Durchblick mittels Alterssimulation!

Beachtung der Bedürfnisse älterer Nutzer durch den Einsatz von Virtual Reality

Frank Dittrich
Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement
Technische Universität Chemnitz
Chemnitz Sachsen Deutschland
frank.dittrich@mb.tu-chemnitz.de

Danny Rüffert
Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement
Technische Universität Chemnitz
Chemnitz Sachsen Deutschland
danny.rueffert@mb.tu-chemnitz.de

Jonas Trezl
Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement
Technische Universität Chemnitz
Chemnitz Sachsen Deutschland
jonas.trezl@mb.tu-chemnitz.de

Angelika C. Bullinger
Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement
Technische Universität Chemnitz
Chemnitz Sachsen Deutschland
angelika.bullinger@mb.tu-chemnitz.de

ABSTRACT

Menschliche Fähigkeiten sind im Laufe des Alterungsprozesses Veränderungen unterworfen, welche das Leistungsvermögen älterer Menschen im Vergleich zu Jüngeren einschränken kann. Besonders das Sehen kann dabei zu deutlichen Einschränkungen bei der Bewältigung von Alltagsaufgaben führen. Um Entwickler, Planer und Gestalter für die Bedürfnisse älterer Menschen zu sensibilisieren, wurde eine Virtual-Reality-Applikation entwickelt, mit deren Hilfe jüngere Menschen altersbedingte und pathologische Seheinschränkungen mittels einer VR-Brille nacherleben können. In einer Studie mit 10 Experten aus dem Bereich User Centered Design (UCD) wurde die Nutzung der Simulation im Rahmen des UCD bewertet. Im Beitrag werden neben der Entwicklung des Systems die Ergebnisse dieser Studie vorgestellt und das Potential der Anwendung für den UCD diskutiert.

KEYWORDS

Ältere Nutzer, Seheinschränkungen, Benutzeranforderungen, Evaluation, Virtual Reality

1 Einleitung

Menschliche Fähigkeiten sind im Laufe des Alterungsprozesses Veränderungen unterworfen, welche das Leistungsvermögen älterer Menschen im Vergleich zu Jüngeren einschränken kann. Während sich einige Fähigkeiten, wie die kristalline Intelligenz, also die Repräsentation von Faktenwissen und Erfahrungen, verbessern, sind andere Fähigkeiten, wie insbesondere die sensorischen Fähigkeiten Sehen, Hören und Fühlen, negativen Veränderungen unterworfen. Beginnend meist im mittleren Alter ab 35 Jahren steigt die Abnahme ab 50-60 Jahren stark an. Besonders das Sehen kann dabei zu deutlichen Einschränkungen bei der Bewältigung von Alltagsaufgaben führen. So engt sich beispielsweise das Gesichtsfeld ein und die Erkennungsleistung in den peripheren Bereichen ist reduziert [1]. Zudem nimmt das Schärfesehen (Visus) sowohl für kurze als auch für weite Distanzen ab. So verfügt ein 60-Jähriger Mensch bei einem Sehabstand von 2 m durchschnittlich über nur 56% der Sehleistung als wie ein 20-Jähriger [2]. Ab dem 40. bis 50. Lebensjahr kommt es weiterhin zu einer zunehmenden Reduzierung der Kontrastwahrnehmung [3]. Auch die Farbwahrnehmung verändert sich ab dem 60. Lebensjahr. So wird die Lichtmenge im violetten, blauen und grünen Bereich deutlich reduziert [4, 5], was beispielsweise dazu führt, dass Blau-Gelb-Kontraste nicht mehr wahrgenommen werden können. Zusätzlich tragen pathologische Einschränkungen, deren Wahrscheinlichkeit mit steigendem Alter zunimmt, wie die altersbedingte Makuladegeneration (AMD) oder die Katarakt (Grauer Star), deutlich zur Verschlechterung des Sehvermögens bei. Durch den demografischen Wandel ist in den nächsten Jahren mit einem erhöhten Prävalenzzuwachs gerade im Bereich der Augenkrankheiten zu rechnen. So steigt die Prävalenz einer AMD von 2007 bis 2050 um 169 % [6]. Aber auch das Glaukom (Grüner Star) mit einer erwarteten Zunahme von 72 % ist dabei nicht zu unterschätzen. Der Bundesverband der Augenärzte (BVA) rechnet bis zum Jahr 2030 mit 7,7 Millionen zusätzlichen Behandlungsfällen aufgrund altersbedingter Augenkrankheiten [7].

Diese Einschränkungen bei der Informationsaufnahme wirken sich insbesondere auf die Mensch-Technik- bzw. Mensch-Umwelt-Interaktionen in Arbeits- und Lebenswelten aus.

Veröffentlicht durch die Gesellschaft für Informatik e.V. und die German UPA e.V. 2019 in S. Hess & H. Fischer (Hrsg.):
Mensch und Computer 2019 – Usability Professionals, 08.-11. September 2019, Hamburg
Copyright © 2019 bei den Autoren.
https://doi.org/10.18420/muc2019-up-0239

Während Arbeits- und Lebenswelten in der Regel von jungen Menschen gestaltet werden, die auf intuitive Weise ihre eigenen Bedürfnisse und Fähigkeiten dieser Gestaltung zugrunde legen, werden die Bedürfnisse ältere Mensch dabei oft unbewusst außen vorgelassen [8]. Somit führen aus Sicht der älteren Nutzer schlecht gestaltete Produkte, seien es einfach bedienbare Gegenstände wie eine Kaffeemaschine oder komplexe Bedienschnittstellen, wie bei einem Fahrkartenautomaten, zu entsprechenden Nutzungsproblemen. Die Lösung bieten Gestaltungsansätze, die die Fähigkeiten älterer Nutzer berücksichtigen. Eine alternsgerechte Gestaltung ist dabei keine Gestaltung nur für Ältere. Vielmehr kommt der Ansatz des „Design for all“ bzw. „Universal Design“ zum Tragen. So unterstützen alternsgerecht gestaltete Schnittstellen nicht nur Ältere, sondern können auch den Komfort für jüngere Menschen und deren Leistungsfähigkeit erhöhen [9, 10]. Um dies umzusetzen, ist es wichtig die Perspektive Älterer zu verstehen und deren Bedürfnisse und Fähigkeiten in die Gestaltung und Entwicklung mit einzubeziehen. Besondere Schwierigkeiten bestehen dabei in der Praxis unter anderem aufgrund der schlechten Zugänglichkeit zu Zielgruppen mit spezifischen Seheinschränkungen, die zudem in ihrer Art und Ausprägung sehr unterschiedlich sind. Weiterhin bestehen große Herausforderungen bei der Beurteilung der Einflüsse verschiedener Seheinschränkungen auf die Mensch-Technik-Interaktion. Hierbei hat vor allem das „Nicht-Nacherleben“ können eine wesentliche Bedeutung.

Aus verschiedenen Anwendungsbereichen heraus haben sich in Wissenschaft und Praxis verschiedene Methoden der Alterssimulation etabliert. Das einheitliche Konzept dabei betrifft die mit Hilfsmitteln herbeigeführte Einschränkung bestimmter Fähigkeiten, damit die Auswirkungen der Einschränkungen nachempfunden werden können. Im vorliegenden Beitrag sollen die Entwicklung einer Virtual-Reality (VR)-gestützten Simulation von Seheinschränkungen und deren Nutzen für das User Centered Design (UCD) beschrieben werden.

2 Stand der Wissenschaft

2.1 Alterssimulation

Schon in den 1970er Jahren wurden erste Versuche unternommen, mittels einfachen Simulationskonzepten altersbedingte Veränderungen hervorzurufen [11]. Im medizinischen Segment haben sich verschiedene Unterrichtskonzepte unter den Begriffen „instant aging“ oder „The aging game“ etabliert, um Medizinstudenten Wissen zu geriatrischen Problemen zu vermitteln und Verständnis zu schaffen [12, 13, 14]. In der heutigen Zeit werden vermehrt ganzheitliche Alterssimulationsanzüge in der Ausbildung, Weiterbildung oder dem Studium [15] in unterschiedlichen Fachrichtungen eingesetzt, um Akteure für die Belange und Bedarfe älterer Menschen zu sensibilisieren und Empathie zu steigern.

Existierende Alterssimulationsanzüge weisen einen ähnlichen Aufbau aus. Zum einen gilt es die Informationsaufnahmekapazität aus der Umwelt zu reduzieren. Hier eignen sich spezielle Brillen zur Simulation von Seheinschränkungen (siehe nächsten Abschnitt), Kapselgehörschützer für die Reduktion von akustischen Signalen und Handschuhe für das Fühlen bzw. der Abnahme der haptischen Leistungsfähigkeit [16]. Zum anderen gilt es auch die Fähigkeiten der Informationsumsetzung in Form von konditionellen und koordinativen Fähigkeiten zu reduzieren. Typische altersbedingte konditionelle Abnahmeerscheinungen betreffen die maximale Muskelkraft, die maximale Ausdauerleistungsfähigkeit, die Gelenkbeweglichkeit sowie die Schnelligkeit [17]. Zur Reduktion der Beweglichkeit verwenden die Anzüge Gelenkmanschetten oder Bandagen, die um Kniegelenk bzw. Ellenbogengelenk angelegt werden und damit die Gelenkbeweglichkeit sowie die Flexibilität reduzieren. Auch helfen besondere Schnittmuster, die Beweglichkeit in der Lendenwirbelsäule herabzusetzen. Zur Simulation der im Alter zu erwartende Kraftabnahme werden Gewichte genutzt, die im gesamten Anzugskonzept oder partiell integriert werden. Diese Gewichte dienen ebenfalls, nach dem Prinzip der Massenträgheit, zur Beeinflussung der Schnelligkeit von Bewegungen. Die Spanne der Einschränkungen reicht von geriatrischen Simulationen (bspw. Alterssimulationsanzug Gert) bis zur Simulation von verschiedenen Einschränkungsgraden, wie es beim Modularen Alterssimulationsanzug MAX möglich ist. Dies hat den Vorteil, dass eine breitere Zielgruppe, von der älteren Arbeitskraft bis zur Fähigkeitssimulation hochaltriger Menschen, abgebildet werden kann. Damit werden nicht nur „Worst-Case-Szenarien“ provoziert, sondern auch die Fähigkeitseinschränkungen beim gesunden Altern in unterschiedlichen Lebensphasen adressiert.

2.2 Simulation von Seheinschränkungen

Bei der Simulation von Fähigkeitseinschränkungen nehmen neben motorischen Aspekten sensorische Einschränkungen eine große Bedeutung ein. Zum einen unterliegen die sensorischen Fähigkeiten starke altersbedingte Veränderungen und weisen auch hohe Verbreitungen von pathologischen Einflüssen auf. Zum anderen wirken sich diese Einschränkungen entsprechend stark auf die Bewältigung von Alltagsaufgaben und die Mensch-Technik-Interaktion aus.

Gängige Lösungen im Bereich der Simulation von Seheinschränkungen existieren hauptsächlich als statische Brillen, die mit Filtern oder Masken versehen sind. Diese können jeweils bestimmte durch das Alter oder durch Krankheiten bedingte Einschränkungen darstellen und simulieren bspw. ein verändertes Gesichtsfeld, einen veränderten Visus oder eine Linsentrübung. Durch neuere Möglichkeiten der digitalen Bildverarbeitung und durch Nutzung entsprechender digitaler Anzeigetechnologien wurden bereits 2000 von Ai et al. [18] erste digitale Simulationen zum Erlebbarmachen von Seheinschränkungen genutzt. Als Technologieträger kam eine CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) zum Einsatz, bei der der Nutzer mittels Polarisationsbrillen stereoskopische Ansichten virtueller Umgebungen, die auf den Wänden der CAVE projiziert werden, wahrnehmen kann. Einen ähnlichen Ansatz verfolgten hierbei Jin et. al [19], allerdings mit fotorealistischen

3D-Darstellungen. Der Ansatz eignet sich nur bedingt zur Simulation von Seheinschränkungen, da die Wahrnehmung der Darstellungen in der CAVE richtungsabhängig ist. Dies ist beispielsweise bei der Simulation von Unschärfe weniger von Bedeutung, als bei der Simulation von Verzerrungen im Bereich der Blickfixation.

Mit Ates et. al [20] rückten Head Moundet Displays (HMDs) zur Simulation in den Fokus. Dadurch lassen sich hochimmersive virtuelle Umgebungen simulieren, in denen sich je nach Technologie der Nutzer frei bewegen kann. Ates et. al [20] verwendeten das HMD dabei allerdings lediglich zur Einblendung der visuellen Erscheinungen in die reale Umgebung. Um dies zu erreichen, wurde eine Kamera an der Brille befestigt, die das reale Bild auf die Brille übertrug (See-Through-Ansatz). Dieser Ansatz ist insbesondere dann geeignet, wenn sich die Untersuchung auf realweltliche Umgebungen oder Objekte fokussiert. Väyrynen et al. [21] nutzten hingegen eine virtuelle Umgebung als Nutzungsszenario und visualisierten die Sehbeeinträchtigungen mittels HMD in einer simulierten Umgebung. Dies hat den Vorteil, dass Produkte im Entwurfsstadium oder schlecht zugängliche Umgebungen betrachtet werden können.

2.3 Anwendungsgebiete der Simulationen

Der überwiegende Teil der Simulatoren fokussierte medizinische Anwendungsbereiche. Hierzu zählten insbesondere die frühen Arbeiten von Ai et al. [20], Jin et al. [19] aber auch von Stock et al. [22]. So stand zum einen die Ausbildung des medizinischen Fachpersonals sowie die Stärkung der Compliance der Patienten im Vordergrund [18, 19]. Mediziner sollten für die Einflüsse und Einschränkungen, die durch Augenerkrankungen auftreten, sensibilisiert werden. Das Verständnis des Erlebens der Erkrankung sollte die Diagnostik und die Kommunikation zwischen Arzt und Patient verbessern. Auch die Nutzung zur Patientenaufklärung, indem diese den drohenden Verlauf der Erkrankung erleben und sich darauf einstellen können [22], wurden diskutiert. Väyrynen et al. [21] adressierten mit ihrem Simulator Aufgaben aus den Bereichen der Architektur und der Stadtplanung. Mit Hilfe der Simulation sollten Planer für die Bedürfnisse und Fähigkeiten älterer oder leistungseingeschränkter Menschen sensibilisiert werden. Ziel war es, Umgebungen aus Sicht eingeschränkter Personen zu betrachten und dadurch zu optimieren. In einem Test mit 14 Designstudenten konnte anhand der subjektiven Einschätzung der Teilnehmer gezeigt werden, dass die Simulation als ein Unterstützungswerkzeug im Planungsprozess sinnvoll eingesetzt werden kann [21]. Auch die Nutzung von Simulationen im Rahmen des Forschungsprozesses war Gegenstand von Studien. So nutzten Krösl et al. [23] eine eigens entwickelte Simulation zur Untersuchung der Gestaltung von Notausgangsbeschilderungen. Durch Unschärfe sollte das eingeschränkte Sichtverhalten älterer Menschen simuliert werden. Krösl et al. [23] konnten zeigen, dass die in Normungen festgelegten Gestaltungsvorgaben von entsprechenden Hinweisschildern unzureichend sind.

Das Potentialfeld der Simulatoren für die barrierefreie Produktgestaltung wurde bereits durch Ates et al. [20] und Szczurowski und Smith [24] diskutiert. Szczurowski und Smith [24] adressierten dabei vornehmlich Interface bzw.-Softwareoberflächen. Ates et al. [20] hingegen adressierten mit ihren Entwicklungen die Produktgestaltung allgemein, also auch von physischen Produkten. Mittels der eingesetzten See-Through-Technik bezog sich der Einsatz auf real vorliegende Produkte oder Produktentwürfe. Ates et al. [20] verglichen ihren Simulator mit einer Handy-App durch 12 Informatikstudenten und konnten zeigen, dass der entwickelte Simulator besser für das Erkennen von Problemen geeignet war.

3 Einsatzszenarien im User Centered Design

Die bisher in der Literatur zu findenden Ansätze können in die Aktivitäten Sensibilisierung und Bewertung eingeordnet werden, wobei sich die überwiegenden Arbeiten dem Ziel der Sensibilisierung widmen. Der Fokus liegt auf den Auswirkungen der Veränderungen auf das Seherlebnis der Betroffenen, die durch einen Nutzer ohne diese Einschränkungen erlebt werden können. Mittels eines Gamification-Ansatzes kann der Nutzer Erfahrungen und Wissen zu den definierten Augenveränderungen sammeln und wird somit maßgeblich für das Themengebiet und die Betroffenen sensibilisiert. Einige wenige Arbeiten beschreiben auch das Potential für den Bewertungsprozess, indem beispielsweise bei Gestaltungsaufgaben oder im Forschungsprozess Simulationen zur Überprüfung genutzt werden. Diese Aktivitäten können auch im UCD-Prozess zur Anwendung kommen. Einige wenige Möglichkeiten für den Einsatz von VR-basierten Simulationen von Seheinschränkungen im Gestaltungsprozess barrierefreier Produkte wurden unter anderem bereits durch Ates et al. [20] und Szczurowski und Smith [24] aufgezeigt. Im Folgenden sollen mögliche Einsatzszenarien für das UCD umfassend diskutiert werden. Hierzu wird als Grundlage der Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme anhand der DIN EN ISO 9241-210 [25] verwendet, dessen generische Aktivitäten als Standard für das UCD angesehen werden können.

3.1 Nutzungskontext und -anforderungen

Die Nutzerfreundlichkeit von Produkten wird neben der Produktgestaltung selbst maßgeblich vom Kontext der Produktnutzung beeinflusst. Die Produktgestaltung muss auf die Benutzermerkmale, Arbeitsaufgaben und die organisatorische, technische und physische Umgebung abgestimmt werden, um eine hohe Gebrauchstauglichkeit zu erreichen. Unter anderem müssen die wesentlichen Merkmale der Benutzer ermittelt werden. Neben Faktoren wie den Kenntnissen und der Ausbildung sind auch individuelle Fähigkeiten von Bedeutung. Die Norm schlägt in diesem Zusammenhang vor, dass Menschen mit einem möglichst großen Spektrum von Fähigkeiten erfasst werden, um eine bestmögliche Zugänglichkeit für das System zu erreichen. Dies entspricht dem Design-for-all-Ansatz, bei dem insbesondere die Fähigkeiten eingeschränkter Nutzer, sofern diese zum avisierten Nutzerkreis gehören, die Grundlage der nutzergerechten Entwicklung bilden. Wie oben beschrieben,

stellen hierbei visuelle Fähigkeiten sowohl hinsichtlich ihres Einflusses auf die Produktnutzung als auch hinsichtlich der weiten Verbreitung und Vielschichtigkeit von Fähigkeitseinschränkungen einen relevanten Faktor dar. Simulationen für altersbedingte und pathologische Seheinschränkungen können für diese UCD-Aktivität genutzt werden, um Fähigkeiten verschiedener Nutzergruppen zu analysieren und zu verstehen (I).

Aus den Erkenntnissen der Nutzungskontextanalyse werden zur Vorbereitung der Gestaltung und Evaluation Nutzungsanforderungen erhoben. Hier können konkrete Gestaltungsanforderungen, die beispielsweise auf die Bedürfnisse spezieller Nutzergruppen abzielen, oder generische Ziele, wie beispielsweise, dass ein gewisser Prozentsatz bestimmter Nutzergruppen erfolgreich mit dem System interagieren kann, abgeleitet werden. Simulationen für Seheinschränkungen können hier insoweit unterstützen, als das daraus Gestaltungsanforderungen und -ziele im Zusammenhang mit der visuellen Wahrnehmung abgeleitet werden können. Dazu ist es notwendig, dass Daten zur Verbreitung der Fähigkeitsveränderungen sowie deren Verläufe abgebildet werden. Damit kann die Simulation auch als Hilfestellung dienen, inwieweit eine Berücksichtigung bestimmter Einschränkungen aus Sicht der technischen Umsetzbarkeit möglich oder aus anderen Gestaltungsgründen gewollt und vertretbar ist (II). Zudem können am Entwicklungsprozess beteiligte Entscheider durch Nutzung der Simulation für die Bedürfnisse dieser Nutzergruppen sensibilisiert werden, was die Festlegung von Nutzungsanforderungen verändern kann und dadurch beispielsweise ein höherer Fokus auf die Zugänglichkeit und Barrierefreiheit der Produkte gelegt wird (III).

3.2 Gestaltung

Der Prozess der Entwicklung von Gestaltungskonzepten und -lösungen verläuft iterativ anhand von Konkretisierungsstufen. Dabei werden Gestaltungslösungen neben den Erkenntnissen des Nutzungskontexts sowie der Anforderungen insbesondere auch auf Grundlage der mit der Gestaltung befassten Personen entwickelt. Entsprechende Simulationen helfen hierbei, die am Prozess der Gestaltung beteiligten Personen für die Bedürfnisse der seheingeschränkten Nutzergruppen zu sensibilisieren und ermöglichen dadurch eine Berücksichtigung von entsprechendem Wissen, wie sich Seheinschränkungen auf die Nutzung von Produkten auswirken (IV).

Für die Realisierung von verschiedenen Konkretisierungsstufen entlang des Reifegradprozesses stehen verschiedene Prototyping-Methoden zur Verfügung. Besonders in frühen Gestaltungsphasen, wo Freiheitsgrade für Gestaltungs-alternativen am größten sind, sollten Visualisierungen der Produktentwürfe genutzt werden, um Entwürfe zu überdenken und zu diskutieren – beispielsweise auch mit Entscheidern oder Auftraggebern. In diesem Kontext könnten sich die vorgestellten Simulationen eignen, damit die an der Entwicklung beteiligten Personen ihre Gestaltungsentwürfe und -alternativen reflektieren (V).

3.3 Evaluation

Der Evaluation als zentrale Aufgabe im UCD-Prozess kommt eine wesentliche Bedeutung zu, die Nutzungsanforderungen zu erfüllen, indem Nutzungsschwachstellen aufgedeckt und Vorgaben an die Verbesserung der Gestaltungsentwürfe gestellt werden. Die DIN EN ISO 9241-210 [25] schlägt dazu auch den Einsatz von Simulationen vor, wie die Nutzer das System erfahren, selbst wenn diese nicht direkt an der Evaluation beteiligt sind. Die vorgestellten Simulationen können genutzt werden, um je nach verwendeter Technologie (geschlossenes System oder See-Through-System) virtuelle oder reale Prototypen unter Berücksichtigung der simulierten Seheinschränkungen zu testen. Dabei kann die Nutzung einer entsprechenden Simulation bei einer Vielzahl von Evaluationszielen unterstützen, wie die Analyse von Stärken und Schwächen aus Benutzerperspektive, die Bewertung der Erreichung von Nutzungsanforderungen oder der Vergleich von verschiedenen Gestaltungslösungen.

Dies bietet die Möglichkeit, bei expertengeleiteten Inspektionsmethoden mit Hilfe der Simulation von Seheinschränkungen einen Mehrwert zu erzielen. So kann eine Bewertung von Prototypen, unter Berücksichtigung der Auswirkung von Seheinschränkungen (z.B. Standard Review) oder indem sich der Experte selbst in die Rolle des Nutzers begibt (z.B. Cognitiv Walkthrough), erfolgen (VI). Der Einsatz bietet einen entscheidenden Vorteil, da die Effektivität der Methoden von den Kenntnissen der Experten und von den Gemeinsamkeiten mit den Erfahrungen und Kenntnissen der Nutzer abhängt [25].

Die Einbindung von Nutzern bei der Evaluation hat den Vorteil, dass vor allem tatsächliche Nutzungsprobleme, wie sie auch bei der späteren Produktnutzung auftreten würden, ermittelt werden können. Oftmals bestehen in der Praxis allerdings Hürden, bestimmte Nutzergruppen bei Evaluationen einzubeziehen, da der Zugang zu diesen eingeschränkt ist. Dies trifft im Falle von Nutzern mit Seheinschränkungen zu. So würde es die Planung von Nutzerstudien schwierig machen, gezielt nach Nutzern mit ganz bestimmten Einschränkungen zu suchen. Der Einsatz von Simulationswerkzeugen bietet nun den Vorteil, Nutzer ohne Seheinschränkungen einzubeziehen, diese aber mittels einer Simulation während des Nutzertests in die Lage Seheingeschränkter zu versetzen (VII).

4 Umsetzung einer VR-Simulation

Um Seheinschränkungen für uneingeschränkte Menschen erfahrbar zu machen, wurde eine VR-Applikation entwickelt, die altersbedingte sowie pathologische Seheinschränkungen simulieren kann. Die Applikation soll für den Einsatz im UCD innerhalb der oben definierten Szenarien genutzt werden. Ziel war es, eine möglichst einfache und kostengünstige Umsetzung zu realisieren und damit den Ansatz für eine breite Nutzung zu öffnen und eine Replikation zu ermöglichen. Aufgrund der Erlebbarkeit der Seheinschränkungen wird für die beschriebenen Einsatzszenarien das HMD-Konzept favorisiert. Damit können sich die Nutzer frei bewegen und es wird eine möglichst große

Bandbreite an darstellbaren Produktbereichen adressiert. Im Bereich der VR-HMDs gibt es zudem kostengünstige und leistungsfähige Endgeräte aus dem Spiele-Bereich.

Als HMD wurde die HTC-Vive Pro gewählt, da diese eine hochauflösende und immersive Darstellung virtueller Inhalte ermöglicht und aufgrund des vorhandenen Raumtrackings ein freies Bewegen in der virtuellen Umgebung ermöglicht. Für die Umsetzung wurde die Version 2017.1.0f von Unity3D verwendet, welche den Einsatz von HMDs unterstützt und eine stereoskopische Visualisierung, eine 1:1 Skalierung als auch ein Echtzeit-Rendering gewährleistet. Zur Berechnung der virtuellen Szene wurde ein Rendering-PC mit einer leistungsstarken Grafikkarte eingesetzt. Zudem beinhaltet das Unity3D-Projekt das sogenannte „SteamVR"-Plugin. Dieses kostenlose Plugin beinhaltet vorgefertigte Komponenten, wie etwa eine virtuelle Kamera, welche die reale Bewegung des HMDs trackt und auf die virtuelle Darstellung überträgt. Das beschriebene Plugin stellt darüber hinaus eine Navigationsfunktion, in Form einer Teleportation, zur Verfügung, sodass sich die Benutzer über den realen Interaktionsbereich hinweg durch die virtuelle Welt bewegen können. Die virtuelle Szene, in welcher sich der Benutzer befindet, wurde in Unity3D zusammengestellt und besteht aus 3D-Modellen, welche im Vorfeld in SketchUp, einer 3D-Modellierungssoftware, modelliert und mit entsprechenden Texturen versehen wurden, um eine möglichst gute Realitätsnähe bzw. Immersion zu gewährleisten (vgl. Abb. 1).

Abbildung 1: Wohnzimmer ohne Seheinschränkung

Für die Erzeugung, Visualisierung und Kombination der altersbedingten Seheinschränkungen wurde ein zusätzliches Plugin namens „Post Processing Stack" verwendet. Dieses Plugin stellt unterschiedliche Postprocessing-Prozesse zur Verfügung, welche die gesamte perspektivische Darstellung der virtuellen Szene in Form einer Nachbearbeitung mit unterschiedlichen visuellen Effekten überlagert und über das HMD visualisiert. Zu diesen visuellen Effekten zählen u.a. Unschärfe (Kurz- und Fernsichtig), Farbverzerrungen, Blendungen, Sichtfeld-begrenzungen oder Überlagerungen. Das Ausmaß dieser Effekte kann variabel über Parameter dynamisch eingestellt werden. Die Sicht des Benutzers kann zudem durch das Einblenden von weiteren visuellen Effekten beeinträchtigt werden, sodass verschiedene pathologische Sehbeeinträchtigungen und deren unterschiedlichen Stadien/Grade simuliert werden können. Für die Simulation wurden folgende im Bezug zum Alterungsprozess häufig auftretende Seheinschränkungen umgesetzt:

- **Altersweitsichtigkeit (Presbyopie):** Die Presbyopie bzw. Altersweitsichtigkeit macht sich insbesondere beim Fokussieren von nahen Objekten bemerkbar. Durch den Elastizitätsverlust der Linse ist eine Nahakkommodation nur noch bedingt möglich. Dementsprechend sehen Betroffene Objekte in naher Entfernung nur sehr unscharf. Erst bei einer Vergrößerung des Sehabstandes lässt sich ein scharfes Bild erzeugen. Im Alltag kann die Altersweitsichtigkeit ein großes Hindernis darstellen, da besonders Interaktionen im Greifraum (bspw. Radio bedienen, Fahrkartenautomat) eine Nahakkommodation verlangen. Umgesetzt wurde diese Einschränkung mittels des Tiefenschärfeeffektes als Bestandteil des Postprocessings, welcher die Fokuseigenschaften einer Kamera simuliert. Sehr nahe Objekte wirken aufgrund dessen unscharf bzw. verschwommen (vgl. Abb. 2).
- **Grauer Star (Katarakt):** Die Katarakt äußert sich vor allem durch einen reduzierten Visus, vermindertes Farbsehen und eine hohe Blendempfindlichkeit. Betroffene berichten, dass die Umwelt wie durch einen grauen Nebel wahrgenommen wird. Teilweise kann es auch zu verzerrten Bildern und auch zu Doppelbildern kommen. Der Graue Star wurde mit einer Reduzierung der Farbsättigung, einer erhöhten Blendung sowie einer leichten Weitsichtigkeit (siehe oben) simuliert (vgl. Abb. 3).
- **Altersbedingte Makuladegeneration (AMD):** Bei der AMD kommt es zu einem Funktionsverlust der Rezeptoren im gelben Fleck (Makula). In diesem Bereich der Netzhaut ist der Punkt des schärfsten Sehens (Fovea Centralis) enthalten. Rezeptorenausfälle führen dazu, dass im Endstadium in der Gesichtsfeldmitte nur noch ein schwarzer Fleck wahrgenommen werden kann. Das periphere Sehen bleibt bei der AMD in den meisten Fällen erhalten. Die Umsetzung der AMD basiert auf Einblendungen von grafischen Masken, welche das Sichtfeld überlagern (vgl. Abb. 4).
- **Reduziertes Gesichtsfeld**: Anatomische Veränderungen (Enophthalmus) sowie Abbauprozesse der peripheren lichtempfindlichen Zellen führen zu einem verkleinerten Gesichtsfeld. 60-jährige Menschen besitzen nur noch ca. die Hälfte des Gesichtsfeldes von 20-Jährigen. Die Probleme eines verringerten Gesichtsfeldes zeigen sich besonders bei Lokalisations- und Identifikationsaufgaben von Objekten im peripheren Sichtfeld. Dadurch ist die Orientierungsfähigkeit in Räumen und der Umwelt eingeschränkt und periphere Sehaufgaben bereiten zunehmend Schwierigkeiten. Das begrenzte Sichtfeld wurde in der VR realisiert, indem das Sichtfeld von einer dunklen Umrandung überlagert wurde, welche Teile des äußeren Sichtfeldes verdeckte (vgl. Abb. 5).

Abbildung 2: Altersbedingte Weitsichtigkeit

Abbildung 3: Katarakt (Grauer Star)

Abbildung 4: Altersbedingte Makuladegeneration (AMD)

Abbildung 5: Eingeengtes Sichtfeld

5 Evaluation

Es wurde eine Bewertung des entwickelten Simulationswerkzeugs mit dem Ziel durchgeführt, die Wirksamkeit zur Steigerung der Sensibilisierung von am Entwicklungsprozess beteiligten Personen im Kontext des UCD zu untersuchen. Zudem sollte überprüft werden, inwieweit die vorgeschlagenen Einsatzszenarien im UCD sinnvoll und praktisch nutzbar sind.

5.1 Methode

Zur Beantwortung der Fragen wurde eine explorative Studie mit Experten aus den Bereichen UCD, Ergonomie und Mensch-Technik-Interaktion durchgeführt. Experten sind als Verantwortliche für die Planung und Umsetzung von UCD-Aktivitäten in der Lage, den Nutzen entsprechender Maßnahmen zu bewerten. Zudem sind sie selbst als Bearbeiter von Aktivitäten im UCD zuständig und für die Umsetzung nutzerfreundlicher Produkte verantwortlich.

Für die Studie wurde das in der Applikation umgesetzte virtuelle Wohnzimmer genutzt, in denen sich die Experten frei bewegen konnten. Zur Unterstützung der virtuellen Exploration wurden drei Aufgaben, die im Zusammenhang mit verschiedenen Produktnutzungsszenarien standen, gestellt. Hierfür wurden in der Wohnung drei weitere virtuelle Objekte platziert, die aufgrund von Gestaltungsdefiziten in Verbindung mit den simulierten Seheinschränkungen Nutzungsprobleme provozieren sollten (vgl. Abb. 6). Zum einen wurde ein Radiowecker eingebunden, dessen Schaltflächen, einem modernen Design folgend, nur schwach farblich vom Untergrund abgehoben sind. Des Weiteren wurde eine analoge Wanduhr eingeblendet, deren Zeiger sehr dünn gestaltet sind. Als drittes Objekt wurde ein TV-Bildschirm genutzt, auf dem eine Senderliste mit geringem Kontrastverhältnis und transparentem Hintergrund angezeigt wurde. Als Aufgaben wurden das Einschalten des Radios sowie das Ablesen der Uhrzeit und des aktuellen TV-Senders vorgegeben. Der Versuchsleiter schaltete währenddessen jeweils die verschiedenen Seheinschränkungen zu.

Abbildung 6: Eingeengtes Sichtfeld

Für die Bewertung durch die Experten wurde ein eigener Fragebogen entwickelt. Vor der virtuellen Erkundung wurde

neben sozio-demografischen Aspekten, wie Erfahrung im Bereich UCD, auf einer 7-stufigen Skala abgefragt, inwieweit die Experten die Auswirkungen der vier ausgewählten Seheinschränkungen bereits kannten. Nach der Erkundung mussten die Experten ihre Einschätzung zu den Auswirkungen erneut abgeben. Zusätzlich wurde die Sensibilisierungssteigerung abgefragt. Zum Abschluss musste das Potential für den Einsatz im UCD bewertet werden. Hierfür wurde auf Grundlage des Abschnitts 3 das Potential des Werkzeugs für die sieben identifizierten Aktivitäten abgefragt.

5.3 Ergebnisse

An der Studie nahmen 10 Experten teil. Die Experten verfügten bereits mit 2 bis 20 Jahren Berufserfahrung über umfassende Kenntnisse in den Bereichen Usability, UCD, ergonomische Produkt- und Prozessgestaltung oder Mensch-Technik-Interaktion. Die Ergebnisse der standardisierten Befragung werden im Folgenden anhand von Mittelwerten vorgestellt.

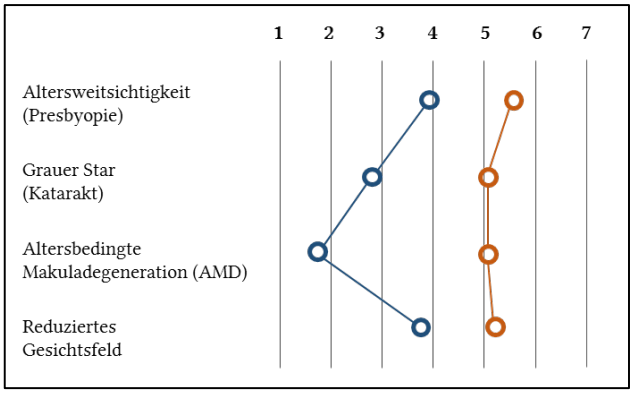

Abbildung 7: Vorher-Nachher-Vergleich der Kenntnisse über die Auswirkungen der Erkrankungen (1 – ich kann keine Einschätzung abgeben, 7 – ich weiß genau wie sich die Krankheit bei Betroffenen auswirkt)

Die Befragung der Experten vor der Nutzung der Simulation ergab, dass nur geringe Kenntnisse zu den vier simulierten Seheinschränkungen vorlagen (vgl. Abb. 7). Während für die Altersweitsichtigkeit und das reduzierte Sichtfeld zumindest von einigen Experten angegeben wurde, dass eigene Kenntnisse darüber vorliegen, wie sich die genannten Seheinschränkungen aus Sicht der Betroffenen auswirken, so waren beim Katarakt sowie bei der AMD kaum entsprechende Vorstellungen vorhanden. Generell zeigte sich aber, dass eine große Streuung bei den Experten vorhanden war. So sahen sich auch einige Experten in der Lage, die Erkrankungen richtig einzuschätzen. Nach dem Erleben der simulierten Einschränkungen, wurde für alle vier Seheinschränkungen ein hohes Bewusstsein für die Auswirkungen angegeben. Dabei war die Streuung eher gering und die Experten gaben überwiegend eine hohe Bewertung ab. Die Ergebnisse sind insofern nicht überraschend, als dass nach der Nutzung der Simulation zu erwarten gewesen ist, dass die Kenntnisse zu den Auswirkungen der Einschränkungen steigen. Die Erkenntnisse bekräftigen aber, dass vor der Nutzung kaum Kenntnisse vorlagen, inwieweit sich altersbedingte Seheinschränkungen auswirken. Damit ist auch anzunehmen, dass entsprechende Bedürfnisse nur unzureichend im UCD Berücksichtigung finden würden. Zudem sind die Ergebnisse auch dahingehend interessant, dass nach der Nutzung der Simulation überwiegend sehr hohe Bewertungen erfolgten. Das bedeutet, dass die Experten den simulierten Darstellungen vertrauten und die Effekte nicht hinterfragten. Dies macht es umso wichtiger, dass entsprechende Simulationswerkzeuge möglichst valide Veränderungen transportieren.

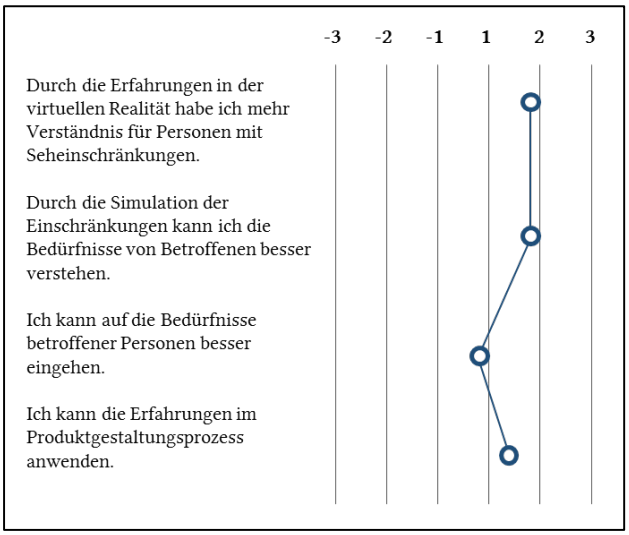

Abbildung 8: Sensibilisierung und Befähigung der Experten (1 – trifft überhaupt nicht zu, 6 – trifft voll und ganz zu)

Das gesteigerte Verständnis über die Auswirkungen der Seheinschränkungen resultierte auch in einer allgemeinen Steigerung der Sensibilisierung der Experten für die Bedürfnisse der betroffenen Personengruppen (vgl. Abb. 8). Es zeigte sich zudem, dass die Experten der Ansicht waren, dass aufgrund der Erkenntnisse aus der Nutzung der Simulation es besser möglich sei, auf die Bedürfnisse der betreffenden Nutzergruppen einzugehen und die Erfahrungen im Produktentwicklungsprozess zu nutzen. Dies zeigt, dass die Experten dem Werkzeug im Rahmen des UCD insgesamt eine positive Bedeutung beimessen.

Für den konkreten Einsatz in einzelnen Phasen des UCD bewerteten die Experten das Werkzeug als überwiegend sehr sinnvoll (vgl. Abb. 9). Die Experten sahen hingegen in Summe den Einsatz des Werkzeugs im Bereich der Evaluation als etwas kritischer an. Insbesondere für die nutzerbasierte Evaluation wurde eine mittlere Bewertung mit negativer Tendenz abgegeben. Während einige Experten den Einsatz als sinnvoll ansahen, sahen andere Experten hier den Einsatz als kritisch an. Die Streuung der Bewertungen war für die Evaluation insgesamt und insbesondere für die nutzerbasierte Evaluation sehr groß. Hingegen zeigten sich die Experten für den Einsatz des Werkzeugs in den Phasen Analyse, Anforderungen und Gestaltung offener. Mit geringer Streuung wurden hier überwiegend sehr positive Einschätzungen

abgegeben. Was zeigt, dass die Experten dies aus ihrer persönlichen Erfahrung heraus als nachweislich sehr sinnvoll ansahen. Aus Sicht der Experten erscheint damit die Sensibilisierungsfunktion für verschiedene am Entwicklungsprozess beteiligte Personen größer, als die Nutzung als Messinstrument im Rahmen der Evaluation.

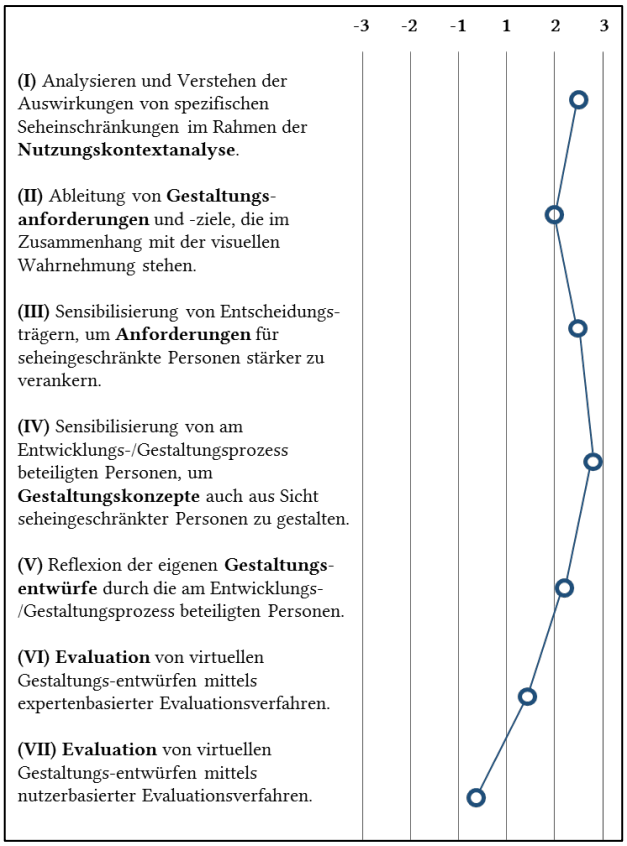

Abbildung 9: Einsatz im UCD aus Sicht der Experten (1 – Einsatz überhaupt nicht sinnvoll, 6 – Einsatz voll und ganz sinnvoll)

6 Zusammenfassung

Im Beitrag wurde eine mittels VR umgesetzte Simulation altersbedingter Seheinschränkungen vorgestellt, die es Nutzern ermöglicht, die Auswirkungen der Seheinschränkungen nachzuerleben. Für den Einsatz innerhalb des UCD ergeben sich insbesondere Möglichkeiten der Sensibilisierung und der Bewertung. Hierfür wurden sieben dem UCD-Prozess zuordenbare Aktivitäten für die Phasen Nutzungskontextanalyse, Anforderungsermittlung, Gestaltung und Evaluation identifiziert und beschrieben. Die Ergebnisse einer Expertenbefragung ergaben, dass der Einsatz insbesondere für die Phasen Nutzungskontextanalyse, Anforderungsermittlung und Gestaltung als sehr sinnvoll angesehen wird. Im Bereich der Evaluation wird die Nutzung des Werkzeugs bei Expertenevaluationen als sinnvoll angesehen, während bei nutzerbasierten Verfahren bei den befragten Experten Uneinigkeit herrschte. Die Nutzung der Simulation durch die teilnehmenden Experten zeigte, dass eine Wissensvermittlung und Sensibilisierungseffekte erreicht werden konnten. Die Experten waren nach der Nutzung der Simulation in der Lage, Seheinschränkungen und deren Auswirkungen besser zu beurteilen und gaben an, dass Bedürfnisse seheingeschränkter Personen besser berücksichtigt werden können.

REFERENCES

[1] A.B. Sekuler, P.J. Bennett & M. Marmelak (2000). Effects of aging on the useful field of view. In: Experimental Aging Research, 26(2), 103-120.
[2] Japanese Industrial Standard (JIS) (2003). JIS S 0032:2003 Guidelines for the elderly and people with disabilities - Visual signs and displays - Estimation of minimum legible size for a Japanese single character. Tokyo: Japanese Standard Association.
[3] C. McGrath & J.D. Morrison (1981). The effects of age on spatial frequency perception in human subjects. In: Quarterly Journal of Experimental Physiology, 66(3), 253-261.
[4] C. Schierz (2008). Licht für die ältere Bevölkerung – Physiologische Grundlagen und ihre Konsequenzen. In: Tagungsband der 18. Gemeinschaftstagung lichttechnischer Gesellschaften, September 10-13, 2008, 32-41.
[5] B.A. Cooper, M. Ward, C.A. Growland & J.M. McIntosh (1991). The use of the Landthony New Color Test in determining the effects of aging on color vision. In: Journals of Gerontology, 46(6), 320-324.
[6] IGSF. (n.d.). Prozentuale Zunahme Erkrankter (pro 100.000 Einwohner) in Deutschland nach Krankheiten von 2007 bis 2050. In Statista - Das Statistik-Portal. Zugriff am 29. Mai 2019, von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/30825/umfrage/prozentuale-zunahme-erkrankter-in-deutschland-nach-krankheiten/.
[7] Aerzteblatt.de (2018). Zugriff am 29. April 2019: https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/77234/Augenaerzte-weisen-auf-steigende-Patientenzahlen-hin
[8] C. Voelcker-Rehage (2005). Körper und Geist – Physiologie und Psychologie des Alterns. In: C. Schwender (Hrsg.): Technische Dokumentationen für Senioren, Schmidt-Römhild, tekom Hochschulschriften, Lübeck, Deutschland, 13-35.
[9] W. Preiser (2008). Von der Richtlinie des Universal Designs zur Praxis- und Bewertungsforschung. In: IDZ (Hrsg.): Universial Design: Unsere Zukunft gestalten.
[10] H. Pichert (1999). Neue Person-Umwelt-Gestaltung für alte (alle) Menschen – Herausforderung für Industrie und (öko-)gerontologische Forschung. In: H.-W. Wahl, H. Mollenkopf und F. Oswald (Hrsg.): Alte Menschen in ihrer Umwelt; Westdeutscher Verlag, Opladen, Wiesbaden.
[11] L.A. Pastalan, R.K. Mautz II & J. Merrill (1973). The Simulation of Age Related Sensory Losses: A New Approach to the Study of Environmental Barriers. Environmental Design Research, 1, 383-391.
[12] E.S., Tullo, J. Spencer & L. Allan (2010). Systematic review: helping the young to understand the old. Teaching interventions in geriatrics to improve the knowledge, skills, and attitudes of undergraduate medical students. Journal of the American Geriatrics Society 58(10), 1987-1993.
[13] J.T. Pacala, C. Boult, C. Bland & J. O'Brien (1995). Aging Game Improves Medical Students' Attitudes Toward Caring for Elders. Gerontology & Geriatrics Education.
[14] I.D. Turpie, R. Bloch, M. Edwards, P. Rangachari, C.J. Patterson & S.M. Tainsh (1992). A program to sensitize students to issues of geriatric care. Academic Medicine.
[15] D. Rüffert & K. Börner, K. (2017). Mit Simulation Alter erleben. CAREkonkret, 7, 16-16.
[16] C. Scherf (2014). Entwicklung, Herstellung und Evaluation des Modularen AlterssimulationsanzugseXtra (MAX). Universitätsverlag der TU Chemnitz, Chemnitz, Sachs, Deutschland.
[17] J. Weineck (2004). Sportbiologie (9. Aufl.). Balingen: Spitta-Verl..
[18] Z. Ai, B.K. Gupta, M. Rasmussen, Ya Ju Lin, F. Dech, W. Panko, und J.C. Silverstein (2000). Simulation of eye diseases in a virtual environment. In: Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences.
[19] B. Jin, Z. Ai & M. Rasmussen (2005). Simulation of Eye Disease in Virtual Reality. In: Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, September 1-4, 2005, Shanghai, China.
[20] H.C. Ates, A. Fiannaca & E. Folmer (2012). Immersive simulation of visual impairments using a wearable see-through display. In: Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility, October 20 - 22, 2014, Rochester, New York, USA, 301-302.
[21] J. Väyrynen, A. Colley & J. Häkkilä (2016). Head mounted display design tool for simulating visual disabilities. In: Proceedings of the 15th International

Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, December 12 - 15, 2016, Rovaniemi, Finland, 69-73.

[22] S. Stock, C. Erler & W. Stork (2018). Realistic Simulation of Progressive Vision Diseases in Virtual Reality. In: Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, November 28 - December 01, 2018, Tokyo, Japan.

[23] K. Krösl, D. Bauer, M. Schwärzler, H. Fuchs, G. Suter & M. Wimmer (2018). A VR-based user study on the effects of vision impairments on recognition distances of escape-route signs in buildings. In: The Visual Computer, 34, 911-923.

[24] K. Szczurowski & M. Smith (2018). Emulating perceptual experience of Color Vision Deficiency with Virtual Reality. In: Studies in health technology and informatics, 256, 378-389.

[25] DIN EN ISO 9241-210 (2010). Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme.