werden

über die beiden Controller gewonnen. Der Kopf des Avatars besitzt einen horizontalen Bewegungsbereich von 90°. Wenn der Kopf diesen Bereich verlässt, rotiert der Oberkörper in Richtung der aktuellen Blickrichtung des Avatars. Der Oberkörper des Avatars folgt der Rotation des Kopfes also nicht simultan. Zusammen mit menschlichen Motion-Capture-Daten einer Leerlaufanimation wurde so eine plausible menschliche Bewegung erzeugt [WFG19, S. 251].

Non-IK-Avatar Der NIK (nicht menschenähnlich)-Avatar besteht aus einer Kugel mit Mund sowie einer Repräsentation der linken und der rechten Hand. Durch den fehlenden Oberkörper und die fehlenden Beine, schwebt der Avatar über dem Boden. Der Kopf ist frei beweglich und unabhängig von den Händen. Der Mund des Avatars bewegt sich nicht, sondern dient am Kopf als Orientierungspunkt. Dadurch kann ausgemacht werden, in welche Richtung der Kopf des Avatars gedreht ist. Die Positions- und Rotationsdaten für den Kopf werden über das HMD gewonnen. Die Positions- und Rotationsdaten für die Hände werden über die beiden Controller gewonnen.

Abbildung 10 zeigt beide Avatar-Konditionen IK (menschenähnlich) (a) und NIK (nicht menschenähnlich) (b) während der Versuchsdurchführung im Spectatorview.

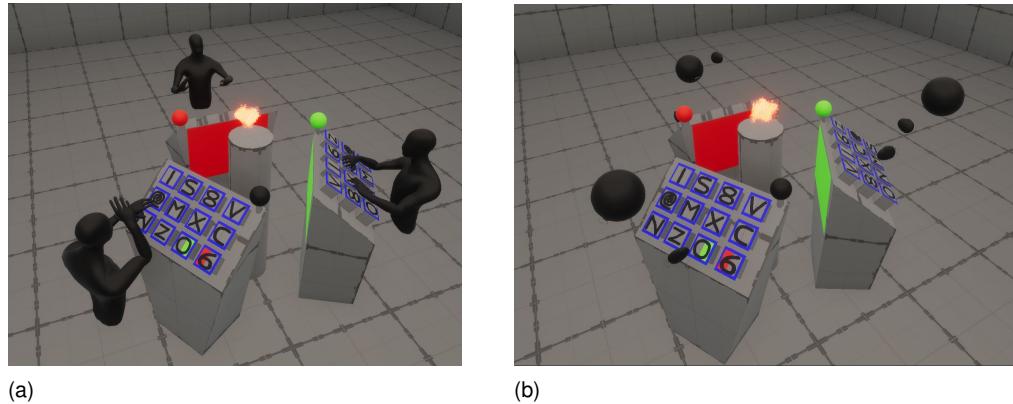


Abbildung 10 Avatar-Konditionen IK (menschähnlich) (a) und NIK (nicht menschenähnlich) (b) während der Versuchsdurchführung im Spectatorview.

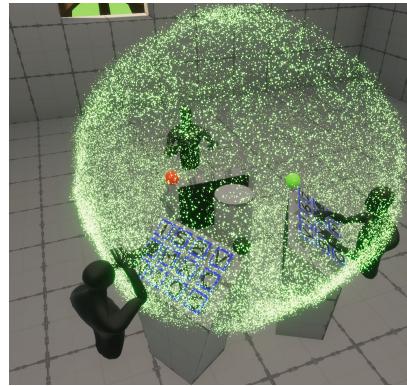


Abbildung 11 Die Grüne Kugel erscheint bei einer erfolgreich abgeschlossenen Runde gut sichtbar für alle Teilnehmer.

Erwarteter Vertrauensaufbau Der zu erwartende Vertrauensaufbau des erklärenden Spielers einer Runde bezieht sich darauf, dass er seinen Mitspielern vertraut, die Symbole zuverlässig und ohne größere Probleme zu erraten. Der zu erwartende Vertrauensaufbau der Mitspieler bezieht sich darauf, dass diese dem erklärenden Spieler zutrauen, die Symbole zuverlässig zu erklären.

Zum Messen des *kognitiven Vertrauens* der einzelnen Individuen, wird in dieser Studie ein Teilauszug des *Cognitive-Trust-Scale* [McA95, S. 37] (siehe *Anhang D*) genutzt.

Erwartete Teameffektivität Je mehr *kognitives Vertrauen* sich durch die einzelnen Runden aufbaut, desto leichter fällt es den Teilnehmern, eine größere Anzahl an Runden abzuschließen. Und je weniger *kognitives Vertrauen* sich durch die einzelnen Runden aufbaut, desto schwerer fällt es den Teilnehmern, eine größere Anzahl an Runden abzuschließen. Dies wird in Bezug zu den einzelnen Avatar-Konditionen betrachtet.

Zum Messen der *wahrgenommenen Teameffektivität* der einzelnen Teilnehmer wird in dieser Studie ein Teilauszug des *Team-Effectiveness-Scale* (siehe *Anhang F*) [GZBS03, S. 469] genutzt. Zum Messen der *subjektiv wahrgenommenen Arbeitsbelastung* wird der NASA-TLX (siehe *Anhang G*) [Har80] verwendet. Zum Messen der *Teameffektivität* wird die Anzahl der abgeschlossenen Runden des durchgeführten Experiments genutzt. Schafft ein Team eine Runde, hat dieses eine *Teameffektivität* von 1, schafft es 10 Runden, hat es eine *Teameffektivität* von 10.

2.3 Die Versuchsumgebung

Das System besitzt folgende **technische Anforderungen**, die umgesetzt werden müssen:

- **Onlinefähigkeit und Unterstützung mehrerer HMDs:** Da die Teilnehmer auch von zu Hause an dem Versuch teilnehmen können sollen, muss die gesamte Anwendung mehrere HMDs unterstützen sowie auf sehr vielen verschiedenen Computermodellen zum Einsatz kommen können. Die gesamte Anwendung muss onlinefähig sein. Alle relevanten Statuszustände (Runde, Bewegungen und Positionen der Avatare, Rundenzeit, Status des jeweiligen Zustands des Podests eines Spielers etc.) müssen synchronisiert sein.
- **Geringe Latenz:** Das gesamte System muss latenzfrei sein, um die Bewegungen und Interaktionen der Avatare für die Nutzer nachvollziehbar und realistisch zu machen.
- **Steuerung und Verwaltung der Anwendung durch einen Spectator:** Damit der Versuchsleiter so wenig wie möglich in den Versuch eingreift, muss die Anwendung von außen über einen eigenen Spectator-Client gesteuert werden können.
- **Interaktionsmöglichkeiten:** Es muss eine Übertragung der aktuellen Zustände der Knöpfe auf den Podesten zu allen Teilnehmern im SVE stattfinden.
- **Sprachübertragung:** Es muss eine Sprachübertragung von einem Client zu allen Nutzern und von allen Nutzern zum Client stattfinden können.
- **Avatar-Konditionen:** Es müssen die beiden Avatar-Konditionen IK (menschenähnlich) sowie NIK (nicht menschenähnlich) im System vorhanden sein.

Weiterhin besitzt das System noch **zusätzliche Anforderungen**:

- **Teamfähigkeit** Das Team muss eine Aufgabe gemeinsam lösen. Jedes Teammitglied muss zu gleichen Teilen involviert sein. Fehlt ein Teammitglied, soll die Aufgabe nicht lösbar sein.
- **Inkrementelle Erhöhung der Schwierigkeit** Um einen Vergleich zwischen der *Teameffektivität* der unterschiedlichen Gruppen herzustellen, mussten die Runden inkrementell schwieriger werden. Dies wurde dadurch gelöst, dass die Teilnehmer nach jeder dritten Runde ein Symbol mehr gestikulieren oder erraten mussten.
- **Vermeidung von Bekanntheit** Um die gegenseitige Bekanntheit der Teilnehmer auszuschließen, wurde jedem Teilnehmer zu Beginn des Versuchs ein zufälliger Name zugeordnet. Vor dem gesamten Versuch konnten sich die Teilnehmer nicht sehen oder hören. Dadurch wird verhindert, dass die Teilnehmer bereits vor dem Versuch ein *kognitives Vertrauen* oder *kognitives Misstrauen* zu den anderen Personen aufbauen.
- **Keine verbale Kommunikation** Da die Stimme der Teilnehmer ein Residuum ist, wurde die verbale Kommunikation von Versuchsteilnehmer zu Versuchsteilnehmer nicht gestattet.

2.3.1 Technik der Versuchsumgebung

Um den Versuch durchzuführen, wurde ein SVE entwickelt, in dem sich die drei Teammitglieder gegenseitig als Avatare sehen und miteinander interagieren können. Das SVE ist mit Unity 2019.4.3f1

und der HD-Render-Pipeline entwickelt worden. Um die Echtzeitkommunikation zwischen den einzelnen Clients zu gewährleisten, wurde das Multiplayer-Framework *Normcore v2.0*⁹ genutzt. Normcore unterstützt Network-Physics simulationen, automatische Realtime- Synchronisation, Voice-Chat, XR-Kompatibilität sowie persistente Multiplayer-Räume.

Normcore Datastore / Sync Mechanismus Normcore besitzt das Konzept eines globalen Datenspeichers. Alle Zustände, egal ob die Position eines Spielers, einzelne bool, integer oder float Variablen, können in einem globalen Datenspeicher gespeichert werden. Werden Objekte in der Anwendung bewegt, synchronisiert Normcore diese Änderung der Position und/oder Rotation automatisch bei allen anderen Mitspielern.

Auswahl der Hardware Um an dem Experiment teilnehmen zu können, benötigen die Teilnehmer ein in vollem Umfang funktionierendes SteamVR, Windows-Mixed-Reality oder ein Oculus Rift/Rift-S HMD mit kompatiblen Controllern sowie einen leistungsstarken VR-fähigen PC. Der Spectator, der das Experiment von außerhalb steuert und verwaltet, nutzt einen PC, auf dem die Anwendung ohne HMD ausführbar ist.

VR-Client Jeder Versuchsteilnehmer benötigt eine Client Version der Anwendung, um an dem Versuch teilzunehmen. Die Client Version gibt es in drei verschiedenen Versionen. Diese verschiedenen Versionen unterstützen die SteamVR HMDs, die Oculus Rift HMDs und die Windows Mixed-Reality HMDs. Beim Start des Clients gelangt der Teilnehmer in das SVE und verbindet sich automatisch mit dem Server (Normcore-Raum).

Spectator Der Spectator besitzt einen eigenen Client ohne eigene Repräsentation des Körpers und benötigt daher auch kein HMD, um an der Session teilzunehmen. Dem Spectator ist es möglich, sich frei mit der Kamera in der Umgebung zu bewegen. Er hat die Fähigkeit, das Spiel zu starten, die Nummer der zu beginnenden Runde einzustellen, einen Restart durchzuführen, sich die verbundenen Spieler anzusehen und herauszuwerfen, die Avatar-Kondition der Clients zwischen IK (menschenähnlich) und NIK (nicht menschenähnlich) zu wechseln sowie das Spiel zu verlassen. Der Spectator kann beispielsweise Spieler herauszuwerfen, um die Session aufzuräumen und diese für das nächste Team vorzubereiten. Weiterhin besitzt der Spectator noch einige Funktionen, um Informationen über das aktuelle Spielgeschehen zu erhalten. So bekommt er die vergangene Zeit, die aktuelle Rundenzahl, die Effizienz des Teams, die Information über die Korrektheit der gewählten Eingaben der Spieler und die Anzahl der zu erklärenden Symbole angezeigt. Die Anzahl der im Raum anwesenden Spieler werden ebenfalls aufgeführt. So sieht der Spectator *Player 1* bis *Player 3* bei einem vollständigen Team auf seinem Bildschirm.

Der Spectator-Client wird in *Abbildung 12* dargestellt.

⁹www.Normcore.io

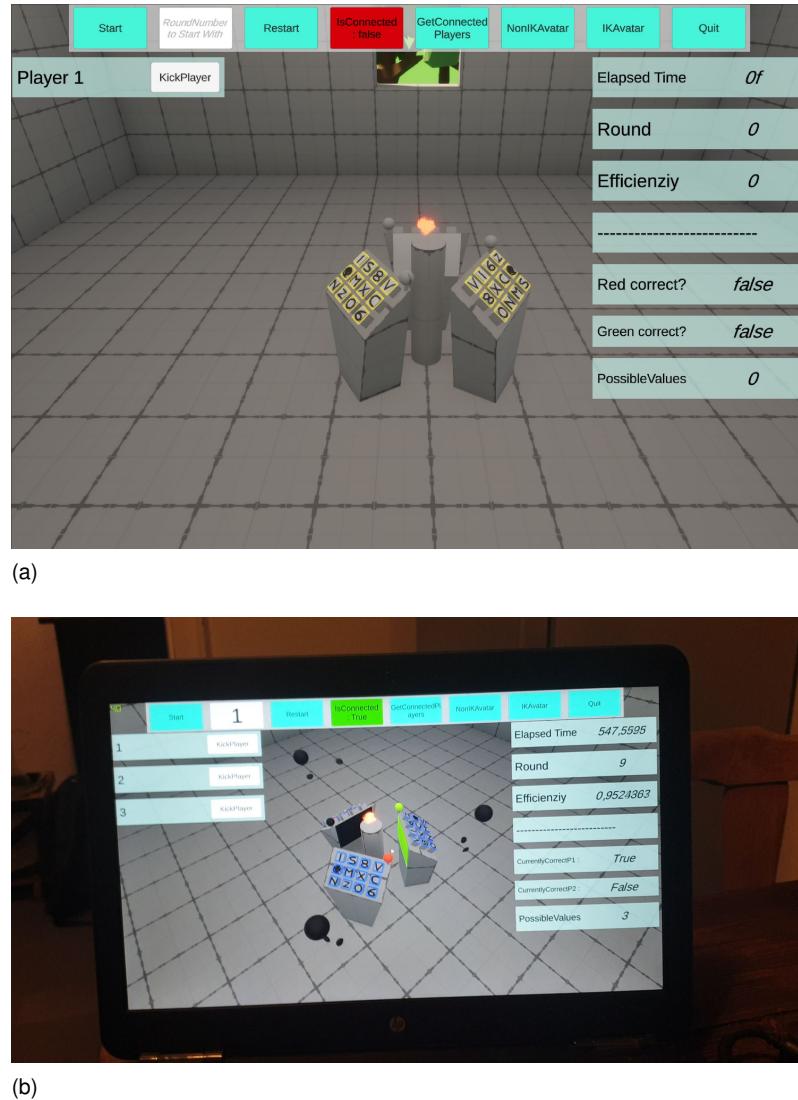


Abbildung 12 Diese Abbildung zeigt den Spectator-Client mit den verschiedenen Funktionen zum Verwalten des laufenden Versuchs. (a) Ohne User und (b) während eines Versuchsdurchlaufs auf einem Laptop.

GameManager Der GameManager übernimmt alle wichtigen Funktionen zur Steuerung der Anwendung und der Netzwerkkommunikation. Diese sind unter anderem:

- Steuerung und Entscheidungslogik der Runden
- Netzwerkmanagement und RPC-Handling
- Start, Reset, Überprüfungsmechanismen sowie Zeitmessungen der einzelnen Runden
- Interaktionen und Verwaltung von globalen Datastore-Variablen

Die Netzwerkkommunikation zwischen den einzelnen Clients und dem Spectator wird vom *GameManager* verwaltet. Der Spectator sowie der Client besitzen *GameManager* mit unterschiedlichen Funktionalitäten. Der *GameManager* des *Clients* übernimmt das für den Client relevante RPC-basierte Netzwerkhandling. Gleichzeitig lauscht dieser auf Änderungen von relevanten Variablen im globalen Datastore. Eine wesentliche Aufgabe ist es, zu überprüfen, ob eine Runde vom *GameManager* des *Spectators* als beendet markiert wurde um gegebenenfalls die Initialisierung einer neuen Runde einzuleiten.

Der *GameManager* des *Spectators* gibt hauptsächlich Information über den Start, Stop oder den Reset der einzelnen Runden an die *GameManager* der Clienten weiter. Weiterhin steuert dieser aufgrund seiner besonderen Rolle ebenfalls die Spectator-to-Client Netzwerkinteraktionen, die Audioübertragung, den Kickmechanismus, die Rundenauswahl und das Aussehen der Avatare. In Abbildung 13 wird ein grober Überblick über die Zusammenhänge und Funktionalitäten der *GameManager* untereinander gegeben.

Die *GameManager* der *Clients* stehen in Verbindung mit den einzelnen Podesten der Spieler. Der *PodestManager* eines jeweiligen Clients verwaltet die Podeste, welche wiederum einzelne Knöpfe eines Podests verwalten. Drückt ein Spieler einen Knopf, um ein Symbol ein- oder auszuloggen, sendet der Knopf eine Information über seinen Zustand an den *Podestmanager* des Clients. Dieser überprüft wiederum, ob die in diesem Moment gedrückten Knöpfe mit dem Auftrag der Runde übereinstimmen. Falls die gedrückten Knöpfe mit den zu drückenden Knöpfen dieser Runde übereinstimmen, wird eine boolean-Variable in einem globalen Datastore umgeschaltet, die den *GameManager* des Spectators darüber informiert, dass ein Teilnehmer die korrekten Knöpfe dieser Runde gedrückt hat. Haben der rote und grüne Spieler die korrekten Knöpfe gedrückt und dadurch eine Flag im globalen Datastore über die jeweilige Korrektheit gesetzt, registriert der *GameManager* des Spectators dies und setzt einen Flag über das erfolgreiche Abschließen der Runde. Die Clients registrieren dies und leiten die Startsequenz der nächsten Runde ein.

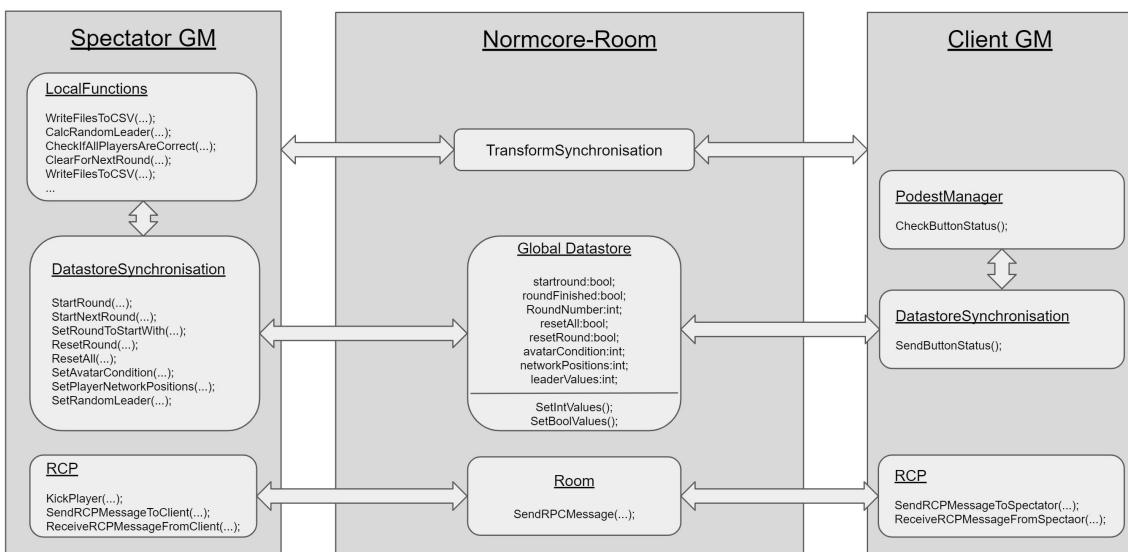


Abbildung 13 Diese Abbildung gibt einen groben Überblick über die Zusammenhänge der Funktionalitäten der GameManager des Experiments im SVE .

Audioübertragung Die Audioübertragung wird vom GameManager des Clients sowie dem Spectator verwaltet. Sobald ein Teilnehmer mit dem Normcore-Netzwerk verbunden ist, wird das Mikrofon des HMDs aktiviert. Es werden unterschiedliche MessageID's für Spectator und Client für die Netzwerkpakete festgelegt. Die serialisierten Audiodaten werden mittels RCP-Message an alle verbundenen Teilnehmer gesendet. Der Spectator liest nur die Netzwerknachrichten mit der MessageID der Clients und der Client liest die Netzwerknachrichten mit der MessageID des Spectators.

Abbildung 14 zeigt den Programmcode des Spectator für das Eingehen einer RCP-Nachricht beispielhaft. Wird ein RCP-Paket erkannt, wird dieses entpackt und die MessageID in den ersten 32-Bits der RCP-Message ausgelesen. Je nach MessageID, dient das RCP-Paket einem anderen

Zweck. Da der Spectator nur Audiostreams des Clients empfängt, muss dieser RCP-Messages mit einer MessageID von „2000“ verarbeiten. Wird die RCP-Message entpackt und es befindet sich die MessageID für Audiostreams vom Client in der Nachricht, wird dieser vom „NetworkAudioReceiver“ des Spectators verarbeitet. Falls kein „NetworkAudioReceiver“ vorhanden ist, wird ein neuer erstellt. Loggt sich ein neuer Client in das SVE ein und sendet einen Audiostream, wird für diesen Client ein neuer „NetworkAudioReceiver“ erstellt.

```

267     public void ClientRCPMessageReceived(Room room, byte[] data, bool reliable)
268     {
269         Debug.Log("RCP Message received from Client");
270         int messageID, clientID, byteCount;
271         byte[] messageBytes;
272         using (MemoryStream stream = new MemoryStream(data))
273         {
274             using (BinaryReader reader = new BinaryReader(stream))
275             {
276                 messageID = reader.ReadInt32();
277                 switch (messageID)
278                 {
279                     case 2000:
280                         clientID = reader.ReadInt32();
281                         byteCount = reader.ReadInt32();
282                         messageBytes = reader.ReadBytes(byteCount);
283                         Debug.Log("Audio Stream from Client Received!");
284                         string NetworkAudioObjectName = "Client AudioSourceFor_" + clientID;
285                         RawQueue.Enqueue(() =>
286                         {
287                             if (NetworkAudioDictionary.ContainsKey(clientID))
288                             {
289                                 NetworkAudioReceiver NAR = NetworkAudioDictionary[clientID];
290                                 if (NAR.aud == null)
291                                     Debug.Log("Returning due to no AudioSource created yet!");
292                                 else
293                                     NAR.setAudioData(messageBytes);
294                             }
295                             else
296                             {
297                                 Debug.Log("No AudioSource found! Creating new one!");
298                                 GameObject NewlyCreatedNetworkAudioReceiver = new GameObject();
299                                 NewlyCreatedNetworkAudioReceiver.name = NetworkAudioObjectName;
300                                 NetworkAudioReceiver nar = NewlyCreatedNetworkAudioReceiver.AddComponent<NetworkAudioReceiver>();
301                                 NetworkAudioDictionary.Add(clientID, nar);
302                             }
303                         });
304                         break;
305                     default:
306                         break;
307                 }
308             }
309         }
310     }

```

Abbildung 14 Programmcode zum Empfangen von Client RCP-Messages des Spectators.

Normcore Variable-Sync Um die Variablen im globalen Datenspeicher zu ändern, muss für jeden Datentyp eine Sync-Klasse geschrieben werden. Diese Sync-Klasse (siehe Abbildung 15) informiert den globalen Datenspeicher darüber, dass eine Variable geändert wurde. Der globale Datenspeicher informiert alle auf diese Variable zugreifenden Systeme darüber, dass eine Variable im globalen Datenspeicher geändert wurde und diese sich updaten sollen.

```

7  Unity Script | 11 references
8  public class BoolSync : RealtimeComponent
9  {
10     private BoolSyncModel _model;
11     private bool boolValue;
12     private bool toggleBoolValue;
13     public delegate void BoolValueChanged();
14     public event BoolValueChanged boolValueChanged;
15     0 references
16     private BoolSyncModel model{
17         set{
18             if(_model != null){
19                 _model.boolValueDidChange -= BoolValueDidChange;
20             }
21             // Store the model
22             _model = value;
23             if(_model != null){
24                 UpdateBoolValue();
25                 _model.boolValueDidChange += BoolValueDidChange;
26             }
27         }
28         2 references
29         private void BoolValueDidChange(BoolSyncModel model, bool value){
30             UpdateBoolValue();
31         }
32         2 references
33         private void UpdateBoolValue(){
34             boolValue = _model.boolValue;
35             boolValueChanged?.Invoke();
36         }
37         18 references
38         public bool GetBoolValue { get { return boolValue; } }
39         13 references
40         public void SetBoolValue(bool value){
41             _model.boolValue = value;
42         }
43         1 reference
44         public void ToggleBoolValue(){
45             if (GetBoolValue == false)
46                 SetBoolValue(true);
47             else
48                 SetBoolValue(false);
49         }
50     }

```

Abbildung 15 Programmcode zum Update einer globalen Variable.

Rundenschwierigkeit Ein ScriptableObject beinhaltet die Regeln sowie den Ablauf der einzelnen Runden. Es ermöglicht einen Vergleich der Teams, da jedes Team jeweils in derselben Reihenfolge dieselben Zeichen angezeigt bekommt. Das ScriptableObject beinhaltet somit die allgemeinen Rundeneinstellungen des Spiels. In jeder Runde bestimmt es die Anzahl der zu erratenden Symbole, die Zuteilung der Symbole auf die Knöpfe der Podeste und die Farbzuteilung der Spieler. Die Regeln wurden so definiert, dass der erklärende Spieler spätestens nach jeder dritten Runde wieder mit dem Erklären an der Reihe ist. Zudem wird nach jeder dritten Runde die Anzahl der zu erratenden Symbole um eins erhöht. Somit muss beispielsweise in den Runden 1-3 ein Symbol und in den Runden 4-6 zwei Symbole erraten und erklärt werden. Wer in einer Runde der schwarze, grüne oder rote Spieler ist und welche Symbole gedrückt werden müssen, wurde einmalig in den RoundRules pseudozufällig festgelegt.

Abbildung 16 zeigt die steigenden Schwierigkeitswerte, anhand derer in diesem Experiment die *Teameffektivität* gemessen wurde.

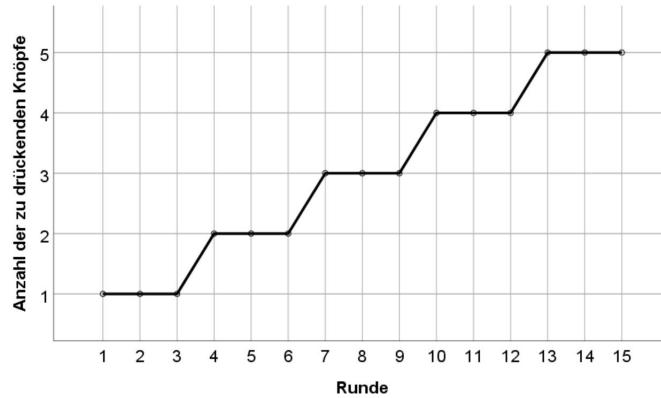


Abbildung 16 Die steigende Schwierigkeit der zu erratenden Symbole der einzelnen Runden. In Runde 1-3 muss ein Symbol erraten werden, in Runde 3-6 zwei Symbole usw.

CSV-Logwriting Der GameManager des Spectators sammelt alle relevanten Daten über die Clients, während die einzelnen Runden von den Teilnehmern durchgespielt werden. Es wird ein CSV-Log pro Durchgang inkrementell fortgeschrieben. Dieses Log umfasst unter anderem das Startdatum, die Startzeit, die Spielzeit, die Rundenzeit, die Rundennummer sowie die verwendete Avatar-Kondition.

Gametimer Funktionsweise Die jeweiligen Teams haben 600 Sekunden Zeit, um so viele Symbole wie möglich, richtig zu erkennen. Vor jeder Runde zählt ein Timer von 10 herunter, damit die Spieler kurz Zeit haben, sich auf die neue Runde einzustellen. Der Countdown ist für jeden Spieler zwischen den drei Podesten gut sichtbar platziert und wird jedem Spieler frontal angezeigt. Die 10 Sekunden zwischen den einzelnen Runden werden nicht zur Gesamtzeit hinzugezählt. Schaffen die Versuchsteilnehmer 10 Runden in 600 Sekunden zu absolvieren, dauert der Versuch somit insgesamt

$$600 + 10 * 10 = 700.$$

Sounds Tritt ein Teilnehmer dem Raum bei, wird der selbst aufgenommene Sound "Player Connected" abgespielt. Findet ein Disconnect statt, wird der Sound "Player Disconnected" abgespielt. Beim erfolgreichen Drücken eines Buttons ist ein Klick-Geräusch zu hören, um dem Spieler ein Feedback zu geben.

2.3.2 Optik der Versuchsumgebung

Aussehen der Umgebung Die Teilnehmer befinden sich in einem rechteckigen Raum mit vier Fenstern, vor denen einige Low-Poly Bäume platziert sind. Durch die Fenster und die davor stehenden Bäume wird eine gewisse Offenheit erzeugt, damit die Teilnehmer sich nicht in dem SVE eingesperrt fühlen. Weiterhin wurde der Raum in einer schlichten gräulichen Farbe gehalten, um nicht von dem Spiel und den darin verwendeten Farben abzulenken. Die Spieler sollen sich dadurch bestmöglich auf den Versuch konzentrieren können. Die gesamte Umgebung ist zudem möglichst performant entwickelt worden, damit sie mit vielen Systemen eingesetzt werden kann. Die Abbildung 17 zeigt die Versuchsumgebung von außen.



Abbildung 17 Die Versuchsumgebung von außen.

Avatar-Konditionen Betritt ein Versuchsteilnehmer das SVE, bekommt dieser als Selbstrepräsentation nur seine eigenen, menschenähnlichen Hände zu sehen. Diese Ansicht ist unabhängig von den Konditionen IK (menschenähnlich) und NIK (nicht menschenähnlich). Die Teilnehmer sehen folglich nur die jeweilige Avatar-Kondition der Mitspieler.

Fade-to-Black und Positionsmanagement Da sich alle Spieler im SVE frei bewegen können, müssen sie beim Spielstart vor ein Podest platziert werden. Startet der Spectator das Spiel, überprüft ein im globalen Datenspeicher liegendes Byte (die Bits des Bytes werden als Boolean genutzt), welche Podeste noch nicht belegt sind. Alle Mitspieler werden dementsprechend auf die freien Positionen vor die Podeste teleportiert. Damit es dem rot oder grün markierten Spieler nicht möglich ist, auf das Podest des erklärenden Spielers zu schauen, wurde ein Fade-to-Black Me-

chanismus implementiert. Entfernt sich ein Spieler von seinem Podest, wird sein Bild ab einem bestimmten Radius zunehmend schwärzer. Der Mechanismus funktioniert auch umgekehrt, so dass die Schwärze aus dem Bild verschwindet, sobald der Spieler sich wieder zu seinem Podest hin bewegt. Dasselbe Prinzip hält den erklärenden Spieler davon ab, die entsprechenden Symbole auf den Podesten seiner Mitspieler drücken zu können. Die Kommunikation der Spieler ist somit notwendig für die Vollendung einer Runde.

Animationen, Shadergraph und VFX-Graph Die Teilnehmer können im SVE lediglich die virtuellen Hände ihrer eigenen Körperrepräsentation sehen. Da die Hauptinteraktion das Drücken der Knöpfe des zugeteilten Podestes darstellt, soll dies für die Teilnehmer so einfach wie möglich gestaltet sein. Die teilnehmende Person soll sofort verstehen, wie diese mit seinem Avatar einen Knopf drücken kann. Die virtuellen Hände besitzen das Aussehen echter Hände mit einem hellgrauem Karo-Muster. Drückt eine teilnehmende Person den Triggerbutton seines Controllers, schließen sich alle Finger zu einer Faust. Drückt ein Spieler einen der Symbol-Knöpfe, bekommt dieser durch eine gelbe Umrandung des Knopfes die Bestätigung, dass er den Knopf eingeloggt hat. Wird der Knopf erneut gedrückt, verschwindet die gelbe Umrandung. Diese Umrandungen leuchten im Ping-Pong-Effekt auf und wurden mit dem Unity Shader-Graph erstellt. Die Teilnehmer sehen während einer Runde einen leuchtenden Ball zwischen den Podesten schweben, der aus einem Unitys VFX-Graph Partikelsystem besteht. Wird eine Runde beendet, wechselt die Farbe dieses Partikelsystems von Rot auf Grün und die Partikel werden auseinander geschleudert.

PlayerHeight/Position Change Die unterschiedlichen Körpergrößen und unterschiedlichen Zimmergrößen der Versuchsteilnehmer müssen bei diesem Experiment berücksichtigt werden. Falls eine Person zu klein oder zu groß für das virtuelle Podest ist, kann dieser seine Spielerkamera und somit seinen Avatar mit den Tasten Q und E bis zu einem bestimmten Schwellenwert höher oder niedriger stellen. Durch diesen Mechanismus ist es auch sitzenden Personen möglich, an dem Versuch teilzunehmen. Falls das Zimmer zu klein oder aus anderen Gründen nicht genügend Platz vorhanden ist, um die Knöpfe auf dem Podest zu betätigen, können sich die Spieler sich zu einem gewissem Grad mit den Tasten W, A, S und D vorwärts, links, rechts und rückwärts in Blickrichtung bewegen.

3 Statistische Auswertung

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit der statistischen Auswertung. Jeder Hypothese ist ein eigenes Unterkapitel zugeordnet, in dem eine auf die jeweilige Hypothese zugeschnittene Auswertung stattfindet. Alle Ergebnisse wurden mit *IBM SPSS Statistics* statistisch berechnet und ausgewertet (siehe *Anhang J*). Für jeden der hier aufgeführten Tests wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = .05$ festgelegt.

Die *Tabelle 4* und die *Tabelle 5* zeigen die verwendeten Methoden und Ergebnisse zur Auswertung der einzelnen Hypothesen im Überblick.

Die *Tabelle 7* zeigt eine deskriptive Statistik der relevantesten Variablen des Experiments.

3.1 Teilnehmer und Demografie

Insgesamt nahmen 30 Personen an der Studie teil, sodass es insgesamt zehn Teams gab. 19 (63,3%) Personen waren männlich und 11 (36,7%) weiblich. Im Schnitt waren die Teilnehmer 30 Jahre alt ($\bar{x} = 30,13$), wobei das 2. Quartil bei 28 Jahren liegt.

Abbildung 18 zeigt die Altersstruktur sowie die Verteilung des biologischen Geschlechts der Personen, die an dem Experiment teilgenommen haben.

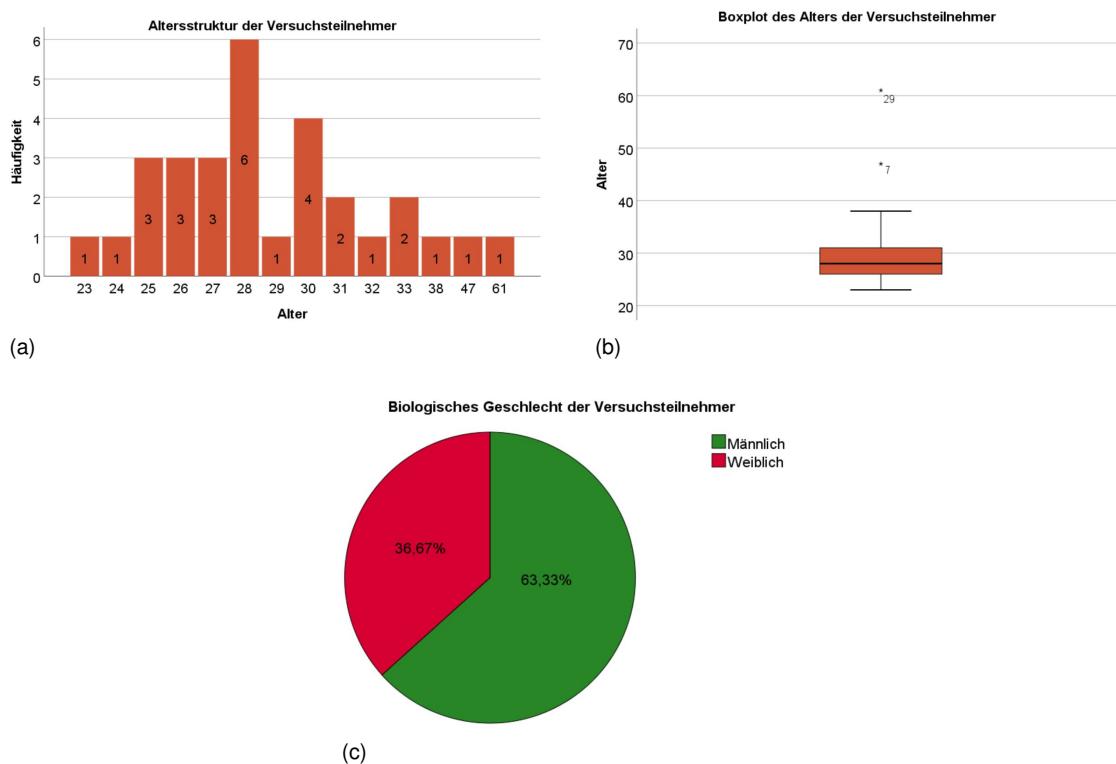


Abbildung 18 Abbildung (a) zeigt die Altersstruktur der Personen, die an dem Experiment teilgenommen haben. Abbildung (b) zeigt den Boxplot der Altersstruktur der Versuchsteilnehmer. Abbildung (c) zeigt die Verteilung des biologischen Geschlechts der Personen, die an dem Experiment teilgenommen haben.

Von den 30 Teilnehmern, besaß/en eine Person (3,3%) das *Fachabitur/Fachgebundene Hochschulreife*, 4 Personen (13,3%) das *Abitur/Allgemeine Hochschulreife*, 24 Personen (80%) ein *abgeschlossenes Studium* und eine Person (3,3%) eine *abgeschlossene Ausbildung* (siehe *Abbildung 19*).

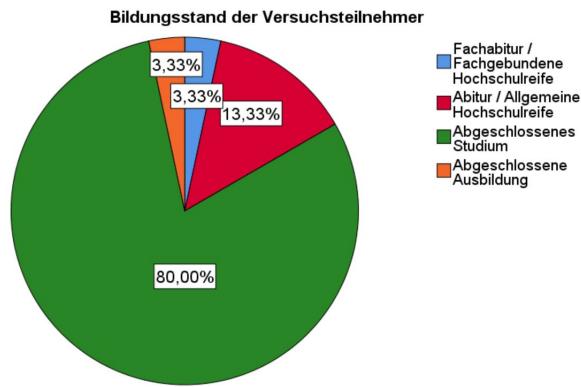


Abbildung 19 Diese Abbildung zeigt den Bildungsstand der Teilnehmer, die an dem Experiment teilgenommen haben.

Deutlich mehr als die Hälfte der Teilnehmer (66,6%) haben bereits Erfahrung in der VR gesammelt. Von diesen Teilnehmern haben wiederum 23,3 Prozent (7 der 30 Teilnehmer) an VR-Studien teilgenommen (siehe *Abbildung 20*).

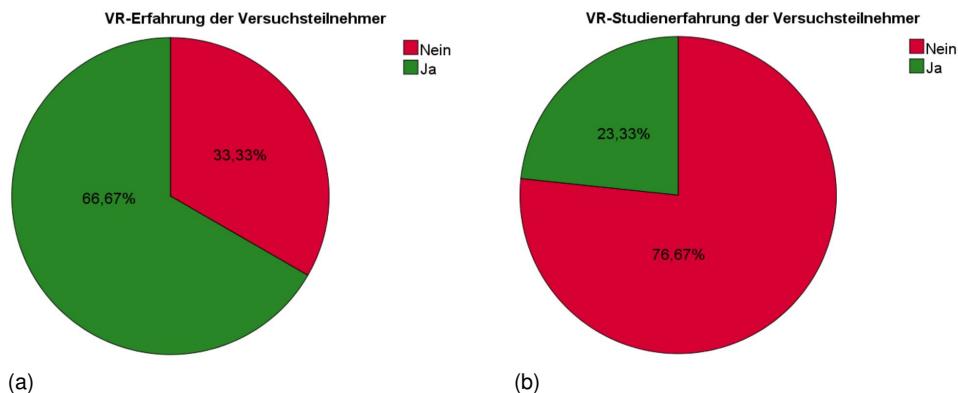


Abbildung 20 Diese Abbildung zeigt die VR Erfahrung (a) und die VR-Studien Erfahrung (b) der Teilnehmer.

Mittels einer Likert-Skala von 1-7 (1 = wenig, 7 = sehr viel) wurde nach dem Ausmaß der Internetnutzung im täglichen Leben gefragt. Dabei gab der Großteil (70%) der Teilnehmer an, dass diese das Internet *sehr viel* nutzen.

Mittels einer weiteren Likert-Skala von 1-7 (1 = wenig, 7= sehr viel) wurde danach gefragt, wie häufig die Teilnehmer Videospiele spielen. Der Mittelwert der Likert-Skala beträgt 3,5, wobei im 50% Perzentil das Videospiel-Ausmaß mit "3" beziffert wurde. Der Mittelwert betrug ($\bar{x} = 3,1$) und liegt damit ebenfalls unter dem Durchschnitt. *Abbildung 21* zeigt das Ausmaß der Internetnutzung und das Ausmaß des Videospielkonsums der Teilnehmer.

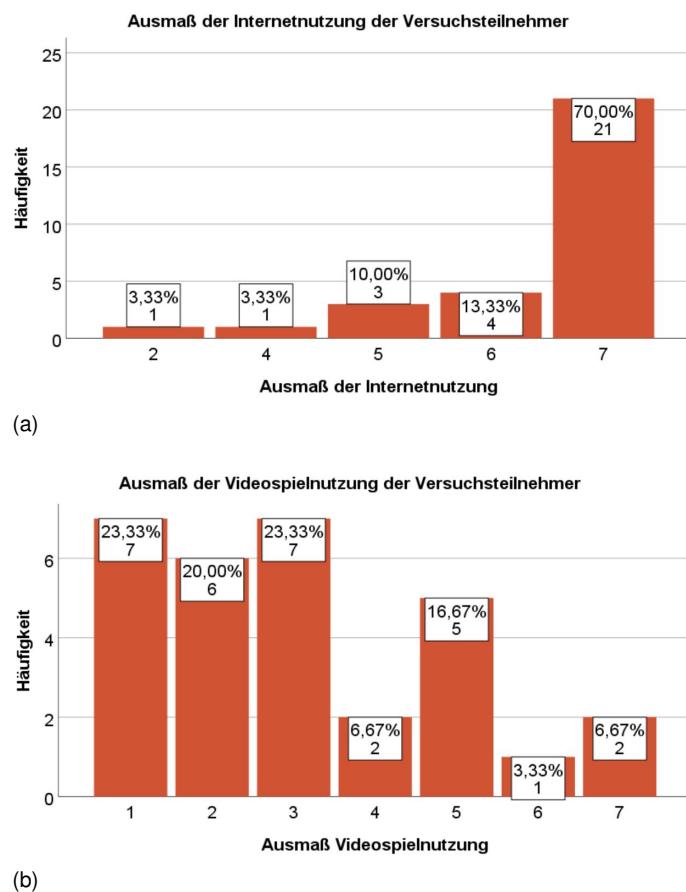


Abbildung 21 Diese Abbildungen zeigen das Ausmaß der Internetnutzung (a) und das Ausmaß des Videospielkonsums (b) der Teilnehmer.

3.2 Auswertung Hypothese 1

Allgemeines Auf *Konditionsebene* wird analysiert, ob die Teilnehmer aufgrund der unterschiedlichen Avatar-Konditionen unterschiedliches *kognitives Vertrauen* bilden. Dazu wird der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

Das *kognitive Vertrauen* ist laut dem Shapiro-Wilk-Test¹⁰ mit $p = ,002 < \alpha = ,05$ nicht normalverteilt. Der angegebene *kognitive Vertrauenswert* der Kondition IK (menschenähnlich) beträgt im Mittel $\bar{x} = 4,188$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = ,651$.

Der angegebene *kognitive Vertrauenswert* der Kondition IK (menschenähnlich) beträgt im Mittel $\bar{x} = 4,622$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = ,347$ (siehe Abbildung 22 und Abbildung 23).

Mann-Whitney-U-Test Die Verteilungsformen der beiden Konditionen unterscheiden sich laut Kolmogorov-Smirnov ($p = ,925 > \alpha = ,05$) nicht signifikant voneinander. Es gab laut Mann-Whitney-U-Test einen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der *kognitiven Vertrauenswerte* der Avatar-Konditionen IK (menschenähnlich) ($\bar{x} = 4,188$) und NIK (nicht menschenähnlich) ($\bar{x} = 4,622$) mit $U = 64,000; Z = -2,029; p = ,042 < \alpha = ,05; r = -,370$.

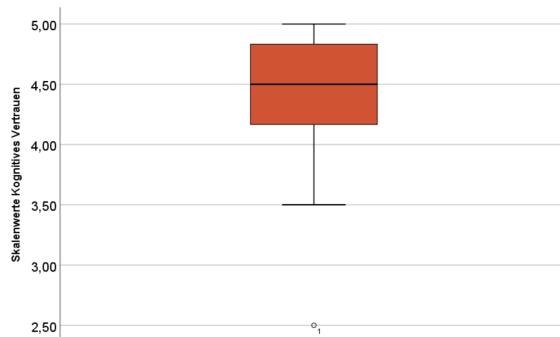


Abbildung 22 Boxplot der kognitiven Vertrauenswerte der Versuchsteilnehmer.

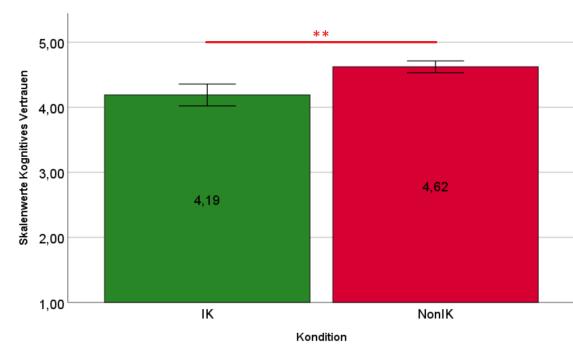


Abbildung 23 Die durchschnittlichen Ergebnisse des wahrgenommenen kognitiven Vertrauens der Avatar-Konditionen. Die Fehlerbalken zeigen die Standardfehler. Links die Kondition IK (menschenähnlich) und rechts die Kondition NIK (nicht menschenähnlich).
** : $p < \alpha = ,05$

¹⁰Der Shapiro-Wilk-Test ist ein Signifikanztest, der überprüft, ob eine Grundgesamtheit Normalverteilt ist [RW+11, S. 25].

3.3 Auswertung Hypothese 2

Allgemeines Es wird analysiert, ob ein Zusammenhang zwischen dem *generellen Vertrauenswert* und dem *kognitiven Vertrauenswert* auf Konditionsebene besteht.

Der *kognitive Vertrauenswert* muss für *Hypothese 1* auf *Konditionsebene* analysiert werden, da der *kognitive Vertrauenswert* aufgrund der unterschiedlichen Avatar-Konditionen gebildet wurde. Somit ist es nicht möglich, den Zusammenhang zwischen dem *generellen Vertrauenswert* und dem *kognitiven Vertrauenswert* auf *Individualebene* zu betrachten.

Der Shapiro-Wilk-Test zeigt, dass der *generelle Vertrauenswert* der Kondition IK (menschenähnlich) mit $p = ,382 > \alpha = ,05$ *normalverteilt* und der *generelle Vertrauenswert* der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) mit $p = ,944 > \alpha = ,05$ *normalverteilt* ist.

Aus einem weiteren Shapiro-Wilk-Test geht hervor, dass der *kognitive Vertrauenswert* der Kondition IK (menschenähnlich) mit $p = ,183 > \alpha = ,05$ *normalverteilt* und der *kognitive Vertrauenswert* der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) mit $p = ,069 > \alpha = ,05$ *normalverteilt* ist. Das Lowess-Verfahren¹¹ deutet augenscheinlich auf keinen linearen Zusammenhang zwischen dem *generellen Vertrauenswert* der Kondition IK (menschenähnlich) und dem *kognitiven Vertrauenswert* der Kondition IK (menschenähnlich) sowie dem *generellen Vertrauenswert* der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) und dem *kognitiven Vertrauenswert* der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) hin. Daher wird die Linearitätsannahme abgelehnt.

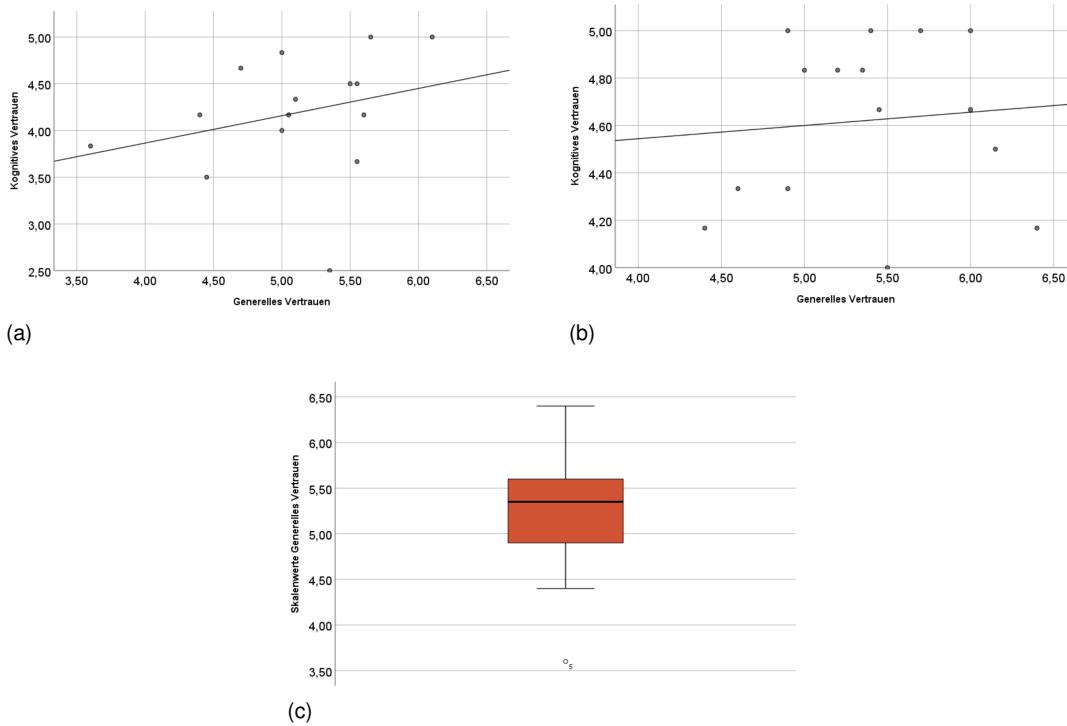


Abbildung 24 Korrelationen der generellen Vertrauenswerte mit den kognitiven Vertrauenswerten. Links (a) für die Kondition IK (menschenähnlich) und rechts (b) für die Kondition NIK (nicht menschenähnlich). (c) stellt den Boxplot der generellen Vertrauenswerte der individuellen Personen dar.

¹¹Das Lowess-Verfahren (Locally-Weighted Scatterplot Smoother) ist ein Verfahren, dass mittels einer lokal gewichteten Regressionsfunktion den Zusammenhang zweier oder mehrerer Variablen visuell ermöglicht.

Spearman-Korrelationsanalyse Es ist eine positive starke Korrelation (vgl. [Coh13]) mit dem Spearman-Korrelationskoeffizient $r = ,406$ zwischen dem *generellen Vertrauenswert* der Kondition IK (menschenähnlich) und dem *kognitiven Vertrauenswert* der Kondition IK (menschenähnlich) vorhanden. Die Spearman-Korrelation ist **nicht signifikant** ($p = ,134 > \alpha = ,05$).

Weiterhin liegt eine positive Korrelation schwacher Stärke (vgl. [Coh13]) mit dem Spearman-Korrelationskoeffizient $r = ,045$ zwischen dem *generellen Vertrauenswert* der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) und dem *kognitiven Vertrauenswert* der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) vor. Die Spearman-Korrelation ist **nicht signifikant** ($p = ,872 > \alpha = ,05$) (siehe Abbildung 24).

Fisher-Z-Transformation für unabhängige Stichproben Um herauszufinden, ob sich beide Korrelationen signifikant voneinander unterscheiden, wird eine Fisher-Z-Transformation für unabhängige Stichproben durchgeführt. Die beiden Korrelationen unterscheiden sich laut Fisher-Z-Wert für unabhängige Stichproben ($Z = ,954$) **signifikant** voneinander ($p = ,017 < \alpha = ,05$).

3.4 Auswertung Hypothese 3

Allgemeines Es wird der Zusammenhang zwischen dem *kognitiven Vertrauenswert von Teams* und der *Teameffektivität von Teams* auf Teamebene analysiert.

Vertrauenstabelle pro Team In einem Versuchsdurchlauf besitzt jedes der 3 Teammitglieder die gleiche Avatar-Kondition. Die Anzahl der abgeschlossenen Runden jedes einzelnen Teams bildet die *Teameffektivität des Teams*. Für jedes Team wird zudem ein gemeinsamer kognitiver Vertrauenswert berechnet. Dieser sagt aus, wie viel *kognitives Vertrauen* das gesamte Team gebildet hat und ergibt sich aus der Summe der *kognitiven Vertrauenswerte* der einzelnen Personen eines Teams. Dieser wurde für jedes einzelne Team derselben Kondition zusammengefasst (siehe *Tabelle 2*).

Im Anschluss wird eine Spearman-Korrelation zwischen der *Teameffektivität* und den *kognitiven Vertrauenswerten* auf *Teamebene* durchgeführt, wobei die Teams in verschiedene Konditionen aufgeteilt werden. Damit anschließend überprüft werden kann, ob sich beide Korrelationen voneinander unterscheiden, wird eine Fisher-Z-Transformation für unabhängige Stichproben durchgeführt.

Die *kognitiven Vertrauenswerte der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) sind laut Shapiro-Wilk-Test mit $p = ,109 > \alpha = ,05$ normalverteilt.

Die *kognitiven Vertrauenswerte der Teams* mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) sind laut Shapiro-Wilk-Test mit $p = ,278 > \alpha = ,05$ normalverteilt.

Die *Teameffektivität der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) ist laut Shapiro-Wilk-Test mit $p = ,844 > \alpha = ,05$ normalverteilt.

Die *Teameffektivität der Teams* mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) ist mit $p = ,453 > \alpha = ,05$ normalverteilt.

Das Lowess-Verfahren deutet augenscheinlich auf keinen linearen Zusammenhang zwischen den *kognitiven Vertrauenswerten der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) und der *Teameffektivität der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) sowie auf keinen linearen Zusammenhang zwischen den *kognitiven Vertrauenswerten der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) und der *Teameffektivität der Teams* mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) hin. Daher wird die Linearitätsannahme abgelehnt.

Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs der einzelnen Teams der verschiedenen Avatar-konditionen ($N = 5$) und der nicht eindeutigen Linearität durch das Lowess-Verfahren, wurde sich für eine Spearman-Korrelation entschieden.

Spearman-Korrelation Der Spearman-Korrelationskoeffizient zwischen den *kognitiven Vertrauenswerten der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) und der *Teameffektivität der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) beträgt $r = ,205$. Diese Korrelation moderater Stärke ist positiv (vgl. [Coh13]) und ist **nicht signifikant** ($p = ,741 > \alpha = ,05$).

Weiterhin ist eine starke positive Korrelation (vgl. [Coh13]) mit dem Spearman- Korrelationskoeffizient $r = ,975$ zwischen den *kognitiven Vertrauenswerten der Teams* mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) und der *Teameffektivität der Teams* mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) vorhanden. Diese Spearman-Korrelation ist **signifikant** ($p = ,005 < \alpha = ,05$) (siehe *Abbildung 25*).

Fisher-Z-Transformation für unabhängige Stichproben Obwohl die Stichprobe mit $N = 5$ sehr klein ist, wird eine Fisher-Z-Transformation für unabhängige Stichproben durchgeführt, um zu überprüfen, ob die beiden Spearman-Korrelationen sich signifikant voneinander unterscheiden. Es zeigt sich, dass sie sich laut Fisher-Z-Wert für unabhängige Stichproben ($Z = -1.977$), **signifikant** voneinander unterscheiden ($p = ,024 < \alpha = ,05$).

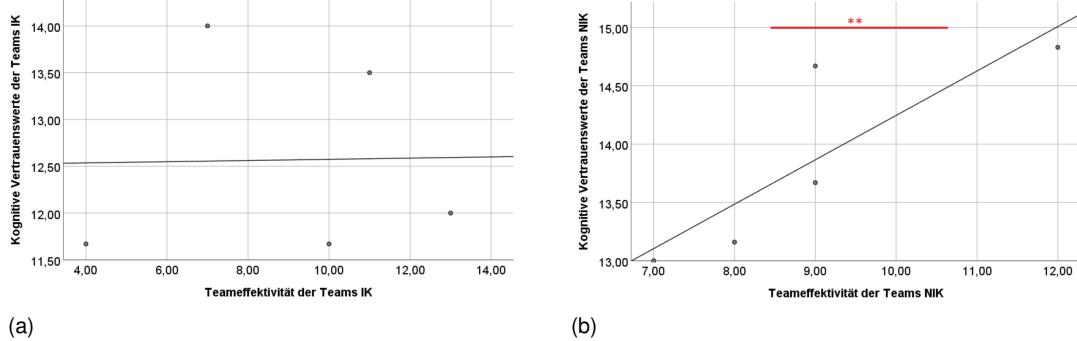


Abbildung 25 Korrelationen der kognitiven Vertrauenswerte der Teams mit der Teameffektivität der Teams. Links (a) für die Kondition IK (menschenähnlich) und rechts (b) für die Kondition NIK (nicht menschenähnlich).

Tabelle 2 Die kognitiven Vertrauenswerte und die erfolgreich abgeschlossenen Runden (*Teameffektivität*) - individuell und pro Team zusammengefasst. Kondition 1 definiert die Kondition IK (menschenähnlich) und Kondition 2 definiert die Kondition NIK (nicht menschenähnlich).

ID	Individueller kognitiver Vertrauenswert	Kondition	Erfolgreich abgeschlossene Runden (Teameffektivität)	Team ID	Summe ind. kog. Vertrauenswerte
1	2,50	1	4	Team 1	11,67
2	4,67	1	4		
3	4,50	1	4		
4	4,17	1	10	Team 2	11,67
5	3,83	1	10		
6	3,67	1	10		
7	5,00	1	7	Team 3	14,00
8	4,00	1	7		
9	5,00	1	7		
10	4,50	1	11	Team 4	13,50
11	4,17	1	11		
12	4,83	1	11		
13	4,33	1	13	Team 5	12,00
14	4,17	1	13		
15	3,50	1	13		
16	5,00	2	9	Team 6	14,67
17	4,67	2	9		
18	5,00	2	9		
19	5,00	2	12	Team 7	14,83
20	4,83	2	12		
21	5,00	2	12		
22	4,83	2	8	Team 8	13,16
23	4,33	2	8		
24	4,00	2	8		
25	4,33	2	7	Team 9	13,00
26	4,50	2	7		
27	4,17	2	7		
28	4,67	2	9	Team 10	13,67
29	4,83	2	9		
30	4,17	2	9		

3.5 Auswertung Hypothese 4

Allgemeines Auf *Konditionsebene* wird analysiert, ob die Teilnehmer aufgrund unterschiedlicher Avatar-Konditionen eine unterschiedliche *Teameffektivität* besitzen.

Die *Teameffektivität* ist laut Shapiro-Wilk-Test ($p = ,113 > \alpha = ,05$) normalverteilt. Daher wurde auf Varianzgleichheit der *Teameffektivitätswerte* der unterschiedlichen Avatar-Konditionen geprüft. Der Levene-Test zeigt keine Varianzgleichheit zwischen den *Teameffektivitätswerten* der Kondition IK (menschenähnlich) und den *Teameffektivitätswerten* der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) ($L = 10,182; p = ,003 < \alpha = ,05$). Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass sich die Varianzen *signifikant* voneinander unterscheiden.

Die *Teameffektivität* beträgt für die Kondition IK (menschenähnlich) im Durchschnitt $\bar{x} = 9,000$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = 3,273$.

Die *Teameffektivität* beträgt für die Kondition NIK (nicht menschenähnlich) im Durchschnitt $\bar{x} = 9,000$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = 1,732$ (siehe Abbildung 26 und Abbildung 27).

Mann-Whitney-U-Test Die Verteilungen der *Teameffektivitätswerte* der Kondition IK (menschenähnlich) und der *Teameffektivitätswerte* der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) unterscheiden sich laut Kolmogorov - Smirnov ($p = ,181 > \alpha = ,05$) **nicht signifikant** voneinander. Es gibt **keinen signifikanten Unterschied** zwischen den Mittelwerten der *Teameffektivität* der Kondition IK (menschenähnlich) ($\bar{x} = 9,000$) und der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) ($\bar{x} = 9,000$) mit $U = 103,500; Z = -,377; p = ,706 > \alpha = ,05; r = -,060$.

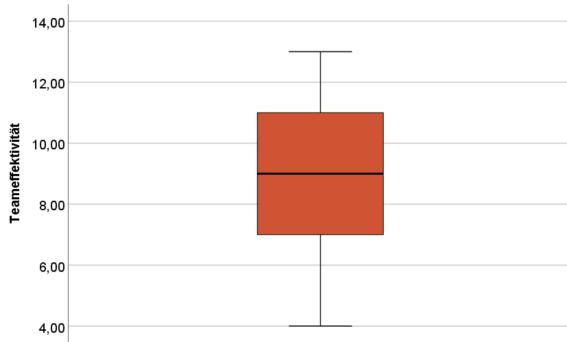


Abbildung 26 Boxplot der Teameffektivitätswerte.

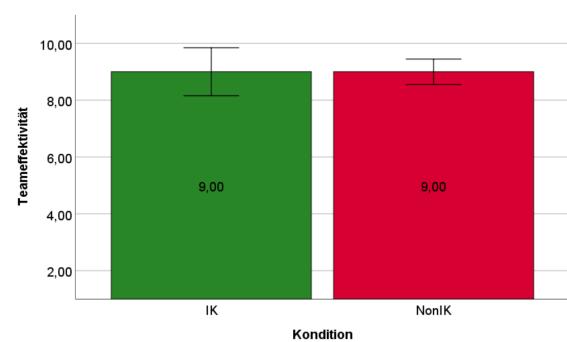


Abbildung 27 Die durchschnittliche *Teameffektivität* unterschiedlicher Avatar-Konditionen. Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler. Links die Kondition IK (menschenähnlich) und rechts die Kondition NIK (nicht menschenähnlich).

3.6 Auswertung Hypothese 5

Allgemeines Es wird der Zusammenhang zwischen dem *generellen Vertrauenswert von Teams* und der *Teameffektivität von Teams* auf Teamebene analysiert.

Vertrauenstabelle pro Team Es wird der *generelle Vertrauenswert eines Teams* durch das Aufsummieren der individuellen *generellen Vertrauenswerte* der drei Personen eines Teams gebildet. Da jedes Teammitglied dieselbe Anzahl an Runden abgeschlossen hat, besitzen diese drei Teammitglieder dieselbe *Teameffektivität*. Es wird eine Spearman-Korrelation zwischen der *Teameffektivität der Teams* und den *generellen Vertrauenswerten der Teams* pro Avatar-Kondition durchgeführt, um Zusammenhänge untereinander festzustellen zu können. Damit überprüft werden kann, ob sich die beiden Spearman-Korrelationen signifikant voneinander unterscheiden, wird anschließend eine Fisher-Z-Transformation für unabhängige Stichproben durchgeführt. Die individuellen generellen Vertrauenswerte und die erfolgreich abgeschlossenen Runden (*Teameffektivität*) sind in der *Tabelle 3* dargestellt:

Die *generellen Vertrauenswerte der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) sind laut Shapiro-Wilk-Test mit $p = ,210 > \alpha = ,05$ normalverteilt.

Die *generellen Vertrauenswerte der Teams* mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) sind laut Shapiro-Wilk-Test mit $p = ,091 > \alpha = ,05$ normalverteilt.

Die *Teameffektivitätswerte der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) sind laut Shapiro-Wilk-Test mit $p = ,844 > \alpha = ,05$ normalverteilt.

Die *Teameffektivitätswerte der Teams* mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) sind laut Shapiro-Wilk-Test mit $p = ,453 > \alpha = ,05$ normalverteilt.

Das Lowess-Verfahren deutet augenscheinlich auf keinen linearen Zusammenhang zwischen den *generellen Vertrauenswerten der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) und den *Teameffektivitätswerten der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) sowie auf keinen linearen Zusammenhang zwischen den *generellen Vertrauenswerten der Teams* mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) und den *Teameffektivitätswerten der Teams* mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) hin. Daher wird die Linearitätsannahme nicht angenommen.

Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs der Teams pro Avatar-Kondition ($N = 5$) und der nicht eindeutigen Linearität durch das Lowess-Verfahren, wurde sich für eine Spearman-Korrelation entschieden.

Spearman-Korrelation Es ist eine starke negative Korrelation (vgl. [Coh13]) mit dem Spearman-Korrelationskoeffizient $r = -,800$ zwischen den *generellen Vertrauenswerten der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) und den *Teameffektivitätswerten der Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) vorhanden. Die Spearman-Korrelation ist **nicht signifikant** ($p = ,104 > \alpha = ,05$).

Weiterhin ist eine starke negative Korrelation (vgl. [Coh13]) mit dem Spearman- Korrelationskoeffizient $r = -,667$ zwischen den *generellen Vertrauenswerten der Teams* mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) und den *Teameffektivitätswerten der Teams* mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) vorhanden. Die Spearman-Korrelation ist **nicht signifikant** ($p = ,219 >$

$\alpha = ,05$) (siehe Abbildung 28).

Fisher-Z-Transformation für unabhängige Stichproben Es wird eine Fisher-Z-Transformation für unabhängige Stichproben durchgeführt. Die beiden Spearman-Korrelationen unterscheiden sich laut Fisher-Z-Wert für unabhängige Stichproben ($Z = -,293$) **nicht signifikant** voneinander ($p = ,385 > \alpha = ,05$).

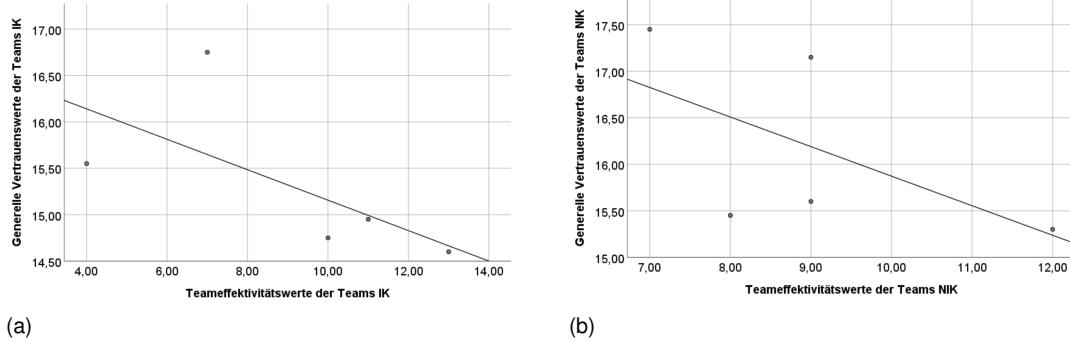


Abbildung 28 Korrelationen der generellen Vertrauenswerte der Teams mit der Teameffektivität der Teams. Links (a) für die Kondition IK (menschenähnlich) und rechts (b) für die Kondition NIK (nicht menschenähnlich).

Tabelle 3 Die individuellen generellen Vertrauenswerte und die erfolgreich abgeschlossenen Runden (*Teameffektivität*) - individuell und pro Team zusammengefasst. Kondition 1 definiert die Kondition IK (menschenähnlich) und Kondition 2 definiert die Kondition NIK (nicht menschenähnlich).

ID	Individueller genereller Vertrauenswert	Kondition	Erfolgreich abgeschlossene Runden (Teameffektivität)	Team ID	Summe ind. gen. Vertrauens- werte
1	5,35	1	4	Team 1	15,55
2	4,70	1	4		
3	5,50	1	4		
4	5,60	1	10	Team 2	14,75
5	3,60	1	10		
6	5,55	1	10		
7	6,10	1	7	Team 3	16,75
8	5,00	1	7		
9	5,65	1	7		
10	5,55	1	11	Team 4	14,95
11	4,40	1	11		
12	5,00	1	11		
13	5,10	1	13	Team 5	14,60
14	5,05	1	13		
15	4,45	1	13		
16	6,00	2	9	Team 6	17,15
17	5,45	2	9		
18	5,70	2	9		
19	4,90	2	12	Team 7	15,30
20	5,00	2	12		
21	5,40	2	12		
22	5,35	2	8	Team 8	15,45
23	4,60	2	8		
24	5,50	2	8		
25	4,90	2	7	Team 9	17,45
26	6,15	2	7		
27	6,40	2	7		
28	6,00	2	9	Team 10	15,60
29	5,20	2	9		
30	4,40	2	9		

Tabelle 4 Übersicht zur Auswertung der Hypothesen 1 - 3

Was wurde gemessen?	Hypothese 1	Hypothese 2	Hypothese 3
Shapiro-Wilk-Test	<p>kognitives Vertrauen:</p> $p = ,002 < \alpha = ,05^*$	<p>generelles Vertrauen - IK:</p> $p = ,382 > \alpha = ,05$ <p>generelles Vertrauen - NIK:</p> $p = ,944 > \alpha = ,05$ <p>kognitives Vertrauen - IK:</p> $p = ,183 > \alpha = ,05$ <p>kognitives Vertrauen - NIK:</p> $p = ,069 > \alpha = ,05$	<p>kognitives Vertrauen Team - IK:</p> $p = ,109 > \alpha = ,05$ <p>kognitives Vertrauen Team - NIK:</p> $p = ,278 > \alpha = ,05$ <p>Teameffektivität - IK:</p> $p = ,844 > \alpha = ,05$ <p>Teameffektivität - NIK:</p> $p = ,453 > \alpha = ,05$
Mann-Whitney-U	<p>Kolm. Smirnov:</p> $p = ,925 > \alpha = ,05$ <p>Mann-Whitney-U :</p> $U = 64,000$ $Z = -2,029$ $p = ,042 < \alpha = ,05^*$ $r = -,370$		
Spearman-Roh Korrelation		<p>generelles Vertrauen - IK und kognitives Vertrauen - IK:</p> $r = ,406$ $p = ,134 > \alpha = ,05$ <hr/> <p>generelles Vertrauen - NIK und kognitives Vertrauen - NIK:</p> $r = ,045$ $p = ,872 > \alpha = ,05$	<p>kognitives Vertrauen Team - IK und Teameffektivität - IK:</p> $r = ,205$ $p = ,741 > \alpha = ,05$ <hr/> <p>kognitives Vertrauen Team - NIK und Teameffektivität - NIK:</p> $r = ,975$ $p = ,005 < \alpha = ,05^*$
Fishers-Z-Transformation für unabh. Stichp.		$r = ,406; N = 5$ und $r = ,045; N = 5$: $Z = ,954$ $p = ,017 < \alpha = ,05^*$	$r = ,205; N = 5$ und $r = ,975; N = 5$: $Z = -1,977$ $p = ,024 < \alpha = ,05^*$

Tabelle 5 Übersicht zur Auswertung der Hypothesen 4 - 5

Was wurde gemessen?	Hypothese 4	Hypothese 5
Shapiro-Wilk-Test	<i>Teameffektivität :</i> $p = ,113 > \alpha = ,05$	<i>kognitives Vertrauen Team - IK :</i> $p = ,210 > \alpha = ,05$ <i>kognitives Vertrauen Team - NIK :</i> $p = ,091 > \alpha = ,05$ <i>Teameffektivität - IK :</i> $p = ,844 > \alpha = ,05$ <i>Teameffektivität - NIK :</i> $p = ,453 > \alpha = ,05$
Mann-Whitney-U	<i>Kolm. Smirnov:</i> $p = ,181 > \alpha = ,05$ <i>Mann-Whitney-U:</i> $U = 103,500$ $Z = -,377$ $p = -,706 > \alpha = ,05$ $r = -,060$	
Varianzgleichheit	<i>Levene-Test:</i> $L = 10,182 p = ,003 < \alpha = ,05^*$	
Spearman-Roh Korrelation		<i>generelles Vertrauen Team - IK und Teameffektivität - IK:</i> $r = -,800$ $p = ,104 > \alpha = ,05$ <hr/> <i>generelles Vertrauen Team - NIK und Teameffektivität - NIK:</i> $r = -,667$ $p = ,219 > \alpha = ,05$
Fishers-Z-Transformation für unabh. Stichp.		$r = -,800; N=5$ und $r = -,667; N=5$: $Z = -,293$ $p = ,385 > \alpha = ,05$

3.7 Auswertung subjektiver Daten

Im Folgenden werden die subjektiven Fragebögen in Bezug auf die beiden Avatar-Konditionen ausgewertet.

Die subjektiven Daten wurden auf Extremwerte überprüft. Jedoch lassen sich diese Extremwerte nicht pauschal als Ausreißer klassifizieren. Dies geht aus dem jeweiligen Feedback der Nutzer hervor sowie dem Vergleich anderer angegebener Werte der Fragebögen. Die milden Extremwerte der *Präsenz*, der *Telepräsenz* sowie der *wahrgenommenen Co-Präsenz des anderen* wurden als plausibel eingestuft. Der starke Extremwert der *wahrgenommenen Teameffektivität* (ID1) wurde ebenfalls als plausibel eingestuft, da dieser Teilnehmer zum Team mit der schlechtesten Teameffektivität gehörte. Aus diesem Grund wird dieser Extremwert nicht verworfen. In *Tabelle 6* befindet sich eine Übersicht, ob es signifikante Unterschiede zwischen den Avatar-Konditionen bei den erhobenen subjektiven Daten gibt.

Präsenz Das Gefühl der *Präsenz* ist laut Shapiro-Wilk-Test mit $p = ,077 > \alpha = ,05$ normalverteilt. Dies beträgt bei der Kondition IK (menschenähnlich) im Durchschnitt $\bar{x} = 4,423$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = 1,024$. Bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) beträgt dies im Durchschnitt $\bar{x} = 4,504$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = ,926$. Der T-Test für unabhängige Stichproben zeigt **keine signifikanten Unterschiede** zwischen den Mittelwerten ($t(28) = -,227; p = ,822 > \alpha = ,05$) (siehe *Abbildung 29* und *Abbildung 30*).

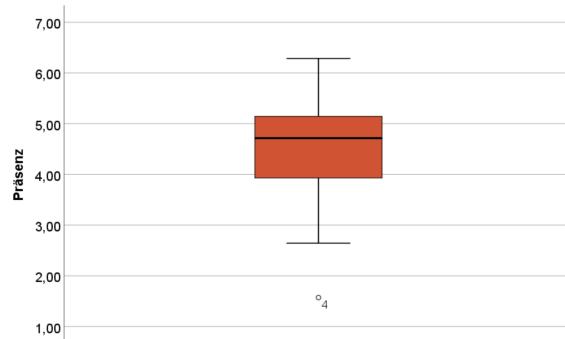


Abbildung 29 Boxplot der wahrgenommenen Präsenz.

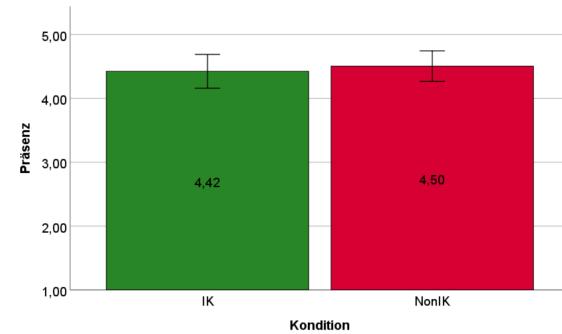


Abbildung 30 Die durchschnittlich wahrgenommene Präsenz. Der vertikale Fehler beschreibt den Standardfehler.

Selbst wahrgenommene Co-Präsenz Die *selbst wahrgenommene Co-Präsenz* ist laut Shapiro-Wilk-Test mit $p = ,009 < \alpha = ,05$ nicht normalverteilt. Sie beträgt bei der Kondition IK (menschenähnlich) im Durchschnitt $\bar{x} = 3,888$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = ,950$. Bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) liegt das arithmetische Mittel bei $\bar{x} = 3,766$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = ,959$. Laut Mann-Whitney-U-Test gibt es **keinen signifikanten Unterschied** zwischen den Mittelwerten ($U = 100,500; Z = -,501; p = ,617 > \alpha = ,05$) (siehe Abbildung 31 und Abbildung 34).

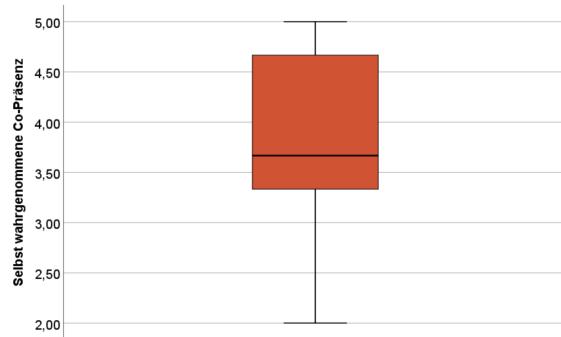


Abbildung 31 Boxplot der *selbst wahrgenommenen Co-Präsenz*.

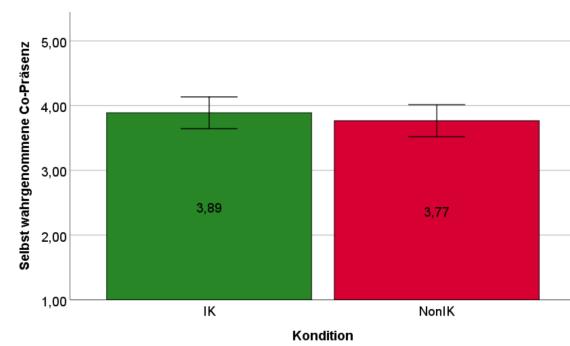


Abbildung 32 Diese Abbildung zeigt die durchschnittliche *selbst wahrgenommene Co-Präsenz* der unterschiedlichen Konditionen. Der vertikale Fehler beschreibt den Standardfehler.

Wahrgenommene Co-Präsenz des anderen Die *wahrgenommene Co-Präsenz des anderen* ist laut Shapiro-Wilk-Test mit $p = ,101 > \alpha = ,05$ normalverteilt. Diese beträgt bei der Kondition IK (menschenähnlich) im Durchschnitt $\bar{x} = 4,011$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = ,510$. Bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) beträgt diese im Durchschnitt $\bar{x} = 3,744$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = ,730$. Der T-Test für unabhängige Stichproben zeigt **keine signifikanten Unterschiede** zwischen den Mittelwerten ($t(28) = 1,159; p = ,256 > \alpha = ,05$) (siehe Abbildung 33 und Abbildung 34).

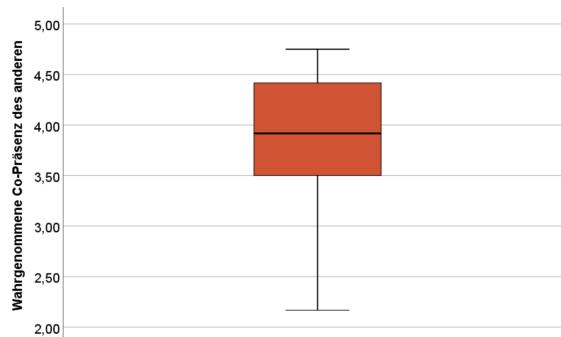


Abbildung 33 Diese Abbildung zeigt den Boxplot der *wahrgenommenen Co-Präsenz des anderen*.

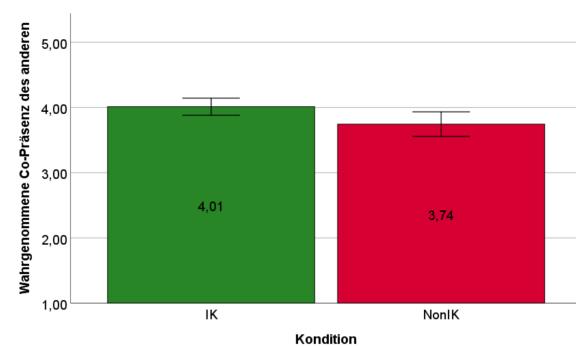


Abbildung 34 In dieser Abbildung werden die Mittelwerte der *wahrgenommenen Co-Präsenz des anderen* der unterschiedlichen Konditionen dargestellt. Der vertikale Fehler beschreibt den Standardfehler.

Telepräsenz Die *Telepräsenz* ist laut Shapiro-Wilk-Test mit $p = ,024 < \alpha = ,05$ nicht normalverteilt. Sie beträgt bei der Kondition IK (menschenähnlich) im Durchschnitt $\bar{x} = 5,213$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = 1,265$. Weiterhin beträgt die Telepräsenz bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) im Mittel $\bar{x} = 5,360$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = ,797$. Laut Mann-Whitney-U-Test gab es **keinen signifikanten Unterschied** zwischen den Mittelwerten ($U = 112,000; Z = -,021; p = ,983 > \alpha = ,05$) (siehe Abbildung 35 und Abbildung 36).

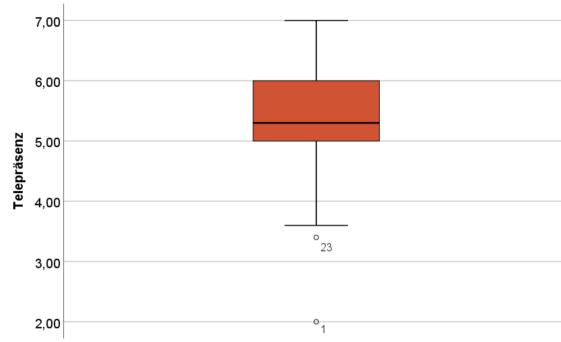


Abbildung 35 Diese Abbildung zeigt den Boxplot der wahrgenommenen *Telepräsenz*.

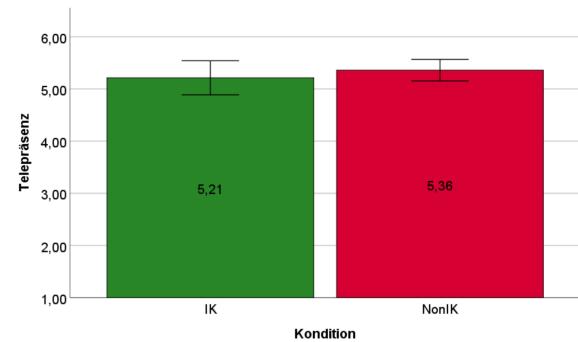


Abbildung 36 In dieser Abbildung werden die Mittelwerte der *Telepräsenz* pro Kondition dargestellt. Der vertikale Fehler beschreibt den Standardfehler.

Soziale Präsenz Laut Kolmogoroff-Smirnov-Test ist die *soziale Präsenz* mit $p = ,031 < \alpha = ,05$ nicht normalverteilt. Sie beträgt bei der Kondition IK (menschenähnlich) im Mittel $\bar{x} = 6,314$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = 1,883$ und bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) im Mittel $\bar{x} = 6,504$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = 1,540$. Laut Mann-Whitney-U-Test gibt es **keinen signifikanten Unterschied** zwischen den Mittelwerten ($U = 111,000; Z = -,062; p = ,950 > \alpha = ,05$) (siehe Abbildung 37 und Abbildung 38).

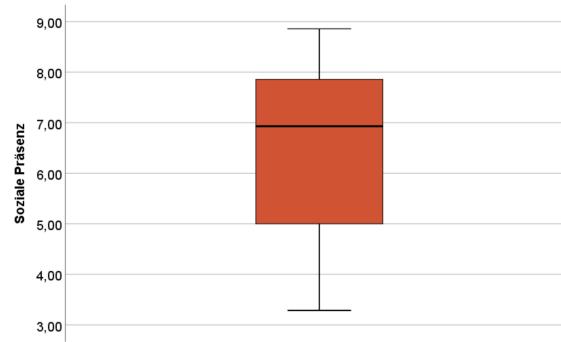


Abbildung 37 Diese Abbildung zeigt den Boxplot der gespürten *sozialen Präsenz*.

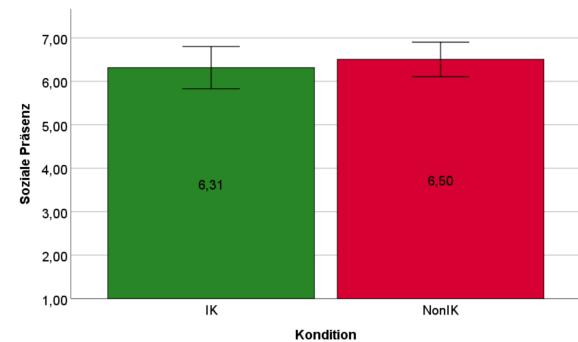


Abbildung 38 Diese Abbildung zeigt den durchschnitt der *sozialen Präsenz* der verschiedenen Konditionen. Der vertikale Fehler zeigt den Standardfehler.

NASA-TLX „empfundene Belastung“ Die *empfundene Belastung* ist laut Kolmogoroff-Smirnov-Test mit $p = ,076 > \alpha = ,05$ normalverteilt. Sie beträgt bei der Kondition IK (menschenähnlich) im Mittel $\bar{x} = 6,900$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = 2,907$. Für die Kondition NIK (nicht menschenähnlich) beträgt sie im Mittel $\bar{x} = 7,100$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = 2,756$. Der T-Test für unabhängige Stichproben zeigt **keinen signifikanten Unterschied** zwischen den Mittelwerten ($t(28) = -,193; p = ,848 > \alpha = ,05$) (siehe Abbildung 39 und Abbildung 40).

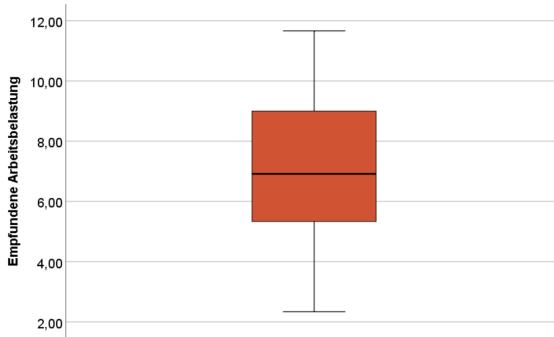


Abbildung 39 Diese Abbildung zeigt den Boxplot der Werte der durchschnittlich *empfundenen Arbeitsbelastung*.

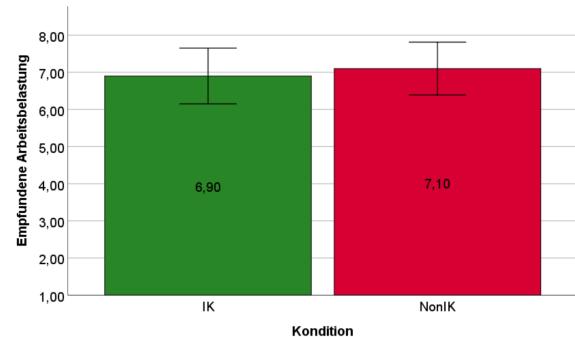


Abbildung 40 Diese Abbildung zeigt die durchschnittlich *empfundene Arbeitsbelastung* der unterschiedlichen Konditionen ermittelt durch den NASA-TLX. Der vertikale Fehler zeigt den Standardfehler.

Team-Kommunikation Laut Kolmogoroff-Smirnov-Test ist die *Team-Kommunikation* mit $p = ,018 < \alpha = ,05$ nicht normalverteilt. Diese beträgt bei der Kondition IK (menschenähnlich) im Durchschnitt $\bar{x} = 4,013$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = ,665$. Bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) beträgt sie im Durchschnitt $\bar{x} = 4,48$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = ,476$. Laut Mann-Whitney-U-Test ist ein **signifikanter Unterschied** der Mittelwerte ($U = 63,500; Z = -2,062; p = ,039 < \alpha = ,05$) vorhanden (siehe Abbildung 41 und Abbildung 42).

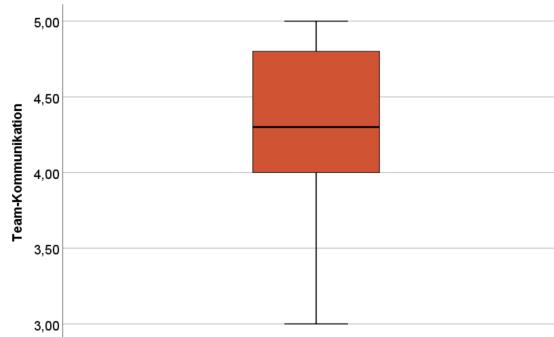


Abbildung 41 Boxplot der *Team-Kommunikation*.

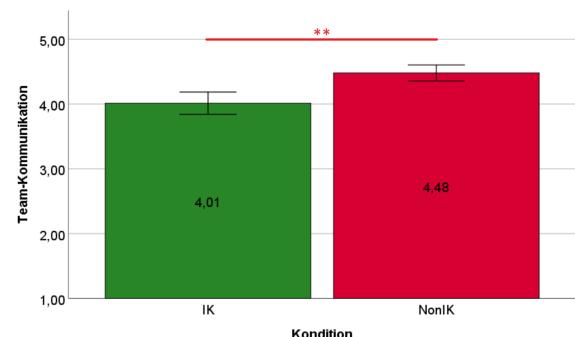


Abbildung 42 Diese Abbildung zeigt die durchschnittliche *Team-Kommunikation* bei unterschiedlichen Konditionen. Der vertikale Fehler beschreibt den Standardfehler. ** : $p < \alpha = ,05$

Wahrgenommene Teameffektivität Die wahrgenommene Teameffektivität ist laut Kolmogoroff-Smirnov-Test mit $p = ,018 < \alpha = ,05$ nicht normalverteilt. Bei der Kondition IK (menschenähnlich) beträgt die wahrgenommene Teameffektivität im Mittel $\bar{x} = 4,520$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = 1,590$ und bei der Kondition NonIK (nicht menschenähnlich) im Mittel $\bar{x} = 5,253$ mit einer Standardabweichung von $\sigma = 1,012$. Laut Mann-Whitney-U-Test ist **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Mittelwerten ($U = 76,000; Z = -1,520; p = ,128 > \alpha = ,05$) vorhanden (siehe Abbildung 43 und Abbildung 44).

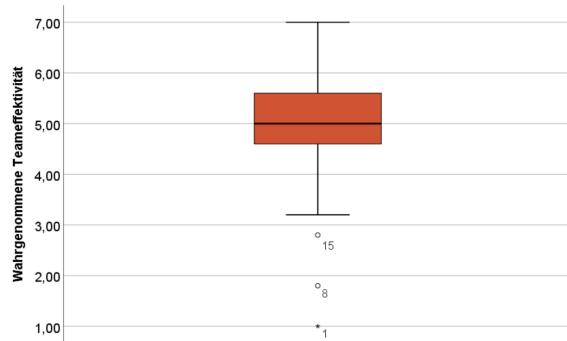


Abbildung 43 Boxplot der wahrgenommenen Teameffektivität.

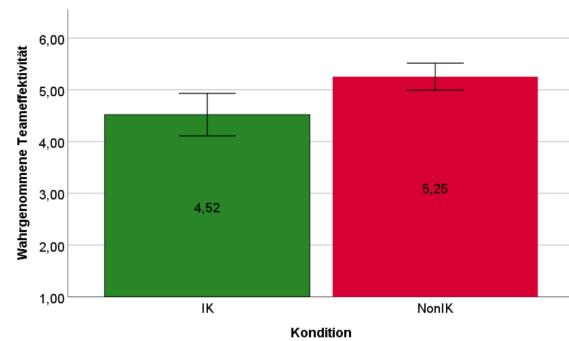


Abbildung 44 Diese Abbildung zeigt die subjektiv wahrgenommene Teameffektivität der einzelnen Teilnehmer pro Kondition. Der vertikale Fehler beschreibt den Standardfehler.

Tabelle 6 Diese Tabelle zeigt, ob unterschiedliche subjektive Daten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Avatar-Konditionen zeigen.

Was wurde analysiert?	Signifikant?
Präsenz	keine signifikanten Unterschiede
Selbst wahrgenommene Co-Präsenz	keine signifikanten Unterschiede
Wahrgenommene Co-Präsenz des anderen	keine signifikanten Unterschiede
Telepräsenz	keine signifikanten Unterschiede
Soziale Präsenz	keine signifikanten Unterschiede
Empfundene Belastung	keine signifikanten Unterschiede
Teamkommunikation	signifikanter Unterschied
Wahrgenommene Teameffektivität	keine signifikanten Unterschiede

Weitere Analysen des kognitiven Vertrauens

Kognitives Vertrauen und wahrgenommene Teameffektivität Auf Konditionsebene ist eine starke positive Korrelation (vgl. [Coh13]) mit dem Spearman- Korrelationskoeffizient $r = ,869$ zwischen den *kognitiven Vertrauenswerten* und der *wahrgenommenen Teameffektivität* der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) zu erkennen. Die Spearman-Korrelation ist **signifikant** ($p = ,000 < \alpha = ,05$) und ist in *Abbildung 45* dargestellt.

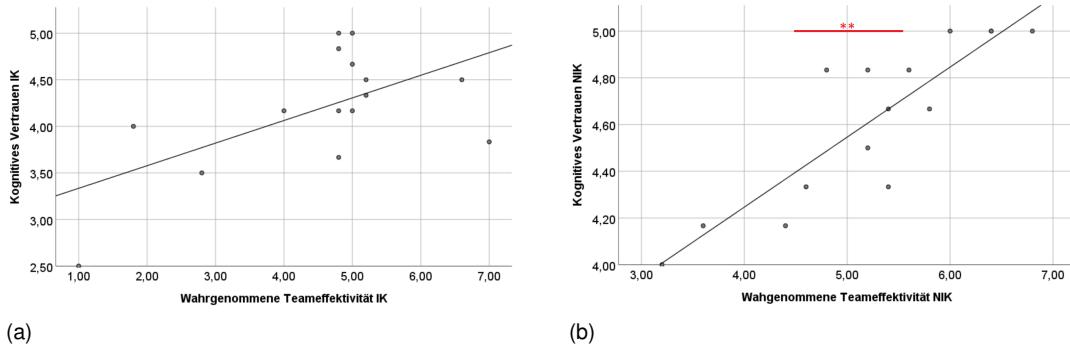


Abbildung 45 Spearman-Korrelationen der *kognitiven Vertrauenswerte* auf Konditionsebene mit der *subjektiv wahrgenommenen Teameffektivität*. Links (a) für die Kondition IK (menschähnlich) und rechts (b) für die Kondition NIK (nicht menschenähnlich).

Kognitives Vertrauen und Team-Kommunikation Weiterhin ist eine positive Korrelation starken Effektes (vgl. [Coh13]) mit dem Spearman- Korrelationskoeffizient $r = ,676$ zwischen den *kognitiven Vertrauenswerten* und der *Team-Kommunikation* der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) auf Konditionsebene zu erkennen. Die Spearman-Korrelation ist **signifikant** ($p = ,006 < \alpha = ,05$) (siehe *Abbildung 46*)

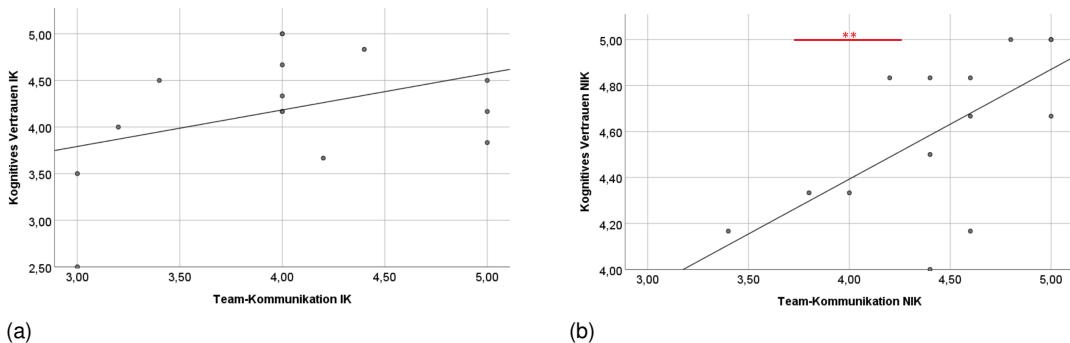


Abbildung 46 Spearman-Korrelationen der *kognitiven Vertrauenswerte* mit der *wahrgenommenen Team-Kommunikation*. Links (a) für die Kondition IK (menschähnlich) und rechts (b) für die Kondition NIK (nicht menschenähnlich)

Tabelle 7 Variablen, Mittelwerte, Standardabweichungen und Anzahl der Teilnehmer

Was wurde gemessen?	Min/Max möglich	Erreicht Min/Max	Mittelwert	Std. Abweichung	N
Genereller Hang zum Vertrauen	1/7	3,6/6,4	5,251	,6125	30
Kognitives Vertrauen	1/5	2,5/5,00	4,405	,558	30
Kognitives Vertrauen-IK	1/5	2,50/5,00	4,188	,651	15
Kognitives Vertrauen-NIK	1/5	4,00/5,00	4,622	,347	15
Team-Kommunikation	1/5	3/5	4,246	,616	30
Team-Kommunikation-IK	1/5	3/5	4,013	,665	15
Team-Kommunikation-NIK	1/5	3,4/5	4,48	,476	15
Wahrg. Teameffektivität	1/7	1,00/7,00	4,886	1,362	30
Wahrg. Teameffektivität-IK	1/7	1,00/7,00	4,520	1,590	15
Wahrg. Teameffektivität-NIK	1/7	3,2/6,8	5,253	1,012	15
Allgemeine Anstrengung	1/21	2,33/11,67	7,00	2,785	30
Allgemeine Anstrengung-IK	1/21	2,33/11,67	6,900	2,907	15
Allgemeine Anstrengung-NIK	1/21	2,83/11,33	7,100	2,756	15
Präsenz	1/7	1,57/6,29	4,464	,960	30
Präsenz-IK	1/7	1,57/5,50	4,423	1,024	30
Präsenz-NIK	1/7	2,64/6,29	4,504	,926	30
Selbst - Co-Präsenz	1/5	2,00/5,00	3,827	,940	30
Selbst - Co-Präsenz-IK	1/5	2,17/5,00	3,888	,950	15
Selbst - Co-Präsenz-NIK	1/5	2,00/5,00	3,766	,959	15
Co-Präsenz des anderen	1/5	2,17/4,75	3,877	,633	30
Co-Präsenz des anderen-IK	1/5	3,08/4,75	4,011	,510	15
Co-Präsenz des anderen-NIK	1/5	2,17/4,67	3,744	,730	15
Telepräsenz	1/7	2,0/7,0	5,286	1,042	30
Telepräsenz-IK	1/7	2,0/7,0	5,213	1,265	15
Telepräsenz-NIK	1/7	3,4/6,8	5,360	,797	15
Soziale Präsenz	1/10	3,29/8,86	6,409	1,693	30
Soziale Präsenz - IK	1/10	3,57/8,86	6,314	1,883	15
Soziale Präsenz - NIK	1/10	3,29/8,14	6,504	1,540	15

Tabelle 8 Variablen, Mittelwerte, Standardabweichungen und Anzahl der Teilnehmer

Was wurde gemessen?	Min/Max möglich	Erreicht Min/Max	Mittelwert	Std. Abweichung	N
Teameffektivität im Team		4/13	9	2,666	10
Teameffektivität im Team-IK		4/13	9	3,535	5
Teameffektivität im Team-NIK		7/12	9	1,870	5
Kognitives Vertrauen im Team	3/15	11,67/14,83	13,217	1,151	10
Kognitives Vertrauen im Team-IK	3/15	11,67/14,00	12,56	1,101	5
Kognitives Vertrauen im Team-NIK	3/15	13,00/14,83	13,866	,845	5
Generelles Vertrauen im Team	3/21	14,60/17,45	15,755	1,009	10
Generelles Vertrauen im Team-IK	3/21	14,60/16,75	15,32	,877	5
Generelles Vertrauen im Team-NIK	3/21	15,30/17,45	16,19	1,024	5

4 Analyse

Im Folgenden werden die statistisch ausgewerteten Hypothesen 1-5 sowie die subjektiv ausgewerteten Daten analysiert.

4.1 Analyse des kognitiven Vertrauens

Es konnte ein *signifikanter Unterschied* der Mittelwerte anhand eines durchgeführten Mann-Whitney-U Tests ($U = 64,000; Z = -2,029; p = ,042 < \alpha = ,05; r = -,370$) zwischen dem gebildeten *kognitiven Vertrauenswerten*, bei unterschiedlichen Avatar-Konditionen, festgestellt werden. Die **Hypothese 1₁**, dass der erzielte *kognitive Vertrauenswert* sich bei den Konditionen IK (menschenähnlich) und NIK (nicht menschenähnlich) *signifikant* voneinander unterscheidet, wird angenommen. Es ist ein durchschnittlich höheres *kognitives Vertrauen* bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) ($\bar{x} = 4,622$) als bei der Kondition IK (menschenähnlich) ($\bar{x} = 4,188$) gebildet worden (siehe Auswertung Hypothese 1).

Durch die statistische Auswertung der **Hypothese 2** konnten *keine signifikanten Zusammenhänge* anhand einer Spearman-Korrelation zwischen dem erzielten *generellen Vertrauenswert* einer Person und dem erzielten *kognitiven Vertrauenswert* einer Person, bei unterschiedlichen Avatar-Konditionen, festgestellt werden. Jedoch zeigt eine durchgeführte Fisher-Z-Transformation ($Z = ,954$), dass sich die beiden Verteilungsformen der beiden Spearman-Korrelationen *signifikant* voneinander unterscheiden ($p = ,017 < \alpha = ,05$) (siehe Auswertung Hypothese 2).

Die Hypothese (H_{20}), dass kein Zusammenhang zwischen dem erzieltem generellen Vertrauenswert einer Person und dem erzielten kognitiven Vertrauenswert bei unterschiedlichen Avatar-Konditionen besteht, wird angenommen.

Durch eine Analyse des Zusammenhangs zwischen dem *kognitiven Vertrauen* und der *wahrgenommenen Teameffektivität* auf Konditionsebene konnte ein *signifikanter* positiver Zusammenhang bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) festgestellt werden ($r = ,869; p = ,000 < \alpha = ,05$). Weiterhin konnte ein *signifikanter* positiver Zusammenhang zwischen dem *kognitiven Vertrauen* und der *Teamkommunikation* auf Konditionsebene bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) festgestellt werden ($r = ,676; p = ,006 < \alpha = ,05$) (siehe Kapitel 3.7).

4.2 Analyse der Teameffektivität

Durch die statistische Auswertung der **Hypothese 3₀** konnte ein *nicht signifikanter* schwach positiver Zusammenhang zwischen den *kognitiven Vertrauenswerten der Teams* und der *Teameffektivität der Teams* bei der Kondition IK (menschenähnlich) festgestellt werden ($r = ,205; p = ,741 > \alpha = ,05$). Dieser Zusammenhang ist bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) stark positiv und *signifikant* ($r = ,975; p = ,005 < \alpha = ,05$). Die **Hypothese 3₁** kann somit nicht angenommen werden.

Trotz dessen, dass die **Hypothese 3₁** nicht angenommen werden kann, wurde während der Analyse festgestellt, dass der Zusammenhang bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) *signifikant* und bei der Kondition IK (menschenähnlich) *nicht signifikant* ist. Bekräftigt wird dieser *signifikante* Zusammenhang der Kondition IK (menschenähnlich) dadurch, dass sich die beiden Verteilungsformen

der Spearman-Korrelationen laut Fisher-Z-Transformation *signifikant* voneinander unterscheiden ($Z = -1.977; p = ,024 < \alpha = ,05$) (siehe Auswertung Hypothese 3).

Die Mittelwerte der *Teameffektivität* bei unterschiedlichen Avatar-Konditionen sind identisch und unterscheiden sich laut Mann-Whitney-U ($U = 103,500; Z = -,377; p = ,706 > \alpha = ,05; r = -,060$) *nicht signifikant* voneinander. Die **Hypothese 4₁**, dass die *Teameffektivität* sich bei unterschiedlichen Avatar-Konditionen signifikant voneinander unterscheidet, kann nicht angenommen werden. Die Nullhypothese (H_{40}), die besagt, dass die *Teameffektivität* sich bei unterschiedlichen Avatar-Konditionen nicht signifikant unterscheidet, wird angenommen (siehe Auswertung Hypothese 4).

Die Analyse der **Hypothese 5₀** zeigt, dass *keine signifikanten* Zusammenhänge der *generellen Vertrauenswerte eines Teams* und der *Teameffektivität eines Teams* bei unterschiedlichen Avatar-Konditionen bestehen. Da die Zusammenhänge nicht signifikant sind und die durchgeführte Fishers-Z-Transformation keine Unterschiede der Zusammenhänge aufzeigt, muss die Hypothese 5 (H_{51}) verworfen und die Nullhypothese (H_{50}) angenommen werden. Diese besagt, dass der Zusammenhang zwischen dem *generellen Vertrauenswert eines Teams* und der *Teameffektivität eines Teams* mit der Kondition IK (menschenähnlich) sich nicht signifikant von den Teams mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) unterscheidet (siehe Auswertung Hypothese 5).

Die Ergebnisse des NASA-TLX werden ebenfalls zur Analyse der *Teameffektivität* hinzugezogen. Die empfundene Belastung der Teilnehmer mit den Konditionen IK (menschenähnlich) oder NIK (nicht menschenähnlich) unterscheidet sich *nicht signifikant* voneinander. Es kann in dieser Hinsicht folglich kein Vorteil bei einem der beiden Konditionen nachgewiesen werden (siehe NASA-TLX „empfundene Belastung“). Auch hier kann der *signifikante* positive Zusammenhang zwischen dem *kognitiven Vertrauen* und der *wahrgenommenen Teameffektivität* bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) festgehalten werden.

4.3 Analyse der subjektiven Daten

Da nur bei einer Kategorie der subjektiven Daten signifikante Unterschiede zwischen beiden Konditionen festgestellt werden konnten, werden die übrigen Daten der Teilnehmer im Folgenden zusammen analysiert.

Anhand eines Mann-Whitney-U-Test konnte bei der Kategorie *Teamkommunikation* ein *signifikanter Unterschied* zwischen den Mittelwerten beider Avatar-Konditionen festgestellt werden (Mann-Whitney-U : $U = 63,500; Z = -2,062; p = ,039 < \alpha = ,05$). Der Mittelwert der *Teamkommunikation* der Kondition IK (menschenähnlich) beträgt $\bar{x} = 4,013$, während der Mittelwert der Teamkommunikation der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) $\bar{x} = 4,48$ beträgt. Somit ist die subjektiv empfundene Teamkommunikation bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) signifikant höher als bei der Kondition IK (menschenähnlich) und bei beiden Konditionen ist die Tendenz einer hohen Teamkommunikation ersichtlich ($\bar{x} = 4,013; \bar{x} = 4,48 > 3$).

Das von allen Teilnehmern durchschnittlich angegebene *Gefühl der Präsenz* kann mit dem Wert $\bar{x} = 4,446$ als stark interpretiert werden ($\bar{x} > 3,5$). Die *Telepräsenz* ($\bar{x} = 5,286$) sowie die *soziale Präsenz* ($\bar{x} > 6,409$) werden etwas stärker als durchschnittlich empfunden und deuten dadurch auf ein höheres Gefühl der Anwesenheit sowie auf ein stärkeres Gefühl der Nähe zwischen den Teilnehmern hin. Auch die *selbst wahrgenommene Co-Präsenz* sowie die *wahrgenommene*

Co-Präsenz des anderen liegen mit den Werten $\bar{x} = 3,827$ und $\bar{x} = 3,877$ über dem Mittelwert der Antwortmöglichkeiten ($\bar{x} > 2,5$) und weisen somit eine Tendenz zur starken *Co-Präsenz* auf.

Daneben liegt die durchschnittlich *wahrgenommene Teameffektivität* mit dem Wert $\bar{x} > 4,886$ über dem Wert 3,5 und lässt sich somit im Bereich der als eher stark empfundenen Teameffektivität (3,5 – 7) verorten. Die Werte des NASA-TLX (Allg. Anstrengung) ($\bar{x} < 7$) zeigen, dass das VR Experiment als mittelmäßig bis wenig anstrengend wahrgenommen wurde ($\bar{x} < 11$).

4.4 Analyse der technischen Anforderungen

Schweizer et al. [SD10, S. 270] erläutern die 4 wichtigsten Kennzeichen eines *virtuellen Teams* in der Literatur (siehe Kapitel 1.3.1). Diese konnten in dieser Studie durch die entwickelte Versuchsumgebung erfüllt werden und das SVE bot folgende Eigenschaften:

- *Zustandegekommen aufgrund von Kommunikationstechnologie.* Durch das HMD sowie das genutzte Framework, konnte kommuniziert werden, Entscheidungen getroffen und Informationen ausgetauscht werden.
- *Räumlich getrennt* Durch die Online-Fähigkeit der entwickelten Versuchsumgebung, konnten die Teilnehmer von überall an dem Versuch teilnehmen.
- *Grenzübergreifend* Die Online-Fähigkeit erlaubte eine Zusammenarbeit von verschiedenen Regionen aus.
- *Asynchron.* Die Teilnehmer haben nicht direkt asynchron an dieser Studie teilgenommen, jedoch, falls ein Teilnehmer die Versuchsumgebung verlassen hätte, hätten die anderen Versuchsteilnehmer mit ihrer aktuellen Aufgabe teilweise weiterarbeiten können.

Die technischen Anforderungen, die im Kapitel 2.3 aufgestellt werden, konnten hinreichend umgesetzt werden.

- **Online-Fähigkeit und Unterstützung mehrerer HMD's:** Durch das verwendete Framework *Normcore* ist es mehreren Nutzern gleichzeitig möglich gewesen, von jedem beliebigen Ort an dem Experiment teilzunehmen. Die einzige Voraussetzung war, dass die Teilnehmer ein HMD, einen Internetanschluss sowie einen Computer besitzen. Es ist somit möglich gewesen, die Anforderungen eines virtuellen Teams laut Schweitzer et al. [SD10, S. 270] (vgl. Kapitel 1.3.1) zu erfüllen.
- **Geringe Latenz:** Es wurden zwei End-to-End Latenzmessungen durchgeführt. Die End-to-End Latenzmessung bezeichnet die Zeit, die benötigt wird, bis eine reale Aktion eines Nutzers von einem anderen Nutzer wahrgenommen wird. Die erste Latenzmessung betraf die Geschwindigkeit der Audioübertragung des Netzwerks. Es wurde eine durchschnittliche Latenz von **356ms** festgestellt. Die zweite Messung betraf die Geschwindigkeit, in der die Avatare ihre Körperpositionen verändern. Dabei wurde eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 294ms festgestellt. Es wurden während des Experiments keine störende Bewegungsverzögerung und Audioübertragung wahrgenommen, weshalb die Anforderung als erfüllt angesehen wird.

- **Steuerung und Verwaltung der Anwendung durch einen Spectator:** Durch einen eigenen Spectator-Client ist es möglich gewesen, die Anwendung von außen zu steuern und zu überwachen.
- **Interaktionsmöglichkeiten:** Durch das verwendete Framework *Normcore* und dessen globalen Datenspeicher für unterschiedliche Variablen ist es möglich gewesen, alle Zustände und Informationen während der laufenden Versuchsdurchführung zwischen dem Client und Spectator zu synchronisieren. Durch das Nutzerfeedback wurde ebenfalls die intuitive Steuerung bestätigt.
- **Sprachübertragung:** Die Implementierung eines RCP-basierten Netzwerkhandlings ermöglichte eine Sprachübertragung von Client zu Spectator und von Spectator zu Client.
- **Avatar-Konditionen:** Der Spectator hatte bei dem verwendeten System die Möglichkeit, zur Laufzeit zwei verschiedene Avatar-Konditionen (IK (menschenähnlich) und NIK (nicht menschenähnlich)) für die Clients auszuwählen.

4.5 Zusammenfassung der Analyse

Anhand der statistischen Analyse lässt sich feststellen, dass unterschiedliche Avatar-Konditionen einen *signifikanten* Einfluss auf das gebildete *kognitive Vertrauen* besitzen. Dabei haben Teilnehmer mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) mehr *kognitives Vertrauen gebildet* als Teilnehmer mit der Kondition IK (menschenähnlich). Es wurde zudem ein *signifikanter* Zusammenhang zwischen dem gebildeten *kognitiven Vertrauen im Team* und der *Teameffektivität* bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) festgestellt, jedoch unterscheidet sich die *Teameffektivität nicht signifikant* aufgrund unterschiedlicher Avatar-Konditionen voneinander. Es gibt *keine Anzeichen* dafür, dass es einen *signifikanten* Zusammenhang zwischen dem *generellen Vertrauen* und dem *kognitiven Vertrauen* besteht. Weiterhin gibt es *keine Anzeichen* dafür, dass es einen *signifikanten* Zusammenhang zwischen dem *generellen Vertrauen* oder dem *generellen Vertrauen im Team* und der *Teameffektivität* gibt.

Es wurde ein *signifikanter* Unterschied der Mittelwerte der Teamkommunikation auf Konditionsebene festgestellt. Zudem kann festgehalten werden, dass sich ein erhöhtes Präsenz-Gefühl (Präsenz, Telepräsenz, selbst wahrgenommene Co-Präsenz, wahrgenommene Co-Präsenz des anderen und Soziale-Präsenz) auf Konditionsebene während der Versuchsdurchführung gebildet hat. Die allgemeine Belastung lag unter dem Durchschnitt der möglichen anzugebenden Werte und die wahrgenommene Teameffektivität war überdurchschnittlich hoch. Weiterhin gibt es einen *signifikant* positiven Zusammenhang zwischen dem *kognitiven Vertrauen* und der *wahrgenommenen Teameffektivität* und der *Teamkommunikation* auf Konditionsebene bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich). Die technischen Anforderungen konnten hinreichend umgesetzt werden. Eine Übersicht der Hypothesen und ob diese als signifikant bewertet werden, befindet sich in *Tabelle 9*. Eine Tabelle der einzelnen Werte der Variablen befindet sich in *Tabelle 7*.

Tabelle 9 Diese Tabelle zeigt, ob eine Hypothese angenommen oder abgelehnt wurde.

Hypothese	Annahme
H1₁: Die Mittelwerte der erzielten kognitiven Vertrauenswerte unterscheiden sich bei den Konditionen IK (menschenähnlich) und NIK (nicht menschenähnlich) signifikant voneinander.	angenommen
H2₁: Je höher der erzielte generelle Vertrauenswert einer Person ist, desto höher ist der erzielte kognitive Vertrauenswert einer Person.	abgelehnt
H3₁: Der Zusammenhang zwischen dem kognitiven Vertrauenswert von Teams und der Teameffektivität von Teams mit der Kondition IK (menschenähnlich) ist stärker als der von Teams mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich).	abgelehnt
H4₁: Die Mittelwerte der Teameffektivität unterscheiden sich bei den Konditionen IK (menschenähnlich) und NIK (nicht menschenähnlich) signifikant voneinander.	abgelehnt
H5₁: Der Zusammenhang zwischen dem generellen Vertrauenswert eines Teams und der Teameffektivität eines Teams mit der Kondition IK (menschenähnlich) ist stärker als der von Teams mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich).	abgelehnt

5 Diskussion

Allgemeines Diese Studie trägt zum einen dazu bei, besser zu verstehen, welche Avatar-Konditionen in einem SVE zum Vertrauensaufbau eingesetzt werden sollten, und zum anderen, wie sich dort das gebildete Vertrauen auf die Effektivität eines Teams auswirkt. Mit Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstandes wurde das kognitive Vertrauen der einzelnen Personen und des gesamten Teams sowie deren *Teameffektivität* gemessen. Insgesamt wird eine der fünf aufgestellten Hypothesen dieser Arbeit angenommen.

5.1 Vertrauensaufbau und Teameffektivität

Vertrauensaufbau durch die Avatar-Konditionen Die Ergebnisse des Experiments widersprechen der Untersuchung von Bente et al. (vgl. Kapitel 1.2.3), die vermuten ließ, dass bei der Kondition IK (menschenähnlich) ein größerer *kognitiver Vertrauensaufbau* stattfindet als bei der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) (Hypothese 1). Es ist laut der statistischen Auswertung genau das Gegenteil der Fall, denn die Teilnehmer mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) erzielen im Durchschnitt einen signifikant höheren kognitiven Vertrauenswert. Ein Grund für dieses Ergebnis könnte sein, dass der verwendete IK (menschenähnlich)-Avatar vom *Uncanny Valley Effekt* betroffen ist (vgl. Kapitel 1.2.4). Der verwendete Avatar (IK (menschenähnlich)) führte in der Studie von Waldow et al. [WFG19] bereits zu einem Gefühl von Unbehagen bei den Teilnehmern. Weiterhin könnte die in diesem Experiment verwendete Inverse-Kinematik, die eventuell zu unnatürlichen Bewegungsabläufen führte, als fremdartig empfunden worden sein. Auch dadurch falsch interpretierte Gestikulation kann zu einem geringeren Vertrauensaufbau in das jeweilige Gegenüber geführt haben. Ein Teilnehmer (ID9) mit der Kondition IK (menschenähnlich) schrieb als Feedback dazu:

„Es war eine spannende Erfahrung am VR-Experiment teilzunehmen und hat Spaß gemacht. Die Personen waren mir nah, obwohl sie eindeutig unreal wirkten; Vertrauen war nichtsdestotrotz vorhanden.“

Da es diesbezüglich von den Teilnehmern mit der anderen Kondition keine Rückmeldung gab, wird vermutet, dass die Simplizität der nicht-menschenähnlichen Avatar-Kondition einfacher angenommen werden kann.

Vertrauensaufbau durch das generelle Vertrauen Dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem *kognitiven Vertrauen* und dem *generellen Vertrauen* bei unterschiedlichen Avatar-Konditionen besteht (Hypothese 2), kann auch als Vorteil gesehen werden. So lässt sich vermuten, dass es während einer kurzfristigen Zusammenarbeit in einem SVE nicht von Relevanz ist, wie hoch oder niedrig das *generelle Vertrauen* einer Person ist. Da nur die unterschiedlichen Avatar-Konditionen einen signifikanten Einfluss auf die Bildung des kognitiven Vertrauens besitzen, kann davon ausgegangen werden, dass das *generelle Vertrauen* während einer Kennenlernphase eines virtuellen Teams keine größere Rolle spielt und isoliert betrachtet werden kann. Natürlich sollte in längerfristig bestehenden virtuellen Teams darauf geachtet werden, dass sich das generelle Vertrauen durch den Einfluss der kognitiven und der affektiven Komponente (vgl. Kapitel 1.4.3) weiterhin zum Positiven entwickelt, um die Teameffektivität zu steigern (vgl. Kapitel 1.4.4).

Vertrauen im Team und Teameffektivität Die Analyse der Hypothese 4 zeigt, dass sich die Werte der *Teameffektivität* bei den Avatar-Konditionen IK (menschenähnlich) und NIK (nicht menschenähnlich) *nicht signifikant* voneinander unterscheiden. Dies spiegelt sich in der *Teameffektivität* der Teams wider, denn bei beiden Teamkonditionen beträgt die durchschnittliche *Teameffektivität* $x = 9$. Die Hypothese 3, in der vermutet wurde, dass der Avatar mit der Kondition IK (menschenähnlich) mehr *kognitives Vertrauen* aufbaut, muss ebenfalls abgelehnt werden. Jedoch wurde während der Analyse dieser Hypothese festgestellt, dass es einen *signifikanten Zusammenhang* zwischen dem gebildeten *kognitiven Vertrauen* und der *Teameffektivität* der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) gibt. Da die Hypothese 4 nicht angenommen werden kann, jedoch ein signifikanter Zusammenhang mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich) bei der Analyse der Hypothese 3 festgestellt wurde, muss vermutet werden, dass die Ergebnisse der Hypothese 3 und Hypothese 4 entweder zufälliger Natur sind oder die Messung der Teameffektivität verbessert werden muss. Es lässt sich vermuten, dass zu einem gewissen Grad *kognitives Vertrauen* durch eine hohe *Teameffektivität* gebildet wird:

„[...]Ohne Sprache ist die Kommunikation mit den anderen schon sehr schwierig. Trotzdem fand ich interessant, dass die Aufgabe überhaupt zu bewältigen war, und tatsächlich nach den ersten Erfolgen auch das Vertrauen zu den anderen entstand, dass sie in der Lage sind, die Aufgabe zu bewältigen, zu kommunizieren und das Kommunierte zu verstehen.“ (Teilnehmer (ID20) mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich))

Die kleine Stichprobengröße der Studie könnte zudem eine Ursache dafür sein, dass die Ergebnisse von Hypothese 3 und Hypothese 4 keine eindeutigen Ergebnisse liefern. Bei einer deutlich größeren Stichprobengröße könnte bei einer größeren Varianz der *Teameffektivitätswerte* gegebenfalls ein signifikanter Unterschied oder ein eindeutiger signifikanter Zusammenhang mit dem *kognitiven Vertrauen* und der *Teameffektivitätswerte*, festgestellt werden.

Die Teameffektivität könnte auch vom Bildungsstand der Teilnehmer beeinflusst worden sein. Da der Großteil der Teilnehmer (80%) ein abgeschlossenen Studium besaßen, kann dies die *Teameffektivitätswerte* beider Konditionen angenähert haben, weshalb beide Teams die Selbe durchschnittliche *Teameffektivität* besitzen. Weiterhin zeigt sich aufgrund des hohen Bildungsstandes der Teams, dass die Gruppe bei diesem Attribut keine Homogenität besitzt. Jedoch bilden die Teams dieser Studie reale Teams besser als wenn die Teams unterschiedliche Bildungsniveaus besäßen. Teams in der Realität bestehen häufig aus Mitgliedern mit Selben Bildungsniveau.

5.2 Avatar-Konditionen und Präsenz

Avatar-Konditionen Die Literatur ließ darauf schließen, dass die menschenähnlichere Avatar-Darstellung bessere Werte bei den verschiedenen Kategorien der Präsenz erzielen würde. Die statistische Auswertung zeigt jedoch, dass in diesem Experiment keine Unterschiede zwischen den Avatar-Konditionen IK (menschenähnlich) und NIK (nicht menschenähnlich) bei der selbst wahrgenommenen *Co-Präsenz*, der *Co-Präsenz* des anderen, der *Telepräsenz* oder der *Social-Präsenz* feststellbar sind. Die möglichen Gründe dafür sowie die qualitativen Daten der Befragung werden im Folgenden diskutiert.

Selbst-Avatar und Selbstpräsenz Keine der beiden Konditionen wurde als Selbst-Avatar dargestellt, sodass bei den Konditionen aus der Sicht eines Spielers lediglich die animierten Hände des

eigenen Körpers zu sehen waren. Dadurch, dass der sichtbare Anteil des eigenen Körpers in dieser Studie reduziert ist, kann das Ergebnis der Selbstpräsenz beider Avatar-Konditionen schlechter ausgefallen sein [Bio14, S. 421–427]. Die Avatar-Konditionen weisen zwar keinen Selbst-Avatar im klassischen Sinne auf, jedoch sind für den Spieler alle eigenen Körperteile abgebildet, die er aufgrund der Avatar-Darstellung der Mitspieler bei sich im eigenen Blickfeld vermutet (Hände). Dies kann erklären, weshalb die Selbstpräsenz beider Konditionen ähnlich stark empfunden wurden. Ein Teilnehmer (ID2) mit der Kondition IK (menschenähnlich) schrieb dazu:

„Ich wusste nicht genau wie meine Arme zu sehen sind, ob ich ein[en] Buchstabe auch mit den Armen formen, statt mit den Händen schreiben konnte.“

Diese Aussage lässt darauf schließen, dass die realere Avatar-Darstellung ohne einen passenden Selbst-Avatar für Verwirrung und Unsicherheit bei einigen Teilnehmern gesorgt hat. Das kann zu einem Break-in-Presence geführt haben, sodass der vermutete Vorteil einer realeren Avatar-Darstellung aufgehoben wurde. Hier muss jedoch erwähnt werden, dass ein Selbst-Avatar bei diesem Experiment wahrscheinlich ebenfalls für Verwirrung gesorgt hätte, da die Arme nicht getrackt wurden und sich somit nicht simultan und natürlich mit dem Spieler hätten mitbewegen können. Dadurch, dass allein die Hände angezeigt wurden, konnte sichergestellt werden, dass die Teilnehmer dazu tendieren, nur ihre Hände/Controller zum Kommunizieren zu verwenden (in der Erläuterung des Experiments wurde ebenfalls darauf verwiesen).

Co-Präsenz und Co-Präsenz des anderen Da die Teilnehmer während und vor dem Experiment zudem wussten, dass sie mit weiteren *realen* Personen zusammenarbeiten, fiel es ihnen vermutlich unabhängig von den Avatar-Konditionen leicht, sich eine reale Person hinter den Avataren der Mitspieler vorzustellen. Dies könnte ebenfalls das kognitive Vertrauen beeinflusst haben. Ein Proband (ID8) mit der Kondition IK (menschenähnlich) schrieb dazu:

„Es war ein sehr interessantes Erlebnis. Ich bin gespannt zu [e]rfahren, wer die Teilnehmer waren.“

Social-Präsenz Als Kritik wurde die fehlende Geschlechterunterscheidung der Avatare angemerkt. So schrieb ein Teilnehmer (ID4) mit der Kondition IK (menschenähnlich) dazu:

„Warum gab es keine Frauenfiguren? Das würde mehr Realität erzeugen.“

Diese Anmerkung lässt vermuten, dass die Avatare der Kondition IK (menschenähnlich) zwar menschenähnlicher dargestellt sind als die anderen Avatare, dadurch jedoch ein größerer Spielraum für Kritik an dem Realitätsgrad der Darstellung entsteht.

5.3 Schwierigkeit des Experiments

Es ist möglich, dass das Experiment nicht komplex genug aufgebaut war, um einen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Vertrauensbildung und der Teameffektivität zu messen. Dies geht besonders aus den statistisch nicht signifikanten Ergebnissen der Analyse der Hypothesen 3, 4 und 5 hervor. So schrieb ein Teilnehmer (ID17) mit der Avatar-Kondition NIK (nicht menschenähnlich) dazu:

„Zu kurz - zu einfach - zu grau.“

Ähnliches schrieb ein Proband (ID21) mit der Kondition NIK (nicht menschenähnlich):

„Schwierigkeitsgrad hätte noch stärker sein dürfen.“

Die Runden des Experiments hätten eventuell schneller abgearbeitet werden sollen, um eine größere Varianz der Effektivitätswerte der Teams zu generieren. Die Varianz der erzielten *Teameffektivität* könnte sich eventuell noch weiter erhöhen, wenn ein Team aus zwei statt aus drei Personen besteht. Einzelne Runden des Experiments würden schneller abgearbeitet werden und das gebildete *kognitive Vertrauen* könnte in einem direkten Vergleich zweier Personen gemessen werden. Durch diese Art der Kollaboration würde allerdings der komplexe Charakter eines Drei-Personen-Teams verloren gehen.

Einige Teilnehmer fanden das Experiment zu einfach. Der geringe Schwierigkeitsgrad könnte schnell Lerneffekte durch Repetitivität gefördert und damit die *Teameffektivität* beeinflusst haben. Dies würde auch erklären, weshalb sich Teams beider Konditionen als überdurchschnittlich effektiv einschätzten. Eine teilnehmende Person (ID7) mit der Kondition IK (menschenähnlich) schreibt zu den natürlichen Lerneffekten :

„Am Anfang habe ich ein wenig Druck verspürt, die richtigen Zeichen zu geben. Als ich gesehen habe, dass es gut funktioniert, hat es sehr viel Spaß gemacht.“

5.4 Limitierungen

Als technische Limitation dieser Arbeit kann die eingesetzte Technik der Gestikulation aufgeführt werden. Die unterstützten HMDs boten keine Möglichkeit, die Finger oder die gesamten Hände in der VR abzubilden. Die Verständigung innerhalb des SVE kann durch den Einsatz von Finger- und Handtracking intensiviert werden, da verschiedene Gesten genauer wiedergegeben werden können. Das Finger- und Handtracking ist beispielsweise durch eine Oculus Quest oder Oculus Quest 2 möglich. Ein weiterer Aspekt, um die Menschenähnlichkeit und den Realismus bei der Avatar-Kondition IK (menschenähnlich) zu erhöhen, wäre der Einsatz von Mimik. Eine weitere Limitierung dieser Untersuchung war, dass die Teilnehmer bevor das Experiment startete wussten, dass diese in einem SVE mit realen Personen agieren würden.

Darüber hinaus ist der Avatar mit der Kondition IK (menschenähnlich) in dieser Studie nicht auf Menschenähnlichkeit, Realismus oder Ähnliches überprüft worden. Da sich diese Untersuchung hauptsächlich mit dem gebildeten *kognitiven Vertrauen* und der daraus resultierenden *Teameffektivität* beschäftigt, können keine Aussagen über den Einfluss verschiedener Avatar-Konditionen auf das *affektive Vertrauen* einer Person getroffen werden. Um diesen Einfluss zu messen, müssten längerfristige Forschungen durchgeführt werden.

5.5 Ausblick

SVEs entwickeln sich aktuell sehr rasant. Die Coronapandemie hat gezeigt, dass virtuelle Kollaborationsmaßnahmen einen großen Einfluss auf Unternehmen weltweit haben. Es ist mehr Forschung darüber nötig, wie Teams effektiv in einem SVE zusammenarbeiten können.

Es könnte nicht nur untersucht werden, welche Art eines Avatars in einem SVE mehr Vertrauen schafft oder mehr *Teameffektivität* erzeugt, sondern auch, wie die eingesetzte Sprache, die Mimik,

die Gestik, die Größe, das Geschlecht oder der vorherige Bekanntheitsgrad der Personen sich auf das Vertrauen und die *Teameffektivität* auswirkt. Weiterhin könnte untersucht werden, wie die Art und Dauer der Nutzung des HMDS, während ein Team zusammenarbeitet, sich auf das Vertrauen ins Team und die Teameffektivität auswirkt.

Eine Weiterführung dieser Studie könnte untersuchen, in welchem Maß sich der *kognitive Vertrauensaufbau im Team* ändert, je nachdem, ob die Teilnehmer wissen, dass sie mit Menschen zusammenarbeiten oder nicht. Darüber hinaus wäre es interessant zu untersuchen, wie sehr sich der Unterschied zwischen einer verbalen und einer nonverbalen Kommunikation auf das gebildete Vertrauen im Team in einem SVE auswirkt. Weiterhin könnten ähnliche Studien durchgeführt werden, bei denen die einzelnen Runden der Kollaborationsaufgabe schneller hintereinander ausgeführt werden oder die Avatare ein anderes Aussehen besitzen.

6 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Studie war es, den Einfluss von zwei verschiedenen Avatar-Konditionen (IK (menschenähnlich), NIK (nicht menschenähnlich)) auf die Vertrauensbildung in ein Team und die daraus resultierende *Teameffektivität* in einem Shared-Virtual-Environment zu untersuchen. Anhand eines aufgestellten Forschungsdesigns wurden detaillierte Untersuchungen durchgeführt, bei denen die Daten der Studienteilnehmer mithilfe von Fragebögen und einer für diese Studie entwickelten VR-Anwendung erhoben und analysiert werden konnten.

Für das Experiment mussten zeitgleich jeweils drei, räumlich voneinander getrennte Teilnehmer als Team in einem SVE Aufgaben erledigen. Jedes Team bekam dabei eine von zwei Avatar-Konditionen zugeteilt. Während der Durchführung der gemeinsamen Aufgabe wurde die gemeinsame *Teameffektivität* ermittelt. Die Fragebogenumfrage diente dazu, einen Einblick in das *generelle Vertrauen* und das gebildete *kognitive Vertrauen* sowie die *wahrgenommene Teameffektivität*, die *subjektiven Empfindungen* hinsichtlich der Arbeitsbelastung und das gebildete *Gefühl von Präsenz* einer Person und des Teams zu bekommen.

Es konnte ein signifikanter Unterschied beim gebildeten *kognitiven Vertrauen* zwischen den Avatar-Konditionen festgestellt werden, wobei sich mehr *kognitives Vertrauen* bei den nicht-menschenähnlichen Avataren bildete. Es konnte jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Avatar-Konditionen und der *Teameffektivität* festgestellt werden. Weiterhin zeigen die Ergebnisse keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem *generellen Vertrauen* und dem gebildeten *kognitiven Vertrauen* einer Person. Zwischen dem *kognitiven Vertrauen* und der *Effektivität eines Teams* konnte ein signifikanter Zusammenhang bei der Kondition IK (menschenähnlich) festgestellt werden.

In einem virtuellen Team besitzt die Avatar-Kondition laut dieser Studie somit keinen eindeutigen Einfluss auf die *Teameffektivität*. Es kann jedoch sinnvoll sein, den Avatar nicht zu menschenähnlich zu gestalten, um mehr *kognitives Vertrauen* zu bilden. Die Arbeit in einem virtuellen Team muss folglich nicht mit aufwendig gestalteten Avataren unterstützt werden. So können beispielsweise Unternehmen, die mit virtuellen Teams in einem Shared-Virtual-Environment arbeiten wollen, auf simple Avatar-Modelle zurückgreifen, um den Vertrauensaufbau im Team zu unterstützen.

Literatur

- [AEAT09] Nader Ale Ebrahim, Shamsuddin Ahmed und Zahari Taha. "Virtual teams: A literature review". In: *Australian journal of basic and applied sciences* 3.3 (2009), S. 2653–2669.
- [Bal92] Mark W Baldwin. "Relational schemas and the processing of social information." In: *Psychological bulletin* 112.3 (1992), S. 461.
- [BC98] Matthew Botvinick und Jonathan Cohen. "Rubber hands 'feel' touch that eyes see". In: *Nature* 391.6669 (1998), S. 756–756.
- [Bec+02] Martin Becker u. a. "Führung virtueller Teams: Kognitive Modelle der Führungskraft, Teamprozesse und Teameffektivität". In: *Zürich* (2002).
- [Beg83] Joseph Stiles Beggs. *Kinematics*. CRC Press, 1983.
- [Ben+95] Steve Benford u. a. "User embodiment in collaborative virtual environments". In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. 1995, S. 242–249.
- [BH02] Frank Biocca und Chad Harms. "Defining and measuring social presence: Contribution to the networked minds theory and measure". In: *Proceedings of PRESENCE* 2002 (2002), S. 1–36.
- [BHH16] Christina Breuer, Joachim Hüffmeier und Guido Hertel. "Does trust matter more in virtual teams? A meta-analysis of trust and team effectiveness considering virtuality and documentation as moderators." In: *Journal of Applied Psychology* 101.8 (2016), S. 1151.
- [Bie07] Elaine Biech. *The Pfeiffer book of successful team-building tools: Best of the annuals*. John Wiley & Sons, 2007.
- [Bio+01] Frank Biocca u. a. "Criteria and scope conditions for a theory and measure of social presence". In: *Presence: Teleoperators and virtual environments* (2001).
- [Bio14] Frank Biocca. "Connected to My Avatar: Effects of Avatar Embodiments on User Cognitions, Behaviors". In: *Social Computing and Social Media: 6th International Conference, SCSM 2014, Held as Part of HCI International 2014, Heraklion, Crete, Greece, June 22-27, 2014, Proceedings*. Bd. 8531. Springer. 2014, S. 421.
- [Bio92] Frank Biocca. "Virtual reality technology: A tutorial". In: *Journal of communication* 42.4 (1992), S. 23–72.
- [Bio99] Frank Biocca. "The cyborg's dilemma: Progressive embodiment in virtual environments". In: *Human Factors in Information Technology* 13 (1999), S. 113–144.
- [BN01] Frank Biocca und Kristine Nowak. "Plugging your body into the telecommunication system: Mediated embodiment, media interfaces, and social virtual environments". In: *Communication technology and society* (2001), S. 407–447.
- [BP98] Gregory A Bigley und Jone L Pearce. "Straining for shared meaning in organization science: Problems of trust and distrust". In: *Academy of management review* 23.3 (1998), S. 405–421.

- [BPO96] John Bowers, James Pycock und Jon O'brien. "Talk and embodiment in collaborative virtual environments". In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 1996, S. 58–65.
- [Bre81] Marilyn Brewer. *Ethnocentrism and Its Role in Interpersonal Trust*. Jossey Bass Wiley, 1981, S. 345–360.
- [BRK04] Gary Bente, Sabine Rüggenberg und Nicole C Krämer. "Social presence and interpersonal trust in avatar-based, collaborative net-communications". In: *Proceedings of the Seventh Annual International Workshop on Presence*. 2004, S. 54–61.
- [CAJ96] Lauri L Couch, Jeffrey M Adams und Warren H Jones. "The assessment of trust orientation". In: *Journal of personality assessment* 67.2 (1996), S. 305–323.
- [Coh13] Jacob Cohen. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Academic press, 2013.
- [CS03] Wayne F Cascio und Stan Shurygailo. "E-leadership and virtual teams." In: *Organizational dynamics* (2003).
- [CW80] John Cook und Toby Wall. "New work attitude measures of trust, organizational commitment and personal need non-fulfilment". In: *Journal of occupational psychology* 53.1 (1980), S. 39–52.
- [Dav+00] James H Davis u. a. "The trusted general manager and business unit performance: Empirical evidence of a competitive advantage". In: *Strategic management journal* 21.5 (2000), S. 563–576.
- [Dir99] Kurt T Dirks. "The effects of interpersonal trust on work group performance." In: *Journal of applied psychology* 84.3 (1999), S. 445.
- [DJDG16] BA De Jong, KT Dirks und N Gillespie. "Trust and team effectiveness: a meta-analysis of critical contingencies and mediating mechanisms". In: *J Appl Psychol* 101 (2016), S. 1134–1150.
- [DJE10] Bart A De Jong und Tom Elfring. "How does trust affect the performance of ongoing teams? The mediating role of reflexivity, monitoring, and effort". In: *Academy of Management Journal* 53.3 (2010), S. 535–549.
- [DL+11] Gianluca De Leo u. a. "Level of presence in team-building activities: Gaming component in virtual environments". In: *arXiv* (2011).
- [DMB11] Trevor J Dodds, Betty J Mohler und Heinrich H Bülthoff. "Talk to the virtual hands: Self-animated avatars improve communication in head-mounted display virtual environments". In: *PloS one* 6.10 (2011).
- [DS06] Deborah L Duarte und Nancy Tennant Snyder. *Mastering virtual teams: Strategies, tools, and techniques that succeed*. John Wiley & Sons, 2006.
- [Duf+02] Donna K Dufner u. a. "Asynchronous team support: perceptions of the group problem solving process when using a cybercollaboratory". In: *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. IEEE. 2002, S. 12–20.

- [DVS01] Aaron D'Souza, Sethu Vijayakumar und Stefan Schaal. "Learning inverse kinematics". In: *Proceedings 2001 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Expanding the Societal Role of Robotics in the the Next Millennium*. Bd. 1. IEEE. 2001, S. 298–303.
- [Dye95] William G Dyer. *Team building: Current issues and new alternatives*. Bd. 62882. Prentice Hall, 1995.
- [EM05] Peter Eichhorn und Joachim Merk. *Das Prinzip Wirtschaftlichkeit*. Springer, 2005.
- [Gas11] Lilli Gast. "Das Unheimliche der Ambivalenz". In: *Forum der Psychoanalyse*. Bd. 27. 4. Springer. 2011, S. 349–358.
- [GD96] Richard A Guzzo und Marcus W Dickson. "Teams in organizations: Recent research on performance and effectiveness". In: *Annual review of psychology* 47.1 (1996), S. 307–338.
- [Geo+18] Ceenu George u. a. "Trusting Strangers in Immersive Virtual Reality". In: *Proceedings of the 23rd International Conference on Intelligent User Interfaces Companion*. 2018, S. 1–2.
- [Gil+15] Lucy L Gilson u. a. "Virtual teams research: 10 years, 10 themes, and 10 opportunities". In: *Journal of management* 41.5 (2015), S. 1313–1337.
- [GRH14] Vicente González-Romá und Ana Hernández. "Climate uniformity: Its influence on team communication quality, task conflict, and team performance." In: *Journal of Applied Psychology* 99.6 (2014), S. 1042.
- [GT94] Karl Grammer und Randy Thornhill. "Human (*Homo sapiens*) facial attractiveness and sexual selection: the role of symmetry and averageness." In: *Journal of comparative psychology* 108.3 (1994), S. 233.
- [Gua+07] Rosanna E Guadagno u. a. "Virtual humans and persuasion: The effects of agency and behavioral realism". In: *Media Psychology* 10.1 (2007), S. 1–22.
- [Gun95] Charlotte N Gunawardena. "Social presence theory and implications for interaction and collaborative learning in computer conferences". In: *International journal of educational telecommunications* 1.2 (1995), S. 147–166.
- [GZBS03] Cristina B Gibson, Mary E Zellmer-Bruhn und Donald P Schwab. "Team effectiveness in multinational organizations: Evaluation across contexts". In: *Group & Organization Management* 28.4 (2003), S. 444–474.
- [Han95] Charles Handy. *Trust and the Virtual Organization*. 1995. URL: <https://hbr.org/1995/05/trust-and-the-virtual-organization>.
- [Har80] Sandra Hart. *NASA-TLX: Task Load Index*. NASA Ames Research Center's (ARC), 1980. URL: <https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/index.php>.
- [Has+03] S Alexander Haslam u. a. *Social Identity at Work: Developing Theory for Organizational Practice*. Psychology Press, 2003.

- [HK19] Lisa Handke und Simone Kauffeld. "Alles eine Frage der Zeit? Herausforderungen virtueller Teams und deren Bewältigung am Beispiel der Softwareentwicklung". In: *Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO)* 50.1 (2019), S. 33–41.
- [HKO04] Guido Hertel, Udo Konradt und Borris Orlikowski. "Managing distance by interdependence: Goal setting, task interdependence, and team-based rewards in virtual teams". In: *European Journal of work and organizational psychology* 13.1 (2004), S. 1–28.
- [Hol01] Judith A Holton. "Building trust and collaboration in a virtual team". In: *Team performance management: an international journal* (2001).
- [HS13] Ulla Häfleinger und Violetta Schuba. *Koordinationstherapie: Propriozeptives Training*. Meyer & Meyer Verlag, 2013.
- [Hua+98] W Huang u. a. "Supporting distributed team-building using GSS: A dialogue theory-based framework". In: *Proceedings of the Thirty-First Hawaii International Conference on System Sciences*. Bd. 1. IEEE. 1998.
- [IFDR01] Wijnand A Ijsselsteijn, Jonathan Freeman und Huib De Ridder. *Presence: Where are we?* 2001.
- [Jer15] Jason Jerald. *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. Morgan & Claypool, 2015.
- [JG05] Devon Johnson und Kent Grayson. "Cognitive and affective trust in service relationships". In: *Journal of Business research* 58.4 (2005), S. 500–507.
- [JG98] Gareth R Jones und Jennifer M George. "The experience and evolution of trust: Implications for cooperation and teamwork". In: *Academy of management review* 23.3 (1998), S. 531–546.
- [JL98] Sirkka L Jarvenpaa und Dorothy E Leidner. "Communication and trust in global virtual teams". In: *Organization science* 10.6 (1998), S. 791–815.
- [Joh75] Gunnar Johansson. "Visual motion perception". In: *Scientific American* 232.6 (1975), S. 76–89.
- [KB06] Serdar Kucuk und Zafer Bingul. *Robot kinematics: Forward and inverse kinematics*. INTECH Open Access Publisher, 2006.
- [Kim+18] Sanghyun Kim u. a. *Real-time Inverse Kinematics Technique for Controlling Redundant Avatar Arm*. 2018.
- [Lok+03] Benjamin Lok u. a. "Effects of handling real objects and self-avatar fidelity on cognitive task performance and sense of presence in virtual environments". In: *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 12.6 (2003), S. 615–628.
- [LSL08] Chad Lin, Craig Standing und Ying-Chieh Liu. "A model to develop effective virtual teams". In: *Decision support systems* 45.4 (2008), S. 1031–1045.
- [LW85] J David Lewis und Andrew Weigert. "Trust as a social reality". In: *Social forces* 63.4 (1985), S. 967–985.
- [Max60] Maltz Maxwell. *Psycho-cybernetics: A new way to get more living out of life*. 1960.

- [McA95] Daniel J McAllister. "Affect-and cognition-based trust as foundations for interpersonal cooperation in organizations". In: *Academy of management journal* 38.1 (1995), S. 24–59.
- [MCC98] D Harrison McKnight, Larry L Cummings und Norman L Chervany. "Initial trust formation in new organizational relationships". In: *Academy of Management review* 23.3 (1998), S. 473–490.
- [Mck+11] D Harrison McKnight u. a. "Trust in a specific technology: An investigation of its components and measures". In: *ACM Transactions on management information systems (TMIS)* 2.2 (2011), S. 1–25.
- [MDS95] Roger C Mayer, James H Davis und F David Schoorman. "An integrative model of organizational trust". In: *Academy of management review* 20.3 (1995), S. 709–734.
- [MGM04] Luis L Martins, Lucy L Gilson und M Travis Maynard. "Virtual teams: What do we know and where do we go from here?" In: *Journal of management* 30.6 (2004), S. 805–835.
- [MM96] Frances J Milliken und Luis L Martins. "Searching for common threads: Understanding the multiple effects of diversity in organizational groups". In: *Academy of management review* 21.2 (1996), S. 402–433.
- [MMZ01] Michelle A Marks, John E Mathieu und Stephen J Zaccaro. "A temporally based framework and taxonomy of team processes". In: *Academy of management review* 26.3 (2001).
- [MRM06] Todd Mooradian, Birgit Renzl und Kurt Matzler. "Who trusts? Personality, trust and knowledge sharing". In: *Management learning* 37.4 (2006), S. 523–540.
- [MWK+96] Debra Meyerson, Karl E Weick, Roderick M Kramer u. a. "Swift trust and temporary groups". In: *Trust in organizations: Frontiers of theory and research* 166 (1996), S. 195.
- [NB03] Kristine L Nowak und Frank Biocca. "The effect of the agency and anthropomorphism on users' sense of telepresence, copresence, and social presence in virtual environments". In: *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 12.5 (2003), S. 481–494.
- [Nei10] Britta Neitzel. "Wer bin ich? Thesen zur Avatar-Spieler Bindung". In: (2010).
- [NF09] Carman Neustaedter und Elena Fedorovskaya. "Presenting identity in a virtual world through avatar appearances". In: *Proceedings of graphics interface 2009*. Canadian Information Processing Society. 2009, S. 183–190.
- [PA07] Jane S Prichard und Melanie J Ashleigh. "The effects of team-skills training on transactive memory and performance". In: *Small group research* 38.6 (2007), S. 696–726.
- [Pec+13] Tabitha C Peck u. a. "Putting yourself in the skin of a black avatar reduces implicit racial bias". In: *Consciousness and cognition* 22.3 (2013), S. 779–787.
- [Pet+99] Steve Pettifer u. a. "Designing shared virtual environments for social interaction". In: *Proceedings of 3rd Workshop on Human Computer Interaction*. 1999.
- [PM07] Linda M Peters und Charles C Manz. "Identifying antecedents of virtual team collaboration". In: *Team Performance Management: An International Journal* (2007).

- [Pol+06] Jeffrey T Polzer u. a. "Extending the faultline model to geographically dispersed teams: How colocated subgroups can impair group functioning". In: *Academy of management Journal* 49.4 (2006), S. 679–692.
- [PS17] Ye Pan und Anthony Steed. "The impact of self-avatars on trust and collaboration in shared virtual environments". In: *PloS one* 12.12 (2017).
- [RAS06] Vincent Rousseau, Caroline Aubé und André Savoie. "Teamwork behaviors: A review and an integration of frameworks". In: *Small group research* 37.5 (2006).
- [Rho+98] Gillian Rhodes u. a. "Facial symmetry and the perception of beauty". In: *Psychonomic Bulletin & Review* 5.4 (1998), S. 659–669.
- [Rie+14] René Riedl u. a. "Trusting humans and avatars: A brain imaging study based on evolution theory". In: *Journal of Management Information Systems* 30.4 (2014), S. 83–114.
- [RKK07] Yuqing Ren, Robert Kraut und Sara Kiesler. "Applying common identity and bond theory to design of online communities". In: *Organization studies* 28.3 (2007), S. 377–408.
- [Rot+16] Daniel Roth u. a. "Avatar realism and social interaction quality in virtual reality". In: *2016 IEEE Virtual Reality (VR)*. IEEE. 2016, S. 277–278.
- [Rot67] Julian B Rotter. "A new scale for the measurement of interpersonal trust." In: *Journal of personality* (1967).
- [Rou+98] Denise M Rousseau u. a. "Not so different after all: A cross-discipline view of trust". In: *Academy of management review* 23.3 (1998), S. 393–404.
- [RW+11] Nornadiah Mohd Razali, Yap Bee Wah u. a. "Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests". In: *Journal of statistical modeling and analytics* 2.1 (2011), S. 21–33.
- [SC18] William R Sherman und Alan B Craig. *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*. Morgan Kaufmann, 2018.
- [Sch+01] Martijn J Schuemie u. a. "Research on presence in virtual reality: A survey". In: *CyberPsychology & Behavior* 4.2 (2001), S. 183–201.
- [Sch10] Ulrike Schultze. "Embodiment and presence in virtual worlds: a review". In: *Journal of Information Technology* 25.4 (2010), S. 434–449.
- [SD10] Linda Schweitzer und Linda Duxbury. "Conceptualizing and measuring the virtuality of teams". In: *Information systems journal* 20.3 (2010), S. 267–295.
- [SDS11] Marissa L Shuffler, Deborah DiazGranados und Eduardo Salas. "There'sa science for that: Team development interventions in organizations". In: *Current Directions in Psychological Science* 20.6 (2011).
- [SFR] T Schubert, F Friedmann und H Regenbrecht. *igroup presence questionnaire (IPQ) overview*. URL: <http://www.igroup.org/pq/ipq/index.php>.
- [Sla03] Mel Slater. "A note on presence terminology". In: *Presence connect* 3.3 (2003), S. 1–5.

- [Sla+09] Mel Slater u. a. "How we experience immersive virtual environments: the concept of presence and its measurement". In: *Anuario de Psicología* 40 (2009), S. 193–210.
- [Sla+10] Mel Slater u. a. "First person experience of body transfer in virtual reality". In: *PLoS one* 5.5 (2010), e10564.
- [SSB05] Eduardo Salas, Dana E Sims und C Shawn Burke. "Is there a "big five" in teamwork?" In: *Small group research* 36.5 (2005), S. 555–599.
- [sta20] statista. *Corona-Krise: Anteil der Belegschaft, der im Homeoffice arbeitete, aktuell arbeitet oder theoretisch arbeiten könnte in Deutschland im 2. Quartal 2020*. 2020. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1204173/umfrage/befragung-zur-homeoffice-nutzung-in-der-corona-pandemie/>.
- [Ste+99] Anthony Steed u. a. "Leadership and collaboration in shared virtual environments". In: *Proceedings IEEE Virtual Reality*. IEEE. 1999.
- [Sto02] Dietlind Stolle. "Trusting strangers—the concept of generalized trust in perspective". In: *Österreichische Zeitschrift für Politikwissenschaft* 31.4 (2002), S. 397–412.
- [TLT04] Crispin Thurlow, Laura Lengel und Alice Tomic. *Computer mediated communication*. Sage, 2004.
- [TM98] R Thornhill und AP Møller. "The relative importance of size and asymmetry in sexual selection". In: *Behavioral Ecology* 9.6 (1998), S. 546–551.
- [Tur+93] Murray Turoff u. a. "Distributed group support systems". In: *MIS quarterly* (1993).
- [WB00] Sze-Sze Wong und Richard M Burton. "Virtual teams: what are their characteristics, and impact on team performance?" In: *Computational & Mathematical organization theory* 6.4 (2000), S. 339–360.
- [WB97] Richard C Waters und John W Barrus. "The rise of shared virtual environments". In: *Ieee Spectrum* 34.3 (1997).
- [WFG19] Kristoffer Waldow, Arnulph Fuhrmann und Stefan M Grünvogel. "Investigating the effect of embodied visualization in remote collaborative augmented reality". In: *International Conference on Virtual Reality and Augmented Reality*. Springer. 2019, S. 246–262.
- [WS98] Bob G Witmer und Michael J Singer. "Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire". In: *Presence* 7.3 (1998), S. 225–240.
- [ZLA07] Marina Mendonca Natalino Zenun, Geilson Loureiro und Claudiano Sales Araujo. "The Effects of Teams' Co-location on Project Performance". In: *Complex systems concurrent engineering*. Springer, 2007.

Anhang

A Pre-Questionnaire

Bitte geben Sie Ihr biologisches Geschlecht an: *

Männlich
 Weiblich

Bitte geben Sie Ihr Alter an: *

Kurzantwort-Text

Welchen höchsten Bildungsabschluss haben Sie bisher erreicht? *

Kein Schulabschluss / Abgangszeugnis
 Hauptschulabschluss / Volksschulabschluss
 Realschulabschluss / Mittlere Reife
 Fachabitur / Fachgebundene Hochschulreife
 Abitur / Allgemeine Hochschulreife
 Abgeschlossenes Studium
 Abgeschlossene Ausbildung
 Weitere...

Welcher beruflichen oder (berufs-) qualifizierenden Tätigkeit (inklusive Studium, Ausbildung) gehen Sie derzeit nach? *

- Ich gehe derzeit keiner Tätigkeit nach
- Ich bin Schüler/in
- Ich bin Auszubildende/r
- Ich bin Student/in
- Ich bin Angestellte/r
- Ich bin Selbstständige/r
- Weitere...

Wie viel Sport treiben Sie pro Woche? *

- Weniger als eine halbe Stunde
- Eine halbe Stunde
- Eine Stunde
- Eineinhalb Stunden
- Zwei Stunden
- Zweieinhalb Stunden
- Drei oder mehr Stunden

Welche Händigkeit besitzen Sie? *

- Linkshänder
- Rechtshänder
- Beidhändig

Seit wie vielen Jahren sprechen Sie Deutsch ? *

- 1 Jahr
- 2 Jahre
- 5 Jahre
- 10 Jahre und mehr
- Muttersprache

Körperlich / MotorischKurzantwort-Text
.....**Visuell**Kurzantwort-Text
.....**Psychisch**Kurzantwort-Text
.....**Wenn Sie eine Sehschwäche oder sonstige optische Einschränkungen haben :**

Bitte geben Sie die Dioptrierzahlen für das jeweilige Auge an. Geben Sie zudem an, ob Sie zum Zeitpunkt des Experiments eine Sehhilfe (Brille/Kontaktlinsen) tragen und wenn ja welche.

Kurzantwort-Text
.....

Haben Sie Erfahrung mit der virtuellen Realität? *

Nein

Ja

Hatten Sie bereits an Studien/Experimenten/Demos teilgenommen, die in einer Form virtueller Realität (Head-Mounted-Display, CAVE, Körpertracking) oder immersiver (eintauchender) Darstellung stattgefunden haben ? *

Nein

Ja

Sollten Sie auf die vorherige Frage mit "Ja" geantwortet haben, geben Sie bitte zudem die Anzahl der bereits absolvierten Erfahrungen an.

1. 1

2. 2

3. 3

4. 4

5. 5

6. 6

7. 7

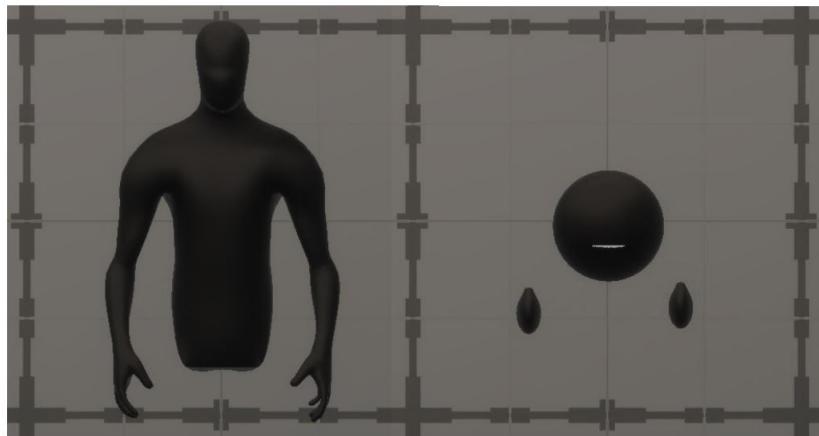
8. 8

9. 9

10. 10 und mehr

B Post-Questionnaire - Konditionsabfrage

Wie sahen ihre Mitspieler aus? *



- Menschenähnlich, mit Körper, ohne Beine
- Runder Kopf und runde Hände, kein Körper, keine Beine

C Post-Questionnaire - Generelles Vertrauen

Ich neige dazu, andere zu akzeptieren *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Ich akzeptiere andere so wie sie sind. *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme garnicht zu

Ich stimme voll zu

Meine Beziehungen zu anderen werden durch Vertrauen und Akzeptanz charakterisiert *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Ich bin eine vertrauende Person *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Es ist besser anderen Leute erst einmal zu Vertrauen *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Die meisten Menschen sind vertrauenswürdig *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Es ist besser, Fremden zu misstrauen, bis man sie besser kennt. *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Ich finde leicht neue Freunde *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Nur ein Narr würde den meisten Personen vertrauen *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Ich würde eingestehen, mehr als ein bisschen paranoid gegenüber Menschen zu sein, die ich gerade erst kennengelernt habe *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Ich habe etwas Schwierigkeiten, Leuten zu vertrauen *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

○

○

○

○

○

○

Ich stimme voll zu

Ich habe kein Vertrauen in andere Personen. *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

○

○

○

○

○

○

Ich stimme voll zu

Ich finde es besser, andere für das zu akzeptieren, was sie sagen und was sie zu sein scheinen. *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme garnicht zu

○

○

○

○

○

○

Ich stimme voll zu

Meine Erfahrungen haben mir zeigen mir, dass es besser ist, anderen zu misstrauen, bis man diese besser kennt. *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

○

○

○

○

○

○

Ich stimme voll zu

Ich habe viel Vertrauen in die Menschen, die ich kenne *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

○

○

○

○

○

○

Ich stimme voll zu

Selbst in schlechten Zeiten denke ich, dass am Ende alles gut wird *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Ich neige dazu, andere beim Wort zu nehmen *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Wenn es um Personen geht, die ich kenne, glaube ich diesen *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Ich glaube, dass ich mich auf die meisten Menschen verlassen kann, die ich kenne *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Fast immer glaube ich Leuten, was sie mir erzählen *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

D Post-Questionnaire - Kognitives Vertrauen

Diese Person geht an ihre Arbeit mit Professionalität und Hingabe heran *

1 2 3 4 5

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Andere Personen, die mit diesen Personen interagieren müssen, halten ihn/sie für vertrauenswürdig *

1 2 3 4 5

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Angesichts der Erfolgsbilanz dieser Personen sehe ich keinen Grund, an deren Kompetenzen zu zweifeln.

1 2 3 4 5

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Die meisten Menschen, auch diejenigen, die keine engen Freunde dieser Menschen sind, vertrauen und respektieren ihn/sie als Mitarbeiter/in *

1 2 3 4 5

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Ich kann mich darauf verlassen, dass diese Personen meine Arbeit nicht durch nachlässige Arbeit erschweren *

1 2 3 4 5

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Wenn die Menschen mehr über diese Personen und ihren Hintergrund wüssten, würden sie sich mehr Sorgen machen und ihre Leistung genauer beobachten.

1 2 3 4 5

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

E Post-Questionnaire - Teamkommunikation

In welchem Umfang war die Kommunikation zwischen Ihnen und Ihrem Team KLAR? *

1	2	3	4	5		
Gar nicht	<input type="radio"/>	Sehr				

In welchem Umfang war die Kommunikation zwischen Ihnen und Ihrem Team EFFEKTIV? *

1	2	3	4	5		
Gar nicht	<input type="radio"/>	Sehr				

In welchem Umfang war die Kommunikation zwischen Ihnen und Ihrem Team ABGESCHLOSSEN? *

1	2	3	4	5		
Gar nicht	<input type="radio"/>	Sehr				

In welchem Umfang war die Kommunikation zwischen Ihnen und Ihrem Team FLÜSSIG? *

1	2	3	4	5		
Gar nicht	<input type="radio"/>	Sehr				

In welchem Umfang war die Kommunikation zwischen Ihnen und Ihrem Team ZUM RICHTIGEN ZEITPUNKT? *

Beschreibung

1	2	3	4	5		
Gar nicht	<input type="radio"/>	Sehr				

F Post-Questionnaire - Team-Effektivität

Mein Team hat eine geringe Fehlerquote *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Mein Team produziert durchgehend hochwertige Ergebnisse *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Mein Team hat eine hohe Qualität *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Mein Team ist durchgehend fehlerfrei *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

Mein Team muss ihre Arbeitsqualität verbessern *

1 2 3 4 5 6 7

Ich stimme gar nicht zu

Ich stimme voll zu

G Post-Questionnaire - NASA-TLX

Wie viel geistige Anstrengung war bei der Informationsaufnahme und -Verarbeitung erforderlich *
(z.B. Denken, Entscheiden, Rechnen, Erinnern, Hinsehen, Suchen...)? War die Aufgabe leicht oder
anspruchsvoll, einfach oder komplex, erforderte sie hohe Genauigkeit oder war sie
fehlertolerant?

1. 1 - keine Anstrengung
2. 2
3. 3
4. 4
5. 5
6. 6
7. 7
8. 8
9. 9
10. 10
11. 11 - mittlere Anstrengung
12. 12
13. 13
14. 14
15. 15
16. 16
17. 17
18. 18
19. 19
20. 20
21. 21 - hohe Anstrengung

Wie viel körperliche Aktivität war erforderlich (z.B. Ziehen, Drücken, Drehen, Steuern, Aktivieren,...)? War die Aufgabe leicht oder schwer, einfach oder anstrengend, erholsam oder mühselig? *

1. 1 - keine körperliche Aktivität
2. 2
3. 3
4. 4
5. 5
6. 6
7. 7
8. 8
9. 9
10. 10
11. 11 - mittlere körperliche Aktivität
12. 12
13. 13
14. 14
15. 15
16. 16
17. 17
18. 18
19. 19
20. 20
21. 21 - hohe körperliche Aktivität

Wie viel Zeitdruck empfanden Sie hinsichtlich der Häufigkeit oder dem Takt, mit dem Aufgaben * oder Aufgabenelemente auftraten? War die Abfolge langsam und geruhsam oder schnell und hektisch?

1. 1 - geringer Zeitdruck
2. 2
3. 3
4. 4
5. 5
6. 6
7. 7
8. 8
9. 9
10. 10
11. 11 - mittlerer Zeitdruck
12. 12
13. 13
14. 14
15. 15
16. 16
17. 17
18. 18
19. 19
20. 20
21. 21 - hoher Zeitdruck

Wie erfolgreich haben Sie Ihrer Meinung nach die vom Versuchsleiter (oder Ihnen selbst) gesetzten Ziele erreicht? Wie zufrieden waren Sie mit Ihrer Leistung bei der Verfolgung dieser Ziele? *

1. 1 - kein Erfolg
2. 2
3. 3
4. 4
5. 5
6. 6
7. 7
8. 8
9. 9
10. 10
11. 11 - mittlerer Erfolg
12. 12
13. 13
14. 14
15. 15
16. 16
17. 17
18. 18
19. 19
20. 20
21. 21 - hoher Erfolg

Wie hart mussten sie arbeiten, um Ihren Grad an Aufgabenerfüllung zu erreichen? *

1. 1 - keine harte Arbeit

2. 2

3. 3

4. 4

5. 5

6. 6

7. 7

8. 8

9. 9

10. 10

11. 11 - mittlere Arbeit

12. 12

13. 13

14. 14

15. 15

16. 16

17. 17

18. 18

19. 19

20. 20

21. 21 - harte Arbeit

Wie unsicher, entmutigt, irritiert, gestresst und verärgert (versus sicher, bestätigt, zufrieden, entspannt und zufrieden mit sich selbst) fühlten Sie sich während der Aufgabe? *

1. 1 - Gering

2. 2

3. 3

4. 4

5. 5

6. 6

7. 7

8. 8

9. 9

10. 10

11. 11 - Mittel

12. 12

13. 13

14. 14

15. 15

16. 16

17. 17

18. 18

19. 19

20. 20

21. 21 - Hoch

H Post-Questionnaire - IPQ

Ich hatte nicht das Gefühl, in dem virtuellen Raum zu sein. *

1 2 3 4 5 6 7

hatte nicht das Gefühl hatte das Gefühl

Wie sehr glich Ihr Erleben der virtuellen Umgebung dem Erleben einer realen Umgebung? *

1 2 3 4 5 6 7

überhaupt nicht vollständig

Ich hatte das Gefühl, in dem virtuellen Raum zu handeln statt etwas von außen zu bedienen. *

1 2 3 4 5 6 7

trifft garnicht zu trifft vollständig zu

Wie real erschien Ihnen die virtuelle Umgebung? *

1 2 3 4 5 6 7

vollkommen real gar nicht real

Ich hatte das Gefühl, dass die virtuelle Umgebung hinter mir weitergeht. *

1 2 3 4 5 6 7

trifft gar nicht zu trifft völlig zu

Ich hatte das Gefühl, nur Bilder zu sehen. *

1 2 3 4 5 6 7

trifft gar nicht zu

trifft völlig zu

Wie bewusst war Ihnen die reale Welt, während Sie sich durch die virtuelle Welt bewegten (z.B. Geräusche, Raumtemperatur, andere Personen etc.)?

1 2 3 4 5 6 7

extrem bewusst

unbewusst

Meine Aufmerksamkeit war von der virtuellen Welt völlig in Bann gezogen. *

1 2 3 4 5 6 7

trifft gar nicht zu

trifft völlig zu

Die virtuelle Welt erschien mir wirklicher als die reale Welt. *

1 2 3 4 5 6 7

trifft gar nicht zu

trifft völlig zu

Wie real erschien Ihnen die virtuelle Welt? *

1 2 3 4 5 6 7

wie eine vorgestellte Welt

nicht zu unterscheiden von der realen Welt

I Post-Questionnaire - Co-Presence

Ich wollte keine engere Beziehung mit meinen Interaktionspartnern haben. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	starke Ablehnung				

Ich wollte eine gewisse Distanz zwischen mir und den Interaktionspartnern wahren. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	starke Ablehnung				

Ich wollte ungern persönliche Informationen mit meinen Interaktionspartnern teilen. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	starke Ablehnung				

Ich wollte die Konversation vertrauter machen. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	starke Ablehnung				

Ich versuchte, eine gewisse Nähe zwischen uns zu erzeugen. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	starke Ablehnung				

Ich war daran interessiert, mit meinen Interaktionspartnern zu reden. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	starke Ablehnung				

Meine Interaktionspartner waren stark in unserer Interaktion involviert. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	starke Ablehnung				

Meine Interaktionspartner fanden die Interaktionen anregend. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	starke Ablehnung				

Meine Interaktionspartner kommunizierten eher "kalt" als "warm". *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	starke Ablehnung				

Meine Interaktionspartner schufen eine gewisse Distanz zwischen uns. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	starke Ablehnung				

Meine Interaktionspartner schienen losgelöst während der Interaktion. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	starke Ablehnung

Meine Interaktionspartner waren unwillig persönliche Informationen zu teilen. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	starke Ablehnung

Meine Interaktionspartner machten den Anschein, dass unserer Konversation vertraut ist. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	starke Ablehnung

Mein Interaktionspartner schuf eine gewisse Distanz zwischen uns.

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	starke Ablehnung

Meine Interaktionspartner erstellten eine gewisse Nähe zwischen uns. *

1	2	3	4	5		
starke Zustimmung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	starke Ablehnung

Wie sehr war das eine Begegnung von Angesicht zu Angesicht? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Sehr ähnlich zu einer Begegung zu Angesicht  Überhaupt keine Begegnung von Angesicht zu Angesicht

Wie sehr haben Sie sich mit ihrem Partner im selben Raum gefühlt? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Sehr stark in einem Raum  Nicht sehr stark in einem Raum

In welchem Ausmaß schien ihr Partner "real"? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Sehr real  Überhaupt nicht real

Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie dieses Interaktionssystem nutzen würden, um andere Nutzer * bei einem Treffen mit etwas zu überzeugen?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Sehr wahrscheinlich  Sehr unwahrscheinlich

Wie gut könnten Sie jemanden kennen lernen, den Sie nur über das System trafen? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Sehr gut  Überhaupt nicht gut

J Elektronischer Anhang

Erklärvideo [...]/Masterarbeit elektronischer Anhang/Masterarbeit_Anleitung_und_Erklärung.mp4

Programmcode [...]/Masterarbeit elektronischer Anhang/Programmcode/Teambuilding_Trust
[...]/Masterarbeit elektronischer Anhang/Antworten des User-Tests

K Weiteres

Authors	Space/geographic dispersion	Organization/boundary-less	Time/asynchronicity	Cultural/national diversity	Term/lifespan	Enabled by/rely on communication technology
Bai & Teo (2000)	x	x	x	x	x	x
Powell <i>et al.</i> (2006)	x	x	x	x	x	x
Martins <i>et al.</i> (2004)	x	x	x	x	x	x
Hertel <i>et al.</i> (2005)	x	x	x	x	x	x
Gibson & Gibbs (2006)	x	x	x	x	x	x
Powell <i>et al.</i> (2004)	x	x	x	x	x	x
Watson-Manheim <i>et al.</i> (2002) (discontinuities)	x	x	x	x	x	x
Staples & Webster (2007)	x	x	x	x	x	x
Espinosa <i>et al.</i> (2003) (boundaries).	x	x	x	x	x	x
Saunders & Ahuja (2006)	x	x	x	x	x	x
Kirkman <i>et al.</i> (2004)	x	x	x	x	x	x
Griffith <i>et al.</i> (2003)	x	x	x	x	x	x
Cohen & Gibson (2003)	x	x	x	x	x	x
Bell & Kozlowski (2002)	x	x	x	x	x	x
O'Leary & Cummings (2007)	x	x	x	x	x	x
Lunay & Raisenghani (2001)	x	x	x	x	x	x
Maznevski & Chudoba (2000)	x	x	x	x	x	x
Jarvenpaa & Leidner (1999)	x	x	x	x	x	x
Kristof <i>et al.</i> (1995)	x	x	x	x	x	x

X, online were included in the study.

Abbildung 47 Kriterien für virtuelle Teams von [SD10, S. 27]