

# BeamLite – Mixed Reality zur Unterstützung von Remote-Meetings

Florian Jasche, Jasmin Kirchhübel, Thomas Ludwig, Corinna Ogonowski

Wirtschaftsinformatik und Neue Medien, Universität Siegen

`vorname.nachname@uni-siegen.de`

## Zusammenfassung

In der heutigen Zeit sind Meetings nicht mehr physisch an einen Ort gebunden. Vor allem in der Wissensarbeit ergänzen Telefonate oder Skype-Konferenzen bereits seit langem klassische Face-to-Face-Meetings. Verschiedene Forschungsdiskurse, vor allem der computerunterstützten Gruppenarbeit, untersuchen bereits seit nunmehr fast drei Jahrzehnten, wie durch den Einsatz von IT verteilte Gruppenarbeit in ihren verschiedensten Ausprägungen unterstützt werden kann. Mit zunehmender Leistungsfähigkeit von Technologien mit Fokus auf Augmented Reality (AR) sowie Virtual Reality (VR) sind neue Möglichkeiten hinzugekommen, die ein hohes Potential zur Unterstützung verteilter Meetings bieten. In diesem Paper stellen wir einen Ansatz vor, der durch die Kombination von AR und VR ein Kommunikationssystem mit verschiedenen Kollaborationsmöglichkeiten zur geeigneten Unterstützung verteilter Meetings umsetzt und durch den Einsatz von Consumer-Hardware auch für die Arbeit von zu Hause geeignet ist. Der Mehrwert des Ansatzes liegt vor allem darin, dass auch solche Szenarien fokussiert werden, bei denen sich zwei oder mehr Personen in demselben Raum befinden sowie ein oder mehrere Personen nicht anwesend sind und entfernt zur selben Zeit kooperieren.

## 1 Einleitung

Vor allem im Bereich der Wissensarbeit machen Meetings als ein wichtiges Kollaborationswerkzeug einen Großteil des Arbeitsalltags aus (Rogelberg et al., 2006). Durch räumlich verteilte Arbeit sind Face-to-Face (F2F)-Meetings zunehmend schwieriger abzuhalten (Baltes et al., 2002). Damit verteilte Teams trotzdem Meetings abhalten können, werden eine Reihe von unterschiedlichen Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt.

Heute bereits etablierte Video- und Telekonferenzsysteme ermöglichen eine Kommunikation über Distanzen hinweg, bringen aber eine Reihe von Problemen mit sich. Telekonferenzen, die lediglich über das Telefon durchgeführt werden, sind nur mit wenigen Teilnehmern übersichtlich, da eine Identifikation der Sprecher allein durch die Stimme häufig schwierig ist

(Yankelovich et al., 2004). Dies wird vor allem durch den fehlenden visuellen Kommunikationskanal hervorgerufen. Außerdem werden wichtige nonverbale Kommunikationssignale nicht übertragen, wenn die Kommunikation ausschließlich über ein Audiosignal abläuft (Bruce, 1996). In Videokonferenzsystemen, wie beispielsweise Skype, ist dieser fehlende Kanal durch die Videoübertragung vorhanden, allerdings kann die Videoaufzeichnung der eigenen Person zu Ablenkung während des Gesprächs führen (Hassell & Cotton, 2017). Die Übertragung der Blickrichtung von Teilnehmern ist durch die Positionierung der Kamera am Bildschirmrand und den fehlenden Umgebungskontext allerdings auch in diesem Fall nicht möglich. Um seinem Gesprächspartner bei einer Videoübertragung das Gefühl zu geben, ihm in die Augen zu gucken, muss der Blick direkt in die Kamera gerichtet sein. Dies führt dazu, dass der Gesprächspartner - vor allem bei klassischen Desktopanwendungen - nur noch peripher gesehen werden kann, weshalb häufig auf den Monitor und nicht in die Kamera geschaut wird (Muehlbach, Boecker, & Prussog, 1995). Telefon- oder Videokonferenzen bieten daher ein wenig immersives Szenario und nur eingeschränkte Möglichkeiten der interaktiven Kollaboration während eines Meetings, wodurch dynamisches Arbeiten an Whiteboards oder anderen Hilfsmitteln nicht ohne Weiteres ablaufen kann (Hampton et al., 2017).

Komplexe Videokonferenzsysteme, die mit einem Aufbau mehrerer Bildschirme und Kameras viel Platz benötigen, bieten zwar ein verbessertes immersiveres Erlebnis und sind denkbar für den Einsatz in großen Unternehmen, können allerdings nicht für Homeoffice oder die Arbeit in kleinen Büros eingesetzt werden. Neue Technologien, wie Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) eröffnen neue Möglichkeiten der Remote-Kommunikation, da ein komplexer Aufbau mit den kompakter werdenden Head-Mounted-Displays (HMDs) vermieden werden kann und ein flexibler Einsatz auch in kleinen Räumlichkeiten möglich ist. Die bisherige Forschung zu den neuen Technologien hat sich vor allem mit VR-Systemen für Remote-Meetings (Gao et al., 2017; Greenwald et al., 2017) oder AR-Systemen zur Unterstützung von F2F-Meetings beschäftigt (Piumsomboon et al., 2017).

Die Gestaltung eines Mixed Reality-Ansatzes, bei dem die Vorteile der beiden Technologien AR und VR kombiniert werden, um einerseits das Meeting zu dem entfernten Teilnehmer zu transportieren und diesen andererseits in die lokale Meeting-Situation zu bringen ist dabei noch eine offene Fragestellung. Das in diesem Paper vorgestellte System *BeamLite* setzt an dieser Stelle an und kombiniert die beiden Technologien AR und VR, um auf Basis der Vorteile der beiden Technologien jene Szenarien zu unterstützen, bei denen sich mindestens zwei Teilnehmer lokal treffen und weitere Personen hinzugeschaltet werden sollen.

Im Folgenden wird ein empirisch fundierter, technischer Lösungsansatz vorgestellt, der beschreibt, wie ein Mixed Reality-Kommunikationssystem für Remote-Meetings basierend auf AR- und VR-Technologien für den alltäglichen Einsatz aussehen kann. Der alltägliche Einsatz impliziert dabei, dass sich die beiden Technologien in naher Zukunft im Massenmarkt und Endkundenbereich durchsetzen werden. Das hier vorgestellte Kommunikationssystem erzeugt ein immersives Erlebnis bei Remote-Meetings und bietet zusätzliche Kollaborationsmöglichkeiten, die bei Videokonferenzen nicht oder nur eingeschränkt möglich sind. Ziel ist es, dass die Teilnehmer des Meetings, obwohl sie sich physisch an unterschiedlichen Orten befinden, das Gefühl haben, sich gemeinsam in einem realen Raum zu befinden und dort wie in einer F2F-Situation kollaborieren zu können.

## 2 Empirische Vorstudie

Um die Struktur von Meetings und die Praxis von Meeting-Teilnehmern zu verstehen, wurde eine empirische Vorstudie durchgeführt. In dieser fanden Beobachtungen und Interviews statt. Zusätzlich sollte eine Marktanalyse bestehender Mixed Reality-Kommunikationstools zeigen, welche aktuellen Technologien bereits existieren und wie diese aufgebaut sind. Die Analyse diente vor allem dazu, die bisherigen Interaktionskonzepte besser kennenzulernen und Inspiration für die eigenen Designentscheidungen zu erhalten. Dabei fiel auf, dass vor allem soziale Netzwerke in Form von VR zu VR auf dem Markt existieren (z.B. RecRoom, Altspace VR, Facebook Spaces).

Die Zielgruppe aller durchgeführten empirischen Methoden bestand aus Personen, die in ihrem Arbeitsalltag häufig Meetings abhalten und vermehrt Erfahrung mit Remote-Technologien sammeln konnten. Die gesammelten Daten wurden nach deduktiven und induktiven Verfahren codiert und führten in der Analyse zu zentralen Problemen, die in den folgenden Abschnitten komprimiert dargestellt werden.

Die Beobachtungen wurden als nicht teilnehmende Beobachtungen durchgeführt, wobei sowohl reine F2F-Meetings, als auch solche Meetings beobachtet wurden, bei denen mindestens eine Person über ein Remote-Tool verbunden war. Trotz der Diversität der Meetings lieferten die Beobachtungen ähnliche Ergebnisse. Vor allem Aspekte der nonverbalen Kommunikation, wie Mimik und Gestik, wurden von den beteiligten Personen teilweise gezielt, meist aber eher unbewusst eingesetzt, um Gesprochenes zu untermalen. Dazu zählt auch die Blickrichtung: Lokal anwesende Personen wurden meistens über einen einfachen Blick adressiert, während Remote-Teilnehmer fast ausschließlich über den Namen angesprochen wurden. Remote-Personen schienen durch die Distanz und das Fehlen der nonverbalen Kommunikationskanäle häufiger abgelenkt und reagierten teilweise nur auf besondere Stichworte.

Während der Beobachtungen konnten Aspekte, wie beispielsweise die allgemeinen Rahmenbedingungen von Meetings, Faktoren für Ablenkung und die Handhabung von Kollaborationswerkzeugen, nicht eindeutig identifiziert werden. Daher wurden zusätzlich zehn semi-strukturierte Interviews geführt. Darin wurde bestätigt, dass Meetings eine wichtige Rolle im beruflichen Alltag der Interviewten spielen und in den meisten Fällen sogar mindestens eine Person mittels einer Remote-Technologie zugeschaltet wird. Die Interviewteilnehmer berichteten durchweg über wesentliche Rahmenbedingungen in Form von Agenden und Protokollen, die Meetings eine wichtige Struktur verschaffen. Beispielsweise sagte eine Person: „Manche Meetings laufen auch ganz chaotisch und ohne Agenda ab und da gibt es auch eine vage Übereinkunft [...], was irgendwie gemacht werden muss, aber weder so richtig mit Protokoll noch mit richtiger, formeller Agenda“.

Besonders bezüglich Meetings, bei denen Hilfsmittel wie Whiteboards oder Flipcharts zum Einsatz kommen, berichteten die Interviewteilnehmer von Problemen, die eine Kollaboration erschweren. Auf der einen Seite kann es durch die Übertragungsqualität dazu kommen, dass der entfernte Teilnehmer den Inhalt des Whiteboards nicht erkennen kann, auf der anderen Seite fehlt ihm in der Regel die Möglichkeit selber etwas auf das Whiteboard zu zeichnen. Er muss seine Gedanken über das, was er zeichnen möchte, in gesprochene oder geschriebene

Sprache umwandeln, die im nächsten Schritt von einem lokalen Teilnehmer richtig interpretiert und umgesetzt werden muss. Die Interviewteilnehmer berichteten von einem gestörten Fluss des Meetings aufgrund der dadurch entstehenden Artikulationsarbeit. Zwar sprachen sie selbst Technologien und digitale Kollaborationsmöglichkeiten an, allerdings wurde dabei die fehlende Dynamik und Modalität eines echten Whiteboards bemängelt.

Neben den angesprochenen Problemen wurden weitere Aspekte in der empirischen Vorstudie bestätigt, die bereits in der Studie älterer Literatur aufgedeckt werden konnten. Darunter fallen insbesondere die bereits angesprochenen, fehlenden nonverbalen Kommunikationssignale. (Bruce, 1996; Kleinke, 1986). Dies unterstreicht die Notwendigkeit eines innovativen Ansatzes für Remote-Meetings, der diese Probleme angeht.

### 3 Konzept

Eine Analyse der verwandten Forschungsarbeiten und die Ergebnisse aus der Marktanalyse zeigten, dass der Fokus bisheriger kollaborativer VR/AR-Lösungen häufig auf Situationen liegt, in denen entweder alle Personen verteilt sind (Greenwald et al., 2017; Mueller et al., 2017) oder lediglich zwei Gesprächspartner lokal kommunizieren sollen (Schmalstieg et al., 1998). Der Anwendungsfall von mehreren lokal anwesenden Personen und mindestens einem Remote-Teilnehmer wird dabei außer Acht gelassen. Das entwickelte Konzept zielt deshalb auf den Einsatz bei Remote-Meetings ab, bei denen sich mindestens zwei Personen in demselben Raum aufhalten und weitere Personen von unterschiedlichen Orten zu diesem Meeting zugeschaltet werden. In *BeamLite* soll als Grundlage ein bekannter Meeting-Raum als virtuelle Repräsentation in VR abgebildet werden, um einem Remote-Teilnehmer das Gefühl des Vorortseins zu vermitteln. Lokal anwesende Teilnehmer können sich in dem realen Raum treffen und tragen eine AR-Brille, um die entfernten Teilnehmer wahrnehmen zu können (siehe Abbildung 1).



(a) Zwei Meeting-Teilnehmer treffen sich gemeinsam in demselben Meeting-Raum.



(b) Ein entfernter Teilnehmer nimmt mittels VR-Brille am Meeting von zu Hause aus teil.

Abbildung 1: Typisches Nutzungsszenario für *BeamLite*.

Über die VR- und AR-Brillen sollen den Beteiligten Repräsentationen der anderen Teilnehmer in Form von Avataren angezeigt werden. Dabei werden die entfernten Teilnehmer genau dort

im Raum angezeigt, wo sie sich im virtuellen Raum befinden. Wie aus der empirischen Vorstudie hervorgeht, ist die Blickrichtung ein wesentlicher Faktor, um die Kommunikation anzureichern. Durch die Integration von Eyetracking-Systemen könnte die Übertragung der exakten Blickrichtung ermöglicht werden.

Avatare sollen die Teilnehmer repräsentieren und neben verbaler Kommunikation auch non-verbale Verständigung ermöglichen. Dafür sollen natürliche Gesten in die Kommunikation eingebunden werden, um ein möglichst F2F-ähnliches Meeting zu schaffen. Eine Erfassung der Handpositionen sowie einzelner Gesten ist durch Technologien wie Leap Motion auch ohne komplexe Kamerasysteme, wie sie beispielsweise für Motion Capturing benötigt werden, möglich. Dadurch wäre das System auch in kleinen Räumlichkeiten und von zu Hause aus verwendbar. Die Mimik soll im Idealfall vollständig erfasst und übermittelt werden. Da durch die HMDs eine hohe Verdeckung der Gesichtspartie stattfindet und diese nicht ohne Weiteres erfasst werden kann, ist eine Substitution durch metaphorische Darstellungen denkbar. In der Marktanalyse konnten beispielsweise Systeme getestet werden, bei denen Emojis und vordefinierte Gesichtsausdrücke Emotionen spontan widerspiegeln konnten.

Neben den Problematiken der unvollständigen Kommunikation fokussiert das Konzept auch die Vermittlung von sozialer Präsenz und Telepräsenz. Soziale Präsenz (De Greef & Ijsselstein, 2001) beschreibt das Gefühl des Zusammenseins – *being together* – und Telepräsenz – *being there* – das Gefühl des Vorortseins (Sheridan, 1992). Um einer entfernten Person das Gefühl zu vermitteln, sich an einem anderen Ort zu befinden, sind drei Faktoren ausschlaggebend: Umfang der sensorischen Wahrnehmung der entfernten Umgebung (z. B. visuell, auditiv, haptisch, olfaktorisch), der Grad der Freiheit bei der Kontrolle über die Sinneswahrnehmungen (z.B. freie Wahl der Blickrichtung, Neupositionierung im Raum) sowie die Möglichkeit selbstständig Veränderungen in der entfernten Umgebung herbeizuführen und sich somit als selbstwirksam an einem entfernten Ort wahrzunehmen (Sheridan, 1992). Damit dieses Gefühl eintritt, soll der entfernte Teilnehmer in *BeamLite* eine möglichst realistische Abbildung des realen Meeting-Raums mit einer VR-Brille erleben. Er soll sich zudem frei in dem Raum bewegen und beispielsweise Stimmen aus der Richtung, in der sich die Personen tatsächlich in dem realen Raum befinden, wahrnehmen können. Außerdem sollen Interaktionen mit virtuellen Elementen in den realen Raum übertragen werden.

In der durchgeführten Interviewstudie wurde die Notwendigkeit von Kollaboration über beispielsweise Whiteboards hervorgehoben. Daher soll es auch in *BeamLite* die Möglichkeit geben Kollaborationswerkzeuge zu nutzen. Mittels virtueller Elemente im Raum, mit denen alle Teilnehmer interagieren können, soll die Kollaboration in Meetings unterstützt werden. Das Ziel ist es, den dreidimensionalen Raum auszunutzen und die natürliche Dynamik und Flexibilität eines F2F-Meetings für die lokalen Teilnehmer nicht einzuschränken und auch dem Remote-Teilnehmer die Möglichkeit zu geben, selbst mit den Hilfsmitteln zu interagieren. Denkbare Werkzeuge sind unter anderem Whiteboards, Notizzettel, Präsentationen oder 3D-Modelle, die gemeinsam im dreidimensionalen Raum betrachtet werden können. Zusätzlich sind Funktionen geplant, die den Moderator und das Zeitmanagement unterstützen, um die allgemeinen Rahmenbedingungen von Meetings und gewohnte Meeting-Formen nicht zu verändern. Strukturelemente wie Agenden und Protokolle sollen daher in die virtuelle Umgebung integriert werden können.

## 4 Der Mixed Reality-Prototyp BeamLite

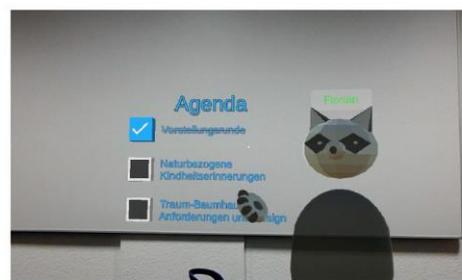
Für die prototypische Umsetzung des Konzepts wurde die folgende Hardware verwendet: Die lokal anwesenden Personen tragen jeweils eine Microsoft HoloLens (AR-Datenbrille) und die entfernten Teilnehmer tragen eine HTC VIVE (VR-Brille). Die HoloLens wurde gewählt, da sie keine weitere Hardware für den Betrieb benötigt und eine freie Bewegung im Raum ermöglicht und so die Dynamik in Meetings fördern könnte.

Bei der VR-Umsetzung wurde ein hoher Wert auf die natürliche Bewegung in der virtuellen Umgebung gelegt. Deshalb wurde ein System ausgewählt, das ein raumfüllendes VR-Erlebnis bietet. Neben der natürlichen Bewegung steht die realistische Abbildung des realen Meeting-Raums im Fokus. Dafür wurde der Raum mittels Laserscan und Photogrammetrie digitalisiert. Dadurch ist ein maßstabgetreues Modell mit detaillierten Texturen entstanden, in dem sich der Remote-Teilnehmer frei bewegen kann. Ein Nachteil bei dieser Vorgehensweise ist allerdings, dass es sich um ein statisches Modell handelt, das nicht auf Veränderungen des realen Raums reagiert. Eines der Hauptprobleme bei der Verwendung unterschiedlicher Systeme (AR und VR) stellt die Synchronisation der Trackingsysteme beziehungsweise der daraus resultierenden Koordinatensysteme dar. Um dieses Problem zu lösen, wird ein visueller Marker verwendet, der durch die HoloLens gescannt wird. Der Marker dient als Referenzpunkt für die unterschiedlichen Trackingsysteme. Die Synchronisierung der Trackingsysteme ist wichtig, damit virtuelle Elemente für alle Teilnehmer an derselben Position im Raum angezeigt werden. Befinden sich die Elemente an unterschiedlichen Stellen, könnte es zu Missverständnissen in der Kommunikation kommen.

Als Repräsentationsform der Teilnehmer wurden Avatare gewählt. Diese bestehen aus abstrakten Tierköpfen mit einem generischen Körper und Händen in Form von Tatzen. Auf Beine und Arme wurde bewusst verzichtet, da eine natürlich wirkende Animation mit der gegebenen Hardware nicht möglich war (siehe Abbildung 2). Um den Abstraktionsgrad hoch zu halten und einen möglichen Uncanny Valley-Effekt (Mori, 1970) zu vermeiden, wurde für den ersten Prototyp die Repräsentationsform als Tiere gewählt.



(a) Der Meeting-Raum und Avatare der lokalen Teilnehmer aus der Sicht des entfernten Teilnehmers.



(b) Der Avatar eines Remote-Teilnehmers aus der Sicht eines lokalen Teilnehmers.

Abbildung 2: Der Mixed Reality-Prototyp aus unterschiedlichen Ansichten.

Als Kollaborationswerkzeug, wie es im Konzept vorgesehen ist, wurde ein Whiteboard integriert, an das jeder Teilnehmer zeichnen kann. Die Zeichnung wird in Echtzeit an die anderen Teilnehmer übertragen. Zusätzlich wurde eine Agenda für alle Teilnehmer im Raum angezeigt, um den Aspekt der Meeting-Strukturen in den Prototypen zu integrieren.

## 5 Ausblick

Der Prototyp wurde bereits in einer Evaluation mit Nutzern der Zielgruppe getestet. Dabei konnte festgestellt werden, dass das System allgemein auf Akzeptanz trifft und die Remote-Kommunikation unterstützen kann. Allerdings weist es noch Mängel auf, die in weiteren Iterationen behandelt werden sollten. Dabei sollte versucht werden eine noch stärkere Verschmelzung von der realen und der virtuellen Welt zu erreichen, um den Remote-Teilnehmern noch stärker das Gefühl zu vermitteln, sich an dem anderen Ort zu befinden. Hierfür könnten Veränderungen, die in dem realen Raum stattfinden, auch an die virtuelle Abbildung übertragen werden (z.B. Positionsveränderung von Stühlen oder anderen Objekten). Um eine natürliche Kombination von realen und virtuellen Objekten zu erhalten, soll zudem nach geeigneten Analogien gesucht werden, ob physische Objekte sich als Schnittstelle zu digitalen Inhalten eignen. Über einen realen Schrank könnte beispielsweise auf digitale Unterlagen zugegriffen werden.

Weiterhin wurde festgestellt, dass Mimik und Gestik noch nicht detailliert genug erfasst werden, um eine natürliche Kommunikation optimal simulieren zu können. Daher sollte untersucht werden, wie die Übertragung von nonverbalen Kommunikationssignalen verbessert werden könnte. Weitere Sensorik könnte eine detailgetreuere Erfassung und Abbildung der Gesten und Gesichtsausdrücke ermöglichen. Der Effekt einer Substitution der Mimik in Form von vordefinierten Gesichtsausdrücken oder Emojis sollte diesbezüglich in Vergleich gesetzt und untersucht werden. Eine realistischere Darstellung der Personen als persönliche Avatare könnte dem System außerdem einen höheren Grad an Seriosität verleihen.

Zwar haben die bisherigen Tests mit dem Prototyp eine allgemeine Akzeptanz und das Potential von *BeamLite* zeigen können, allerdings besteht nach weiteren Iterationen zusätzlicher Forschungsbedarf, um die Alltagstauglichkeit des Systems in einer Aneignungsphase mit mehreren Nutzern innerhalb eines Unternehmens zu überprüfen.

## Literaturverzeichnis

- Baltes, B. B., Dickson, M. W., Sherman, M. P., Bauer, C. C., & LaGanke, J. S. (2002). Computer-Mediated Communication and Group Decision Making: A Meta-Analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 87(1), 156–179.
- Bruce, V. (1996). The role of the face in communication: Implications for videophone design. *Interacting with Computers*, 8(2), 166–176.

- De Greef, P., & Ijsselstein, W. A. (2001). Social Presence in a Home Tele-Application. *CyberPsychology & Behavior*, 4(2), 307–315.
- Gao, L., Bai, H., Lindeman, R., & Billinghurst, M. (2017). Static local environment capturing and sharing for MR remote collaboration. In *SIGGRAPH Asia 2017 Mobile Graphics & Interactive Applications on - SA '17* (pp. 1–6).
- Greenwald, S. W., Wang, Z., Funk, M., & Maes, P. (2017). Investigating Social Presence and Communication with Embodied Avatars in Room-Scale Virtual Reality. In *International Conference on Immersive Learning* (Vol. 725, pp. 75–90).
- Hampton, S. E., Halpern, B. S., Winter, M., Balch, J. K., Parker, J. N., Baron, J. S., Palmer, M., Schildhauer, M., Bishop, P., Meagher, T. R., Specht, A. (2017). Best Practices for Virtual Participation in Meetings: Experiences from Synthesis Centers. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, 98(1), 57–63.
- Hassell, M., & Cotton, J. (2017). Some things are better left unseen: Toward more effective communication and team performance in video-mediated interactions. *Computers in Human Behavior*, 73, 200–208.
- Kleinke, C. L. (1986). Gaze and eye contact: A research review. *Psychological Bulletin*, 100(1), 78–100.
- Mori, M. (1970). The Uncanny Valley. *Energy*, 7(4), 33–35.
- Muehlbach, L., Boecker, M., & Prussog, A. (1995). Telepresence in Videocommunications - A Study on Stereoscopy and Individual Eye Contact. *Human Factors*, 37(2), 290–305.
- Mueller, J., Raedle, R., & Reiterer, H. (2017). Remote Collaboration With Mixed Reality Displays. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '17* (pp. 6481–6486).
- Piumsomboon, T., Day, A., Ens, B., Lee, Y., Lee, G., & Billinghurst, M. (2017). Exploring enhancements for remote mixed reality collaboration. In *SIGGRAPH Asia 2017 Mobile Graphics & Interactive Applications on - SA '17* (pp. 1–5).
- Rogelberg, S. G., Leach, D. J., Warr, P. B., & Burnfield, J. L. (2006). “Not Another Meeting!” Are Meeting Time Demands Related to Employee Well-Being? *Journal of Applied Psychology*, 91(1), 83–96.
- Schmalstieg, D., Szalavári, Z., Fuhrmann, A., & Gervautz, M. (1998). Studierstube: An environment for collaboration in augmented reality. *Virtual Reality*, 3(1), 37–48.
- Sheridan, T. B. (1992). Musings on Telepresence and Virtual Presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(1), 120–126.
- Yankelovich, N., Walker, W., Roberts, P., Wessler, M., Kaplan, J., & Provino, J. (2004). Meeting central: making distributed meetings more effective. *Proceedings of the 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, 6(3), 419–428.