

Immersive medium for early clinical exposure – knowledge acquisition, spatial orientation and the unexpected role of annotation in 360° VR photos

Abstract

Aim: 360° VR photos could be a low-threshold possibility to increase early clinical exposure. Apart from granting insights into local routines and premises, the medium should facilitate knowledge acquisition and spatial orientation depending on its design. This assumption, however, is not yet substantiated empirically. Thus, three hypotheses were tested in consideration of Mayer's modality principle: 1) Providing 360° VR photos as visual reference improves retention and comprehension of information. 2) The annotation of text boxes in 360° VR photos compromises spatial orientation and presence. 3) Annotated audio commentary is superior to annotated text boxes in terms of cognitive load and knowledge acquisition.

Methods: Using head-mounted displays, students of human ($N=53$) and dental medicine ($N=8$) completed one of three virtual tours through a surgical unit, which were created with 360° VR photos. In the first two variants, information about the facilities, medical devices and clinical procedures was annotated either as text boxes or audio commentary comprising 67 words on average ($SD=6.67$). In the third variant, the same information was given separately on a printed handout before the virtual tour. Taking user experience and individual learner characteristics into account, differences between conditions were measured regarding retention, comprehension, spatial orientation, cognitive load, and presence.

Results: Concerning retention and comprehension of information, annotated text boxes outperformed annotated audio commentary and the handout condition. Although annotated audio commentary exhibited the lowest knowledge test scores, students preferred listening over reading. Students with an interest in VR and 360° media reported higher levels of enjoyment and presence. Regarding spatial orientation and presence, no significant group differences were found.

Conclusions: 360° VR photos can convey information and a sense of spatial orientation effectively in the same learning scenario. For students, their use is both enjoyable and instructive. Unexpectedly, the ideal mode of annotation is not dictated by Mayer's modality principle. For information like in this study, annotated text boxes are better for knowledge acquisition than the subjectively preferred audio commentary. This finding is probably contingent on the length and the quality of the annotated text. To identify boundary conditions and to validate the findings, more research is required on the design and educational use of 360° VR photos.

Keywords: 360° photos, 360° VR photos, virtual reality, learning, orientation, annotation

Robert Speidel¹

Achim Schneider²

Steffen Walter³

Claudia Grab-Kroll²

Wolfgang Oechsner⁴

1 Ulm University, Medical Faculty, Division of Learning and Teaching, Competence Center eEducation in Medicine, Ulm, Germany

2 Ulm University, Medical Faculty, Division of Learning and Teaching, Ulm, Germany

3 University Hospital Ulm, Department of Medical Psychology, Ulm, Germany

4 University Hospital Ulm, Clinic for Anesthesiology and Intensive-Care Medicine, Ulm, Germany

1. Introduction

1.1. Clinical exposure through 360° VR photos

The call for early clinical exposure slowly disbands the rigid sequence from preclinical to clinical education [1]. Yet, providing clinical exposure throughout the curriculum is a challenge for medical faculties, especially in regard of the rising number of medical students [2], [3]. Virtual reality (VR) could be a remedy even if its didactic potential is not yet fully acknowledged among lecturers and students alike [4]. Steve Bryson defines the technology as “the use of three-dimensional displays and interaction devices to explore real-time computer-generated environments” [5]. His definition applies to a range of different hardware but nowadays head-mounted displays (HMDs) are the most common association. When running VR software, HMDs isolate the user from reality and simultaneously render an environment depending on the user’s movements and actions, thereby creating an immersive illusion of an alternate, virtual reality. If the illusion succeeds, the user experiences a feeling of “presence”, i.e. the impression of actually being in the displayed environment [6]. In this mental state, the individual experience and behavior in VR resembles that in a real situation [7]. In medical education, VR could allow students to assume the role of a physician and treat virtual patients from their first semester onwards. However, the generic clinical wards and treatments of freely available VR software do not depict local hospitals with their unique premises, clinical routines, and medical specializations. If medical educators want to grant an immersive, early glimpse into regional practices, they require their own custom VR environments. At present, the development of VR software requires extensive financial and human resources in form of programmers, 3D-artists, and subject-matter experts. A budget alternative to creating custom, computer-generated VR environments are 360° media, which can be produced by medical educators themselves with little technical knowledge required.

The term “360° media” refers to both 360° videos and 360° photos which provide an omnidirectional view of a recorded environment. While 360° videos may depict action, 360° photos are static (see figure 1). Both types of 360° media are produced with 360° cameras, which currently range between a hundred to a few thousand euros depending on the desired visual quality. In contrast to real-time computer-generated VR, 360° media restrict spatial movement to the position of the 360° camera and reduce interaction to so-called “hotspots”. Hotspots are visual control elements added in post-production which allow users to teleport between viewpoints and to display additional information in form of textual (text boxes or audio commentary) or graphical (e.g. close-ups or 3D models) annotations. 360° media which are linked and annotated through hotspots are referred to as “virtual tours” and can be viewed on all common display types (desktop, laptop, tablet, smartphone, or HMD). If viewed on an HMD (see figure 2), virtual tours induce the VR

characteristic feeling of presence [8], even though they do not fully comply with Bryson’s VR definition. The combination of 360° media and HMDs is therefore considered a variation of VR [9] and referred to as “360° VR media”. 360° videos and 360° photos which are displayed on HMDs are called “360° VR videos” and “360° VR photos”, accordingly. This terminology corresponds with previous research in the field [10], [11].

360° VR media allow medical students to virtually attend surgeries and explore locations with restricted access such as surgical and intensive care units in an immersive manner and independent of timetables and teaching personnel. While both 360° VR videos and 360° VR photos could potentially facilitate early clinical exposure, this study focuses specifically on 360° VR photos. However, the following chapter references findings on 360° VR videos too, because educational research on 360° VR photos in particular is scarce.

1.2. Learning objectives in 360° VR media

Previous research ascribes a high didactic value to real-time computer-generated VR [12], [13], [14]. However, the referenced meta-analyses do not apply to 360° VR media automatically because camera recordings prohibit free spatial movement and direct object interaction. While these constraints do not reduce learning effectiveness necessarily [15], they prevent users to perform manual tasks in the virtual environment, limiting the application of 360° VR media for educational purposes. In fact, it is still unclear which learning objectives may be facilitated by 360° VR media as relevant research is still rare. In this study, we consider the general learning objectives of knowledge acquisition and spatial orientation.

According to Anderson and Krathwohl’s revision of Bloom et al.’s taxonomy [16], [17], knowledge acquisition can be differentiated along two dimensions. The first dimension refers to four categories of attainable knowledge: Factual, conceptual, procedural, and metacognitive (examples in chapter 2.2). The second dimension refers to six levels of cognitive processing: Remember, understand, apply, analyze, evaluate, and create. Together, the two dimensions describe specific goals in knowledge acquisition (e.g. *remembering* the *factual* ratio of a child’s bodyweight to the amount of energy required in defibrillation). So far, educational research on 360° VR media mostly lacks this differentiation. Concerning 360° VR videos, studies have shown that the medium is only similarly effective as conventional videos and traditional lessons for acquiring knowledge of uncategorized nature [18], [19], [20], albeit being associated with increased levels of interest, engagement and enjoyment among students [11], [18], [19]. For 360° VR photos, educational studies are even rarer and currently limited to the field of construction management and safety education. In a study by Kim et al. [21], participants learned procedural information about construction activities with 360° VR photos. Compared to learning with 360° photos on smartphones, the 360° VR photos subjectively improved



Figure 1: 360° photo of an operating room. The 360° photo provides an omnidirectional view on an operating room of the University Clinic in Ulm. If displayed spherically on an HMD, users can explore the then called 360° VR photo without distortion through movements of the head (see figure 2).

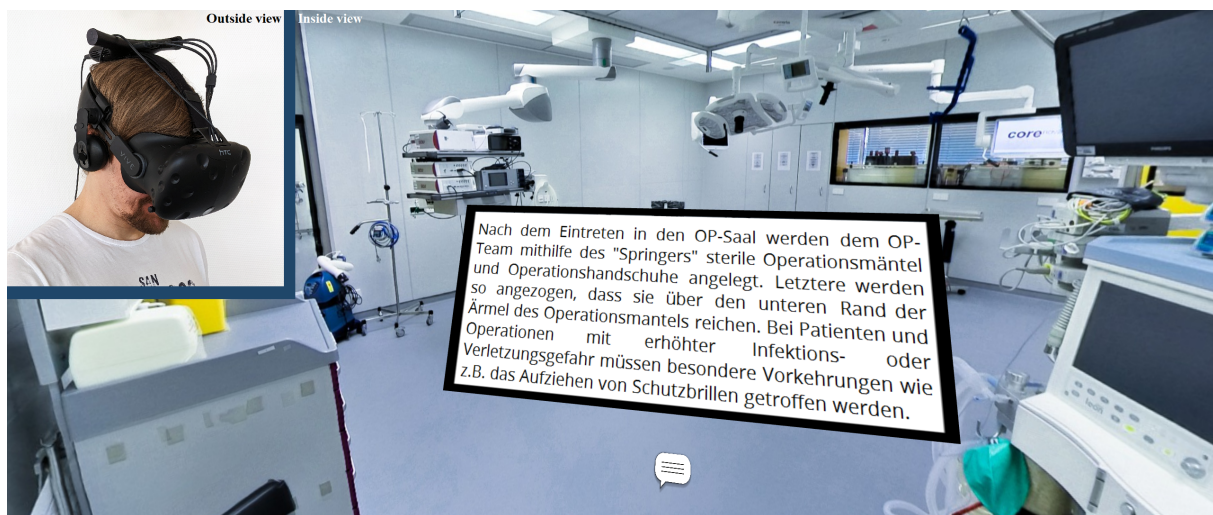


Figure 2: Study participant reading text (in German) in the virtual tour. The photo in the top left corner shows a study participant wearing a HTC Vive HMD. The adjacent image is a cropped screenshot of the virtual tour with an annotated text box above the corresponding hotspot.

knowledge acquisition and were recommended to supplement or even replace actual field trips by most in the sample. Another argument for the didactic application of 360° VR photos is their immersive quality. According to a study by Krokos et al. spatially represented information is recalled more readily if it is acquired while wearing an HMD instead of sitting in front of a conventional display [22].

The second learning objective investigated in this study is spatial orientation, which refers to the ability to identify the relative location and direction of oneself and objects in an environment. Spatial orientation is required to contemplate action and to navigate to a desired destination [23]. Google Street View, which is available on conventional devices such as tablets and smartphones, is a prominent example for regular 360° photos being used in everyday life for spatial orientation. The use of HMDs

has not been found to improve spatial orientation performance [24], [25], but it allows to explore distant or inaccessible locations in an immersive and natural manner through movements of the head. Moreover, research with rodents showed that the cognitive processing associated with spatial orientation is similar between real-time computer-generated VR and real environments [26]. Again, these findings do not apply to 360° VR photos automatically because they restrict locomotion to teleporting between viewpoints. Compared to actual walking, teleportation might compromise spatial orientation [25], [27], [28], [29]. This concern, however, does not discount the potential of 360° VR photos for exploring clinical environments when real site visits are not an option. In short, theory and preceding research suggest that 360° VR photos should be beneficial for both spatial orientation and knowledge acquisition. This assumption, however,

is not yet substantiated empirically. The present study therefore investigates whether information can be learned effectively in annotated 360° VR photos, without compromising the learner's spatial orientation and presence. To check for boundary conditions, the findings are analyzed and interpreted in consideration of individual learner characteristics (spatial orientation ability, affinity for information technology, prior experience with VR, interest in VR and 360° media) and the user experience (cognitive load, presence, simulation sickness, enjoyment, preferred mode of annotation, subjective didactic value of 360° VR photos). These factors provide additional information about the educational application of 360° VR photos. For example, interest and prior experience in VR are associated with a more favourable appraisal of the technology and reduced simulation sickness [30], [31], [32], [33]. Simulation sickness can compromise the learning experience through symptoms of fatigue, disorientation and nausea [34].

1.3. Modality principle

To determine the most efficient and least disruptive mode of annotation, the validity of the modality principle was tested in the context of 360° VR photos [35], additionally. The modality principle derives from Mayer's cognitive theory of multimedia learning and states that learning with graphics such as videos and photos is more prolific if the graphics are accompanied with audio commentary instead of written text. In theory, processing graphics and text simultaneously may overload the visual channel, whereas listening to spoken commentary utilizes the auditory channel too, thereby reducing the overall cognitive load [36]. This principle has been verified for computer-based learning [37], but previous research only considered graphics in a rectangular format on non-immersive displays (e.g. physiological functioning of the kidney illustrated on a desktop screen [38]). The principle is expected to apply to 360° VR photos too, because the omnidirectional view through an HMD should constitute a high strain for the visual channel, resulting in compromised reading comprehension and retention. As text boxes partially block the field of view, audio commentary is also expected to be preferable for spatial orientation and the feeling of presence.

1.4. Hypotheses

Bearing these considerations in mind, three hypotheses were tested.

1. Providing 360° VR photos as visual reference improves retention and comprehension of information.
2. The annotation of text boxes in 360° VR photos compromises spatial orientation and presence.
3. Annotated audio commentary is superior to annotated text boxes in terms of cognitive load and knowledge acquisition.

2. Methods

2.1. Sample

To test the hypotheses, medical students were asked via e-mail and blog posts to voluntarily partake in a virtual tour through the surgical unit of the University Clinic in Ulm. After giving informed consent in writing, 61 students, who were enrolled in either human ($N=53$) or dental medicine ($N=8$), eventually participated in the study. As an incentive, each student received a 30€ voucher for their participation. None of the students had received medical education outside of their studies and had visited an operating theatre before. The participants were predominantly female (71%), mostly in their early twenties ($M=21.79$, $SD=2.49$) and on average in their fifth semester ($M=4.54$, $SD=2.02$). The latter statistic and prior completion of a clinical traineeship were unevenly distributed between conditions. Moreover, the Lang-Stereotest revealed that all but two participants perceived depth stereoscopically [39], meaning most were able to derive depth information by merging the two perspectives of their eyes. A detailed overview of the sample is provided in table 1 and table 2.

2.2. Experimental design

The virtual tour was created with 360° VR photos (3840x3840 pixels per photo, captured with the 360° camera model Insta360 Pro 2) and designed in three different variations. In a manner of quasi-randomization, study participants were allocated to these variations depending on their date of registration in a predefined sequence. In the first two variants, hotspots were used to link the 360° VR photos and to present information about the facilities, medical devices and clinical procedures either as text boxes (see figure 2) or as audio commentary. In terms of Anderson and Krathwohl's revision of Bloom's taxonomy [16], [17], the given information was factual (discrete elements of information, e.g. a definition of "nosocomial"), conceptual (interrelationship between elements of information, e.g. functional organization of a surgical unit), and procedural (series of steps, e.g. sequence of a surgical hand disinfection) in nature. The hotspots, which were realised as icons of speech bubbles and megaphones (see figure 3), could only be activated once. The length of the individual annotations was 67.36 words on average ($SD=6.67$), which were recorded intelligibly with a moderate average speed of 2.46 words per seconds ($SD=.21$). The speed and volume of the audio commentary as well as the size of the text, which was deemed clearly legible by the authors, could not be modified by the participants. In the third control variant, the same information was not annotated but given separately on a printed handout (H) (see attachment 1), which was to be read once before the virtual tour within a time limit of 10 minutes. The participants were instructed to refrain from rereading if they finished early.

Table 1: Nominal sample description

Group	N	Field of study ^a		Sex		Nursing internship		Clinical traineeship		Prior VR experience	
		HM N (%)	DM N (%)	♀ N (%)	♂ N (%)	Yes N (%)	No N (%)	Yes N (%)	No N (%)	Yes N (%)	No N (%)
Text boxes	20	16 (80%)	4 (20%)	14 (70%)	6 (30%)	17 (85%)	3 (15%)	0 (0%)	20 (100%)	6 (30%)	14 (70%)
Audio commentary	21	19 (91%)	1 (10%)	16 (76%)	5 (24%)	18 (86%)	3 (14%)	10 (48%)	11 (52%)	4 (19%)	17 (81%)
Handout (Control Group)	20	18 (90%)	2 (10%)	13 (65%)	7 (35%)	17 (85%)	3 (15%)	11 (55%)	9 (45%)	7 (35%)	13 (65%)
Total	61	53 (87%)	8 (13%)	43 (71%)	18 (30%)	52 (85%)	9 (15%)	21 (24%)	40 (66%)	17 (28%)	44 (72%)

Note: In a visual analysis of the major variables (knowledge acquisition, self- and object-location, cognitive load, presence, and simulation sickness), no systematic differences were found between the tabulated, binominal categories.

^a Human (HM) and dental medicine (DM).

Table 2: Metric sample description

Group	N	Age in years		Semester		Affinity for IT ^a		Interest in VR and 360° media ^b		Instances of VR usage in previous year	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Text boxes	20	20.70	1.81	3.40	1.73	3.10	1.12	4.55	.69	.83	.75
Audio commentary	21	22.48	3.08	4.76	2.14	3.10	1.18	4.48	.81	1.00	.82
Handout (Control Group)	20	22.15	2.11	5.45	1.67	3.25	1.12	4.10	1.25	1.86	1.68
Total	61	21.79	2.49	4.54	2.02	3.15	1.12	4.38	.95	1.29	1.26

^a IT = Information technology.

^b The items were rated on a Likert-type scale ranging from 1 ("I totally disagree") to 5 ("I totally agree").



Figure 3: Cropped screenshots of the three virtual tours and their difference in annotation. The cropped screenshots depict the same scene but differ in annotation. From left to right: Hotspots for text boxes, hotspots for audio commentary and no hotspots (handout condition). Hotspots were activated and deactivated with gaze control, i.e. by looking at them for 1.5 seconds.

The students experienced the tour with an HTC Vive HMD (1080x1200 pixels per eye, 90 frames per second, 110° field of view) (see figure 2), which comprises two distinct displays, i.e. one per eye. Stereoscopic vision was achieved by displaying each scene with a slight offset between the two displays. Using gaze control, students activated hotspots and name tags by looking at them for 1.5 seconds. Controller input was therefore absent. To familiarize the participants with the technology, they completed a short tutorial before starting the virtual tour through the surgical unit with a time limit of 10 (handout) or 20 minutes (annotated), respectively. Time limits differed between conditions because annotation pro-

longed the virtual tour compared to the control group. If a student passed the time limit, she or he was urged to finish rapidly once. Before and after the virtual tour, data was gathered with tests and questionnaires (see figure 4).

2.3. Instruments

2.3.1. Knowledge acquisition

To evaluate knowledge acquisition, a knowledge test was conducted at the end of the study (see attachment 2). To avoid recognition instead of recollection, the test

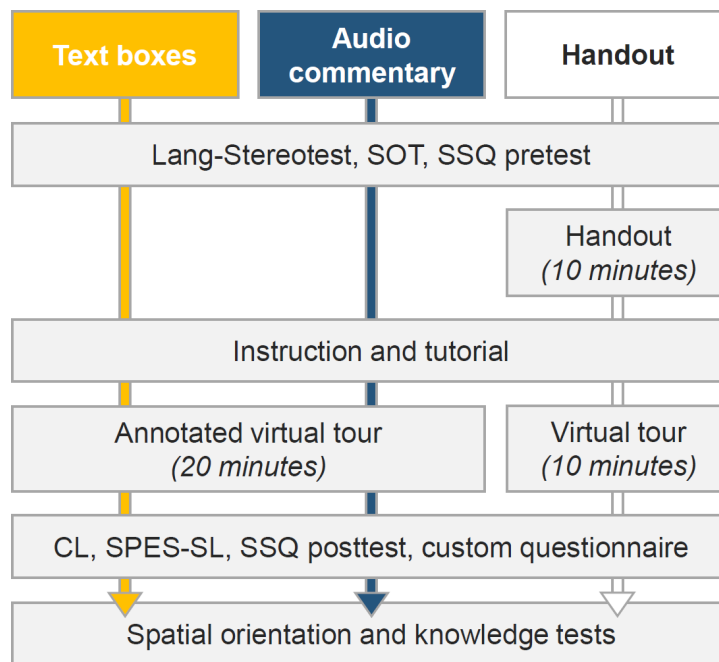


Figure 4: Study design and applied instruments. SOT=Spatial Orientation Test [40], SPES-SL=Spatial Presence Experience Scale – self location [41], SSQ=Simulation Sickness Questionnaire [42], CL=Cognitive load instrument by Klepsch et al. [43].

consisted of 23 open questions without options to choose. According to Anderson and Krathwohl's levels of cognitive processing [16], [17] the questions required the participants to remember the presented information (retention; 15 questions) or to demonstrate their understanding of it (comprehension; 8 questions) within a time limit of 15 minutes. The knowledge test did not differentiate between factual, conceptual and procedural information, because the categories could not be distinguished accurately enough. With group affiliation masked, the participants' answers were assessed by two medical experts, who were guided by a standardized scoring scheme (see attachment 2). One of the experts co-authored this article. After scoring the answers independently, the experts discussed discrepancies and reached consensus based on the scoring scheme. The scores were eventually aggregated to a total value, which could be distinguished between retention and comprehension with maximum scores of 41.5 and 23 points, respectively.

2.3.2. Spatial orientation

With regard to spatial orientation, two factors were measured. Performance in self-location was measured with a custom adaption of the Spatial Orientation Test (SOT) by Hegarty et al. [40]. After the intervention, students were given eight rectangular screenshots from the virtual tour which were annotated with red crosshairs marking their line of sight. With this reference point being depicted as a line on a piece of paper, the participants were asked to draw another line in the assumed direction of the recently seen operating table (see figure 5). The angular differences between the answers and the correct directions were aggregated and averaged to a self-loca-

tion performance score ranging from 0 to 180, with a lower score being more favorable.

The second aspect of spatial orientation measured was object-location. Students were given ten extracts of the building plan, depicting different parts of the surgical unit. The students were tasked with locating one object per map among seven positional options each. Correct answers were aggregated to an object-location rating with a maximum score of 10.

2.3.3. User experience

For measuring presence, an authorized German translation of the Spatial Presence Experience Scale (SPES) was administered [41]. The students rated three items concerning their feeling of physical presence on a Likert-type scale ranging from 1 ("I totally disagree") to 5 ("I totally agree"). One SPES item referring to observable action was omitted because 360° VR photos are static.

Simulation sickness was measured with the SSQ (Simulation Sickness Questionnaire) before and after the virtual tour [42]. The total SSQ score, which was defined as the increment between the two measurements, expresses the severity of the simulation sickness caused by the virtual tour. According to the authors, a total score of 10 or higher relates to a significant level of discomfort.

The individual cognitive load was measured directly after the virtual tour. According to the cognitive load theory [36], the effort of keeping information in the working memory can be categorized in three different loads. While "intrinsic load" is determined by the complexity and novelty of the input, "extraneous load" is imposed by an adverse mode of presentation. Ideally, extraneous load is minimized to facilitate the cognitive learning process, which in turn constitutes "germane load". All three types

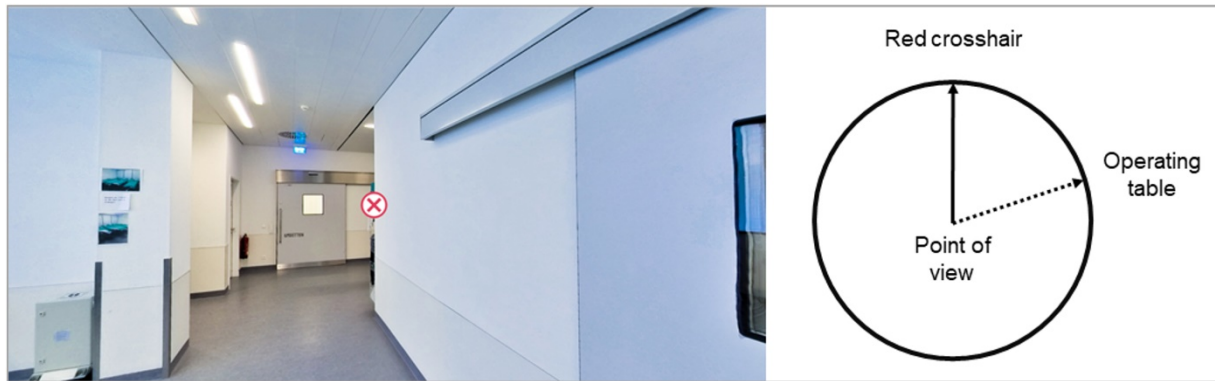


Figure 5: Test for self-location performance as an aspect of spatial orientation. The test was modelled after the Spatial Orientation Test (SOT) by Hegarty et al. [40].

of cognitive loads were measured with the German version of Klepsch et al.'s cognitive load instrument, comprising seven items in total. Participants rated the items on a Likert-type scale ranging from 1 ("I totally disagree") to 7 ("I totally agree") [43].

Moreover, participants were asked to appraise the didactic value of 360° VR photos and give feedback on their virtual tour (enjoyment and preferred mode of annotation). These items were rated either binary ("yes" or "no") or on a Likert-type scale ranging from 1 ("I totally disagree") to 5 ("I totally agree").

2.3.4. Learner characteristics

The participants' spatial orientation ability was assessed with the unmodified SOT [40], which quantifies the self-location aspect of spatial orientation only. Analogous to its modified version (see chapter 2.3.2), the unmodified SOT yields an average deviation in degrees between 0 and 180. A lower score indicates to a higher spatial orientation ability. In addition, custom items were included to survey sociodemographic and personality variables such as affinity for information technology (IT) and interest in VR and 360° media with a Likert-type scale ranging from 1 ("I totally disagree") to 5 ("I totally agree").

2.4. Statistical analysis

Based on a visual analysis of QQ-plots, normal distribution and homogeneity of variances was assumed for the collected data. Differences in mean values were therefore investigated with *t*-tests for independent samples and one-way ANOVAs. The latter were differentiated with subsequent Fisher's LSD post-hoc tests. Analyses were two-tailed and *p*-values below 0.05 were considered to be significant. For effect sizes, partial eta squared (η^2) for ANOVAs and Cohen's *d* for *t*-tests were calculated. Moreover, binominal tests were used to examine relations between categorical variables, whereas reciprocal contingencies between metric variables were tested with Pearson correlations.

3. Results

3.1. Time

For all participants in the control group, 10 minutes was sufficient for reading the entire handout. Regarding the virtual tour, the majority in the handout ($M=8.32$, $SD=2.09$) and the annotated text box condition ($M=18.90$, $SD=4.26$) reached the end before their respective time limit of 10 and 20 minutes. With annotated audio commentary, however, most participants exceeded their time limit of 20 minutes ($M=20.76$, $SD=2.50$) by 2.20 minutes ($SD=1.80$) on average.

3.2. Knowledge acquisition

The mean overall test score was significantly higher in the annotated text box condition ($F(2,57)=5.13$, $p=.009$, $\eta^2=.15$) than in the annotated audio commentary ($p_{LSD}=.003$) and the handout condition ($p_{LSD}=.042$) (see figure 6). The group who read text in the virtual tour performed best on both levels of cognitive processing even though the margin between annotated and printed text was insignificant for questions requiring understanding ($p_{LSD}=.195$). Despite performing worse than the annotated text box condition, the group who listened to the annotated audio commentary deemed 360° VR photos more suitable for knowledge acquisition ($t(39)=2.48$, $p=.017$, $d=.79$). Moreover, 83% of the participants who learned with some form of annotation believed or rather believed that recall in the real surgical unit is improved if information is integrated in the virtual tour.

3.3. Spatial orientation

Concerning performance in object-location ($F(2,58)=.00$, $p=.996$, $\eta^2=.00$) (see figure 7) and performance in self-location ($F(2,58)=.37$, $p=.693$, $\eta^2=.01$) (see figure 8) no significant group differences were found.

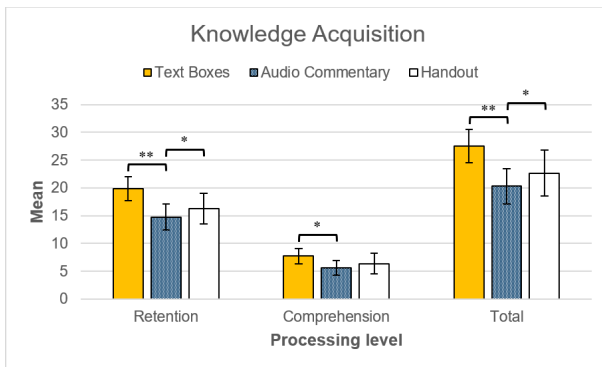


Figure 6: Group comparison of mean values in knowledge acquisition. 95%-CI error bars. Asterisks denote p -values of LSD post-hoc tests. The maximum scores for retention (41.5) and comprehension of knowledge (23) amount to a total maximum score of 64.5 points. * $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$

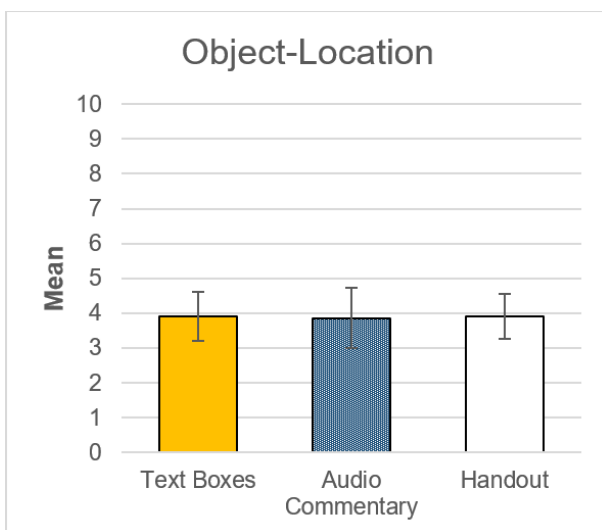


Figure 7: Group comparison of mean values in object-location. Object location ranges between 0 and 10, with the latter representing a perfect score. 95%-CI error bars.



Figure 8: Group comparison of mean values in self-location. Self-location ranges between 0 and 180 degrees of average deviation, with a lower degree being more favorable. Significant differences between groups were absent. 95%-CI error bars.

3.4. User experience

For simulation sickness ($F(2,58)=.38$, $p=.69$, $\eta^2=.01$) and presence ($F(2,58)=1.66$, $p=.199$, $\eta^2=.05$), no significant group differences were found either. Both factors also did not correlate significantly with the knowledge and spatial orientation test scores, even though 28% of the participants across conditions experienced significant levels of discomfort. On a descriptive level, however, annotated audio commentary ($M=4.32$, $SD=.70$) allowed for a higher presence score than the annotated ($M=3.85$, $SD=.83$) and printed text conditions ($M=4.1$, $SD=.92$), and was deemed less disruptive than text boxes ($t(39)=1.80$, $p=.080$, $d=.56$).

While no significant differences in cognitive load were found between the two modes of annotation, annotated audio commentary was evaluated more favorably in general (see table 3). Audio commentary scored descriptively higher on enjoyment and presumed didactic value across conditions. Moreover, reading text in the virtual tour proved to be more difficult than understanding the annotated audio commentary acoustically ($t(39)=5.56$, $p<.001$, $d=1.74$). The control group, which read the information before the virtual tour on a printed handout (H), reported a descriptively higher extraneous load and a significantly lower germane load ($F(2,58)=4.16$, $p=.02$, $\eta^2=.13$) than the annotated audio commentary (AC) ($p_{LSD}=.014$) and annotated text box condition (TB) ($p_{LSD}=.017$). In line with these results, binominal tests showed that most participants preferred to acquire knowledge within the virtual tour ($p_{TB}<.001$; $p_{AC}<.001$; $p_H=.003$), with annotated audio commentary being their favoured mode of annotation (see figure 9).

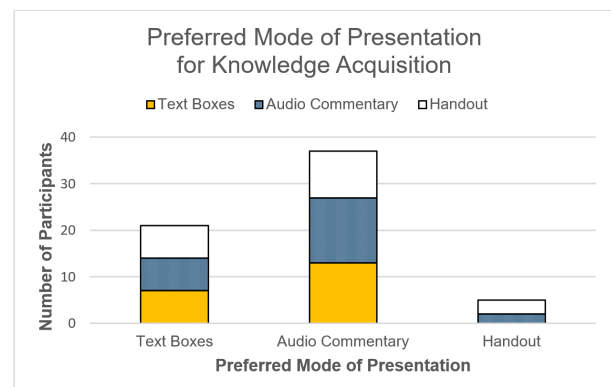


Figure 9: Group comparison of preferred mode of presentation.

3.5. Learner characteristics

Self-location ability (see figure 8), affinity for IT, interest in VR and 360° media, and prior usage of VR (see table 2) were not associated with performance in the knowledge or spatial orientation tests. However, interest in VR and 360° media correlated positively with enjoyment ($r=.37$, $p<.001$), presence ($r=.46$, $p<.001$) and presumed didactic value of 360° VR photos ($r=.46$, $p<.001$).

Table 3: Descriptive statistics of cognitive load measurements and subjective appraisals

Group	Intrinsic cognitive load		Extraneous cognitive load		Germane cognitive load		Total cognitive load		Enjoyment		Didactic value of 360° VR photos	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Text boxes	3.00	1.50	2.29	.89	6.13	.93	3.59	.74	4.65	.81	4.25	.97
Audio commentary	3.19	1.13	2.16	.96	6.14	.59	3.59	.55	4.81	.51	4.62	.59
Handout (Control Group)	3.30	1.70	2.72	1.15	5.25	1.62	3.61	1.06	4.70	.73	4.40	.94
Total	3.16	1.44	2.39	1.02	5.84	1.18	3.60	.79	4.72	.69	4.43	.85

Note: Klepsch et al.'s cognitive load instrument [43] relies a Likert-type scale ranging from 1 ("I totally disagree") to 7 ("I totally agree"). Enjoyment and the didactic value of 360° VR photos, however, were rated on a scale from 1 ("I totally disagree") to 5 ("I totally agree").

4. Discussion

With 360° VR photos, medical educators can grant immersive insights into regional practices for early clinical exposure. To determine how 360° VR photos should be applied and designed to facilitate learning, three hypotheses were tested in this study:

Hypothesis 1: Providing 360° VR photos as visual reference improves retention and comprehension of information

Providing 360° VR photos as visual reference does improve knowledge acquisition as previous research suggested [21], [22], but the choice of modality is significant (see 3rd hypothesis). The students' subjective appraisal confirms the effectiveness of 360° VR photos, with the majority believing that they facilitate subsequent recall in real life. Similarly to previous research on 360° VR videos [11], [18], [19], enjoyment and presumed didactic value of 360° VR photos was high in all variants of the virtual tour. Therefore, their application for early clinical exposure would likely be welcomed by students and convey information effectively depending on their design.

Hypothesis 2: The annotation of text boxes in 360° VR photos compromises spatial orientation and presence

Concerning spatial orientation and presence, annotated text boxes did not impair the learners to a significant extent. This is unexpected because the text boxes were deemed more disruptive than the audio commentary. For presence, one explanation might be a missing benchmark as 72% of the participants had no previous VR experience. Having never experienced higher levels of immersion, they may have overrated their sense of being in the displayed surgical unit [44]. Thus, annotated text boxes may still have a diminishing effect on presence but at least less experienced VR users do not mind. With respect to spatial orientation, reading appears to be no hindrance

as long as learners have enough time to explore the 360° VR photos in between texts.

Hypothesis 3: Annotated audio commentary is superior to annotated text boxes in terms of cognitive load and knowledge acquisition

According to the modality principle [35], text boxes should lead to a higher extraneous load and a lower learning effectiveness compared to audio commentary. However, the knowledge test results are inverse to this prediction even though participants in the annotated text box condition were at a potential disadvantage due to their lack of previous clinical traineeships and to being in a lower semester on average. Annotated text boxes outperformed annotated auditory annotation and the handout condition in both retention and comprehension. Despite spending the most time in the virtual tour, the annotated auditory annotation exhibited the lowest test scores on average. This unexpected outcome can be explained by the learning content. First, the visual reference may not have been essential enough for understanding the presented information. The modality principle applies when two sources of information need to be simultaneously processed and mentally integrated [35]. If students could ignore the displayed environment in large part and focus on reading, the annotated text boxes presumably did not cause cognitive overload. Second, the annotated text boxes could be reread as long as the hotspot was activated, whereas the annotated audio commentary was transient. According to Leahy and Sweller [45], this advantage is particularly impactful with lengthy material. Students may have struggled to adequately process the 67 words on average before the audio commentary ended. Therefore, the finding that audio commentary is disadvantageous for knowledge acquisition might only apply to long texts which cannot be accessed in written form.

The given explanations are not supported by the conducted cognitive load measurements. The inconsistency is likely caused by the subjective nature of the self-report instrument. Learners may not be able to discern the three types of cognitive load and have different internal

standards for evaluating cognitive effort [46], [47]. This assumption is substantiated by the significantly higher extraneous load in the handout condition. Without any annotated information, students could focus exclusively on spatial orientation. In theory, this should have resulted in a lower extraneous load. Regarding the other factors of user experience, annotated audio commentary was the favoured option on a descriptive level. Students reported greater feelings of presence and enjoyment with auditory annotation. Even though it prolonged the virtual tour, most would choose annotated audio commentary over annotated text boxes and a handout when given the chance. Thus, annotated audio commentary is recommended, if knowledge acquisition is not a priority or the information is accessible in written form, too.

Simulation sickness has afflicted almost a third of the participating students across conditions but did not impair neither learning nor spatial orientation performance. The relatively high prevalence might be explained by the fact that the students did not see themselves in the 360° VR photos and appeared to float in mid-air. If the learners were represented as virtual avatars, simulation sickness might decrease. With respect to the measured learner characteristics, no determinant was found for the effectiveness of 360° VR photos for knowledge acquisition and spatial orientation. However, students with an interest in VR and 360° media tend to immerse and enjoy themselves more in 360° VR photos and ascribe a greater didactic value to them. These findings conform with previous research and imply that a greater application of 360° VR photos in medical education would be followed by a higher demand and appreciation of the medium [30], [31], [32], [33].

Naturally, the findings of this study must be interpreted in regard of its limitations. Apart from [21], the combination of 360° photos and HMDs has been given little attention in research so far. To validate the reported findings, they must be replicated with discretely measurable knowledge categories and greater sample sizes exhibiting a higher variance in familiarity with VR. Moreover, the knowledge and spatial orientation tests were conducted shortly after the virtual tour. The results therefore only demonstrate the short-term effectiveness of 360° VR photos. Lastly, measuring cognitive load physiologically with an EEG and eye-tracking in the HMDs would have helped to explain the findings more conclusively [48], [49]. Future studies should use these methods to further explore how cognitive capacity may be directed and efficiently used in 360° VR photos. In doing so, the quality of the annotated information should be considered. Apart from its length, the learning experience might also be influenced by the speed or volume of the audio commentary. In addition, the effectiveness of 360° VR photos should be compared with learning scenarios in real life such as an in-person tour through the surgical unit.

5. Conclusion

360° VR photos are a low-threshold and cost-efficient possibility to facilitate clinical exposure in the early stages of medical training. Apart from granting immersive insights into the daily clinical routine, the medium can convey information and a sense of spatial orientation effectively in the same learning scenario. While its educational application is generally well-received by students, those with an interest in VR and 360° media immerse and enjoy themselves more in 360° VR photos than others and ascribe a higher didactic value to them. Contrary to the authors' expectation, the ideal mode of annotation is not dictated by Mayer's modality principle. For information like in this study, annotated text boxes are better for knowledge acquisition than the subjectively preferred audio commentary. This finding, however, is probably contingent on the length and the quality of the annotated text. To identify boundary conditions and validate the findings, more research is required on the design and educational use of 360° VR photos.

Notes

Funding details

This work was supported by the committee of educational research at the Medical Faculty of Ulm University.

Ethics committee

The ethics committee of Ulm University determined that the study required neither legal nor ethical approval.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Attachments

Available from <https://doi.org/10.3205/zma001590>

1. Attachment_1.pdf (137 KB)
Handout
2. Attachment_2.pdf (149 KB)
Knowledge test and scoring scheme

References

1. Shah CJ. Early clinical exposure- Why and how? J Educ Technol Health Sci. 2020;5(1):2-7. DOI: 10.18231/2393-8005.2018.0002

2. Association of American Medical Colleges (AAMC). Applicants, Matriculants, and Enrollment of U.S. Medical Schools, 1980-1981 through 2020-2021. Washington (DC): AAMC; 2022. Zugänglich unter/available from: <https://www.aamc.org/media/37836/download?attachment>
3. Statista. Anzahl der Studierenden im Fach Humanmedizin in Deutschland nach Geschlecht in den Wintersemestern von 2007/2008 bis 2020/2021. Hamburg: Statista; 2021. Zugänglich unter/available from: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/200758/umfrage/entwicklung-der-anzahl-der-medizinstudenten/>
4. Speidel R, Schneider A, Körner J, Grab-Kroll C, Öchsner W. Did video kill the XR star? Digital trends in medical education before and after the COVID-19 outbreak from the perspective of students and lecturers from the faculty of medicine at the University of Ulm. *GMS J Med Educ.* 2021;38(6):Doc101. DOI: 10.3205/ZMA001497
5. Bryson S. Call for Participation. IEEE Symposium on Research Frontiers in Virtual Reality, October 25-26 1993, Red Lion Inn, San Jose, CA. 1993. Zugänglich unter/available from: <https://groups.google.com/g/comp.graphics.visualization/c/V6bxB5-bJKY>
6. Slater M. A note on presence terminology. *Presence Conn.* 2003;3(3):1-5.
7. Chirico A, Gaggioli A. When Virtual Feels Real: Comparing Emotional Responses and Presence in Virtual and Natural Environments. *Cyberpsychol Behavd Soc Netw.* 2019;22(3):220-226. DOI: 10.1089/cyber.2018.0393
8. Brivio E, Serino S, Negro Cousa E, Zini A, Riva G, de Leo G. Virtual reality and 360° panorama technology: a media comparison to study changes in sense of presence, anxiety, and positive emotions. *Virtual Real.* 2021;25(2):303-311. DOI: 10.1007/s10055-020-00453-7
9. Milgram P, Takemura H, Utsumi A, Kishino F. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In: Das H, editor. *SPIE Proceedings: Telemanipulator and Telepresence Technologies*. Vol. 2351. SPIE Digital Library; 1995. p.282-292. Zugänglich unter/available from: <https://spie.org/Publications/Proceedings/Volume/2351?SSO=1>
10. Bertel T, Yuan M, Lindroos R, Richardt C. OmniPhotos: casual 360° VR photography. *ACM Trans Graph.* 2020;39(6):1-12. DOI: 10.1145/3414685.3417770
11. Snelson C, Hsu YC. Educational 360-Degree Videos in Virtual Reality: a Scoping Review of the Emerging Research. *TechTrends.* 2020;64(3):404-412. DOI: 10.1007/s11528-019-00474-3
12. Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P, Vseteckova J, Nikolaou CK, George PP, Divakar U, Masiello I, Kononowicz AA, Zary N, Tudor Car L. Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. *J Med Internet Res.* 2019;21(1):e12959. DOI: 10.2196/12959
13. Pourmand A, Davis S, Lee D, Barber S, Sikka N. Emerging Utility of Virtual Reality as a Multidisciplinary Tool in Clinical Medicine. *Games Health J.* 2017;6(5):263-270. DOI: 10.1089/g4h.2017.0046
14. Chavez B, Bayona S. Virtual Reality in the Learning Process. In: Rocha Á, Adeli H, Reis LP, Costanzo S, editors. *Trends and Advances in Information Systems and Technologies*. Vol. 746. Cham: Springer International Publishing; 2018. p.1345-1356.
15. Buttussi F, Chittaro L. Effects of Different Types of Virtual Reality Display on Presence and Learning in a Safety Training Scenario. *IEEE Trans Vis Comput Graph.* 2018;24(2):1063-1076. DOI: 10.1109/TVCG.2017.2653117
16. Anderson LW, Krathwohl DR. A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. London: Longman; 2001.
17. Bloom BS, Engelhart MD, Furst EJ, Hill WH, Krathwohl DR. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. London: Longman; 1956.
18. Lee SH, Sergueeva K, Catangui M, Kandaurova M. Assessing Google Cardboard virtual reality as a content delivery system in business classrooms. *J Educ Bus.* 2017;92(4):153-160. DOI: 10.1080/08832323.2017.1308308
19. Harrington CM, Kavanagh DO, Wright-Ballester G, Dicker P, Traynor O, Hill A, Tierney S. 360degree Operative Videos: A Randomised Cross-Over Study Evaluating Attentiveness and Information Retention. *J Surg Educ.* 2018;75(4):993-1000. DOI: 10.1016/j.jsurg.2017.10.010
20. Ulrich F, Helms NH, Frandsen UP, Rafn AV. Learning effectiveness of 360° video: experiences from a controlled experiment in healthcare education. *Interact Learn Environ.* 2019;3(2):1-14. DOI: 10.1080/10494820.2019.1579234
21. Kim JS, Leatham T, Liu J. Comparing Virtual Reality Modalities and 360° Photography in a Construction Management Classroom. In: 55th ASC Annual International Conference Proceedings. 2019. p.221-228.
22. Krokos E, Plaisant C, Varshney A. Virtual memory palaces: immersion aids recall. *Virtual Real.* 2019;23(1):1-15. DOI: 10.1007/s10055-018-0346-3
23. Rieser JJ, Narasimham G, Erdemir A. Spatial Orientation. In: Ramachandran VS, editor. *Encyclopedia of human behavior*. 2nd ed. Burlington, MA: Elsevier/Academic Press; 2012. p.519-524.
24. Napieralski PE, Altenhoff BM, Bertrand JW, Long LO, Babu SV, Pagano CC, Davis TA. An evaluation of immersive viewing on spatial knowledge acquisition in spherical panoramic environments. *Virtual Real.* 2014;18:189-201. DOI: 10.1007/s10055-014-0245-1
25. Zhao J, Sensibaugh T, Bodenheimer B, McNamara TP, Nazareth A, Newcombe N, Minear M, Klippel A. Desktop versus immersive virtual environments: effects on spatial learning. *Spat Cogn Comput.* 2020;20(4):328-363. DOI: 10.1080/13875868.2020.1817925
26. Aronov D, Tank DW. Engagement of Neural Circuits Underlying 2D Spatial Navigation in a Rodent Virtual Reality System. *Neuron.* 2014;84(2):442-456. DOI: 10.1016/j.neuron.2014.08.042
27. Cherep LA, Lim AF, Kelly JW, Acharya D, Velasco A, Bustamente E, Ostrander AG, Gilbert SB. Spatial cognitive implications of teleporting through virtual environments. *J Exp Psychol Appl.* 2020;26(3):480-492. DOI: 10.1037/xap0000263
28. Chrastil ER, Warren WH. Active and passive contributions to spatial learning. *Psychon Bull Rev.* 2012;19(1):1-23. DOI: 10.3758/s13423-011-0182-x
29. Riecke BE, Bodenheimer B, McNamara TP, Williams B, Peng P, Feuereissen D. Do We Need to Walk for Effective Virtual Reality Navigation? Physical Rotations Alone May Suffice. In: Hölscher C, editor. *Spatial cognition*. Vol. 6222. Berlin: Springer; 2010. p.234-247.
30. Manis KT, Choi D. The virtual reality hardware acceptance model (VR-HAM): Extending and individuating the technology acceptance model (TAM) for virtual reality hardware. *J Bus Res.* 2019;100:503-513. DOI: 10.1016/j.jbusres.2018.10.021
31. Freitag S, Weyers B, Kuhlen TW. Examining Rotation Gain in CAVE-like Virtual Environments. *IEEE Trans Vis Comput Graph.* 2016;22(4):1462-1471. DOI: 10.1109/TVCG.2016.2518298
32. Shen CW, Ho JT, Ly PT, Kuo TC. Behavioural intentions of using virtual reality in learning: perspectives of acceptance of information technology and learning style. *Virtual Real.* 2019;23:313-324. DOI: 10.1007/s10055-018-0348-1

33. Weisflog W, Böckel A. Ein studentischer Blick auf den Digital Turn: Auswertung einer bundesweiten Befragung von Studierenden für Studierende. Hochschulforum Digitalisierung. 2020;54:1-34. Zugänglich unter/available from: https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_54_Studierendenbefragung.pdf
34. Chang E, Kim HT, Yoo B. Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. Int J Human Comput Inter. 2020;36(17):1658-1682. DOI: 10.1080/10447318.2020.1778351
35. Mayer R. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge: Cambridge University Press; 2014. DOI: 10.1017/CBO9781139547369
36. Sweller J. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. Learn Instruct. 1994;4(4):295-312. DOI: 10.1016/0959-4752(94)90003-5
37. Mayer RE. Using multimedia for e-learning. J Comp Ass Learn. 2017;33(5):403-423. DOI: 10.1111/jcal.12197
38. Cierniak G, Scheiter K, Gerjets P. Explaining the split-attention effect: Is the reduction of extraneous cognitive load accompanied by an increase in germane cognitive load? Comp Human Behav. 2009;25(2):315-324. DOI: 10.1016/j.chb.2008.12.020
39. Lang JJ, Lang TJ. Eye Screening with the Lang Stereotest. Am Orth J. 1988;38(1):48-50. DOI: 10.1080/0065955X.1988.11981769
40. Hegarty M. A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. Intelligence. 2004;32(2):175-191. DOI: 10.1016/j.intell.2003.12.001
41. Hartmann T, Wirth W, Schramm H, Klimmt C, Vorderer P, Gysbers A, Böcking S, Ravaja N, Laarni J, Saari T, Gouveia F, Sacau AM. The Spatial Presence Experience Scale (SPES). J Media Psychol. 2016;28(1):1-15. DOI: 10.1027/1864-1105/a000137
42. Kennedy RS, Lane NE, Berbaum KS, Lilienthal MG. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. Int J Aviat Psychol. 1993;3(3):203-220. DOI: 10.1207/s15327108ijap0303_3
43. Klepsch M, Schmitz F, Seufert T. Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. Front Psychol. 2017;8:1997. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01997
44. Freeman J, Avons SE, Pearson DE, IJsselstein WA. Effects of Sensory Information and Prior Experience on Direct Subjective Ratings of Presence. Presence (Camb). 1999;8(1):1-13. DOI: 10.1162/105474699566017
45. Leahy W, Sweller J. Cognitive load theory, modality of presentation and the transient information effect. Appl Cogn Psychol. 2011;25:943-951. DOI: 10.1002/acp.1787
46. Bjork RA. Memory and Metamemory Considerations in the Training of Human Beings. In: Metcalfe J, Shimamura AP, editors. Metacognition. The MIT Press; 1994.
47. de Jong T. Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. Instr Sci. 2010;38(2):105-134. DOI: 10.1007/s11251-009-9110-0
48. Clay V, König P, König S. Eye Tracking in Virtual Reality. J Eye Mov Res. 2019;12(1). DOI: 10.16910/jemr.12.1.3
49. Makransky G, Terkildsen TS, Mayer RE. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. Learn Instruct. 2019;60:225-236. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2017.12.007

Corresponding author:

Robert Speidel
Ulm University, Medical Faculty, Division of Learning and Teaching, Competence Center eEducation in Medicine, Meyerhofstr. M28-TTU, D-89081 Ulm, Germany, Phone: +49 (0)731/5033-685
robert.speidel@uni-ulm.de

Please cite as

Speidel R, Schneider A, Walter S, Grab-Kroll C, Oechsner W. Immersive medium for early clinical exposure – knowledge acquisition, spatial orientation and the unexpected role of annotation in 360° VR photos. GMS J Med Educ. 2023;40(1):Doc8. DOI: 10.3205/zma001590, URN: urn:nbn:de:0183-zma0015902

This article is freely available from

<https://doi.org/10.3205/zma001590>

Received: 2021-12-23

Revised: 2022-10-28

Accepted: 2022-11-08

Published: 2023-02-15

Copyright

©2023 Speidel et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Immersives Medium für die frühzeitige klinische Exposition – Wissenserwerb, räumliche Orientierung und die unerwartete Rolle der Annotation in 360°-VR-Fotos

Zusammenfassung

Zielsetzung: 360°-VR-Fotos könnten eine niedrigschwellige Möglichkeit sein, die klinische Exposition in den frühen Phasen der medizinischen Ausbildung zu steigern. Das Medium soll nicht nur Einblicke in lokale Räumlichkeiten und Abläufe bieten, sondern auch abhängig von der Annotationsform den Wissenserwerb und die räumliche Orientierung fördern. Empirisch belegt ist diese Annahme allerdings noch nicht. Daher wurden unter Berücksichtigung des Modalitätsprinzips nach Mayer drei Hypothesen getestet: 1) Der Einsatz von 360°-VR-Fotos als visuelle Referenz verbessert das Erinnern und Verstehen von Informationen. 2) Die Annotation von Textfeldern in 360°-VR-Fotos beeinträchtigt die räumliche Orientierung und Präsenz. 3) Annotierte Audiokommentare sind annotierten Textfeldern in Bezug auf die kognitive Belastung und den Wissenserwerb überlegen.

Methodik: Mittels VR-Brillen absolvierten Studierende der Human- (N=53) und Zahnmedizin (N=8) einen von drei virtuellen Rundgängen durch einen OP-Bereich, die mit 360°-VR-Fotos erstellt wurden. In den ersten beiden Varianten wurden Informationen zu den Räumlichkeiten, medizinischen Geräten und klinischen Verfahren entweder in Form von Textfeldern oder Audiokommentaren mit durchschnittlich 67 Wörtern (SD=6,67) annotiert. In der dritten Variante wurden dieselben Informationen separat vor dem virtuellen Rundgang auf einem gedruckten Handout ausgeteilt. Unter Berücksichtigung individueller Lernereigenschaften und der Benutzererfahrung wurden Unterschiede zwischen den Bedingungen hinsichtlich des Erinnerns, des Verstehens, der räumlichen Orientierung, der kognitiven Belastung und der Präsenz gemessen.

Ergebnisse: Hinsichtlich des Erinnerns und Verstehens von Informationen schnitten die annotierten Textfelder besser ab als die annotierten Audiokommentare und die Handout-Bedingung. Obwohl die annotierten Audiokommentare die niedrigsten Werte im Wissenstest aufwiesen, zogen die Studierenden das Hören dem Lesen vor. Studierende mit Interesse an VR und 360°-Medien berichteten über ein höheres Maß an Vergnügen und Präsenz. Hinsichtlich der räumlichen Orientierung und Präsenz wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt.

Schlussfolgerung: 360°-VR-Fotos können Informationen und ein Gefühl der räumlichen Orientierung effektiv in einem Lernszenario vermitteln. Für die Studierenden ist ihre Verwendung unterhaltsam und lehrreich. Die ideale Art der Annotation wird wider Erwarten nicht durch Mayers Modalitätsprinzip vorgeschrieben. Für Informationen wie die in dieser Studie eignen sich annotierte Textfelder besser zum Wissenserwerb als die subjektiv bevorzugten Audiokommentare. Dieses Ergebnis ist wahrscheinlich abhängig von der Länge und Qualität des annotierten Textes. Um Randbedingungen zu identifizieren und die Ergebnisse zu validieren, sind weitere Untersuchungen zur Gestaltung und didaktischen Nutzung von 360°-VR-Fotos erforderlich.

Schlüsselwörter: 360°-Fotos, 360°-VR-Fotos, virtuelle Realität, Lernen, Orientierung, Annotation

Robert Speidel¹

Achim Schneider²

Steffen Walter³

Claudia Grab-Kroll²

Wolfgang Oechsner⁴

1 Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Dekanatsverwaltung, Bereich Studium und Lehre, Kompetenzzentrum eEducation in der Medizin BW, Ulm, Deutschland

2 Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Dekanatsverwaltung, Bereich Studium und Lehre, Ulm, Deutschland

3 Universitätsklinikum Ulm, Sektion Medizinische Psychologie, Ulm, Deutschland

4 Universitätsklinikum Ulm, Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Ulm, Deutschland

1. Einleitung

1.1. Klinische Exposition durch 360°-VR-Fotos

Die Forderung nach frühzeitiger klinischer Exposition löst langsam die starre Abfolge von vorklinischer zu klinischer Ausbildung ab [1]. Die Einbindung klinischer Exposition über den gesamten Studienverlauf hinweg ist jedoch eine Herausforderung für medizinische Fakultäten, insbesondere im Hinblick auf die steigende Zahl von Medizinstudierenden [2], [3]. Die virtuelle Realität (VR) könnte Abhilfe schaffen, auch wenn ihr didaktisches Potenzial noch nicht gänzlich von den Dozierenden und Studierenden anerkannt wird [4]. Steve Bryson definiert die Technologie als „die Verwendung von 3D-Displays und Eingabegeräten zur Erkundung von in Echtzeit computergenerierten Umgebungen“ [5]. Seine Definition umfasst eine Reihe unterschiedlicher Hardware, allerdings sind VR-Brillen heutzutage die häufigste Assoziation. VR-Brillen isolieren den Nutzer von der Realität und stellen gleichzeitig eine Umgebung in Abhängigkeit von dessen Bewegungen und Aktionen dar. Dadurch entsteht die immersive Illusion einer alternativen, virtuellen Realität. Gelingt die Illusion, erfährt der Nutzer ein Gefühl der „Präsenz“; also den Eindruck, sich tatsächlich in der dargestellten Umgebung zu befinden [6]. In diesem mentalen Zustand ähnelt das individuelle Erleben und Verhalten in VR dem in einer realen Situation [7].

In der medizinischen Ausbildung könnte die VR-Technologie den Studierenden ermöglichen, vom ersten Semester an in die Rolle eines Arztes zu schlüpfen und virtuelle Patienten zu behandeln. Die generischen Krankenhausstationen und Behandlungen in frei verfügbarer VR-Software bilden jedoch nicht die lokalen Kliniken mit ihren individuellen Räumlichkeiten, Routinen und medizinischen Spezialisierungen ab. Wenn medizinische Ausbilder einen frühzeitigen immersiven Einblick in die regionale Praxis gewähren wollen, benötigen sie ihre eigenen, maßgeschneiderten VR-Umgebungen. Gegenwärtig erfordert die Entwicklung von VR-Software umfangreiche finanzielle und personelle Ressourcen in Form von Programmierern, 3D-Künstlern und medizinischen Fachleuten. Eine kostengünstigere Alternative zur Erstellung individueller, computergenerierter VR-Umgebungen sind 360°-Medien, die kaum technisches Wissen voraussetzen und somit von medizinischen Ausbildern selbst produziert werden können.

Der Begriff „360°-Medien“ bezieht sich sowohl auf 360°-Videos als auch auf 360°-Fotos, die eine Rundumansicht einer aufgezeichneten Umgebung bieten. Während 360°-Videos Handlungen darstellen können, sind 360°-Fotos statisch (siehe Abbildung 1). Beide Arten von 360°-Medien werden mit 360°-Kameras produziert, die derzeit je nach gewünschter Bildqualität zwischen hundert und einigen tausend Euro kosten. Im Gegensatz zu computergenerierten VR-Umgebungen beschränken 360°-Medien die räumliche Bewegung auf die Position der 360°-Kamera und reduzieren die Interaktion auf sogenannte „Hotspots“. Hotspots sind visuelle Steuerelemente, die

in der Nachbearbeitung hinzugefügt werden und es dem Nutzer ermöglichen, den Standort zu wechseln und zusätzliche Informationen in Form von textlichen (Textfelder oder Audiokommentare) oder grafischen (z. B. Nahaufnahmen oder 3D-Modelle) Annotationen anzuzeigen. Über Hotspots verknüpfte und annotierte 360°-Medien werden als „virtuelle Rundgänge“ bezeichnet und können auf allen gängigen Endgeräten (Desktop, Laptop, Tablet, Smartphone oder VR-Brille) wiedergegeben werden. Über eine VR-Brille betrachtet (siehe Abbildung 2) erzeugen virtuelle Rundgänge das VR-charakteristische Gefühl der Präsenz [8], auch wenn sie der VR-Definition von Bryson nicht vollständig entsprechen. Die Kombination von 360°-Medien und VR-Brillen wird daher als eine Variante von VR angesehen [9] und unter dem Begriff „360°-VR-Medien“ subsumiert. 360°-Videos und 360°-Fotos, die auf VR-Brillen angezeigt werden, werden dementsprechend als „360°-VR-Videos“ und „360°-VR-Fotos“ bezeichnet. Diese Terminologie deckt sich mit der bisherigen Forschung [10], [11].

360°-VR-Medien ermöglichen es Medizinstudierenden, virtuell an Operationen teilzunehmen und Orte mit beschränktem Zugang wie OP-Bereiche und Intensivstationen auf immersive Weise und unabhängig von Terminplänen und Lehrpersonal zu erkunden. Sowohl 360°-VR-Videos als auch 360°-VR-Fotos könnten potenziell die frühzeitige klinische Exposition fördern, jedoch konzentriert sich die vorliegende Studie speziell auf 360°-VR-Fotos. Das folgende Kapitel verweist allerdings auch auf Forschungsergebnisse zu 360°-VR-Videos, da bisher kaum Lehrforschung zu 360°-VR-Fotos im Speziellen besteht.

1.2. Lernziele für 360°-VR-Medien

Die bisherige Forschung schreibt der VR, die in Echtzeit computergeneriert wird, einen hohen didaktischen Wert zu [12], [13], [14]. Die referenzierten Metaanalysen gelten jedoch nicht automatisch auch für 360°-VR-Medien, da in den Kameraaufnahmen weder die freie räumliche Bewegung noch die direkte Objektinteraktion möglich sind. Obwohl diese Einschränkungen die Lerneffektivität nicht zwangsläufig verringern [15], hindern sie die Nutzer daran, manuelle Aufgaben in der virtuellen Umgebung auszuführen, was den Nutzen von 360°-VR-Medien für Bildungszwecke begrenzt. Tatsächlich ist noch immer unklar, welche Lernziele durch 360°-VR-Medien unterstützt werden können, da es nur wenige einschlägige Forschungsarbeiten gibt. In dieser Studie betrachten wir die allgemeinen Lernziele des Wissenserwerbs und der räumlichen Orientierung.

Gemäß Anderson und Krathwohls überarbeiteter Taxonomie von Bloom et al. [16], [17] kann der Wissenserwerb entlang zweier Dimensionen differenziert werden. Die erste Dimension bezieht sich auf vier Kategorien von erreichbarem Wissen: faktisch, konzeptionell, prozedural, metakognitiv (Beispiele in Kapitel 2.2). Die zweite Dimension bezieht sich auf sechs Ebenen der kognitiven Verarbeitung: Erinnern, Verstehen, Anwenden, Analysieren,



Abbildung 1: 360°-Foto eines Operationssaals. Das 360°-Foto bietet einen Rundumblick auf einen Operationssaal des Universitätsklinikums Ulm. Wird es über eine VR-Brille sphärisch dargestellt, kann der Nutzer das dann sogenannte 360°-VR-Foto ohne Verzerrung durch Kopfbewegungen erkunden (siehe Abbildung 2).

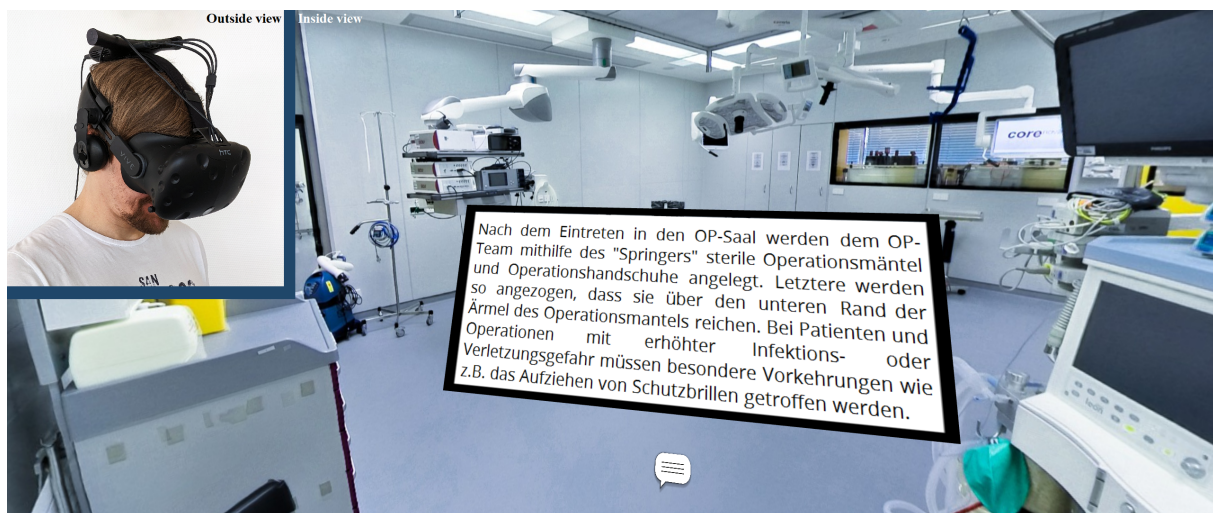


Abbildung 2: Studienteilnehmer liest Text im virtuellen Rundgang. Das Foto in der linken oberen Ecke zeigt einen Studienteilnehmer, der eine HTC Vive VR-Brille trägt. Das nebenstehende Bild ist ein beschnittener Screenshot des virtuellen Rundgangs mit einem annotierten Textfeld über dem entsprechenden Hotspot.

Beurteilen und Erschaffen. Zusammen beschreiben die beiden Dimensionen spezifische Ziele des Wissenserwerbs (z. B. das *Erinnern* des *faktischen* Verhältnisses zwischen dem Körpergewicht eines Kindes und der bei der Defibrillation benötigten Energiemenge). In der Lehrforschung zu 360°-VR-Medien fehlt diese Differenzierung bisher weitgehend. In Bezug auf 360°-VR-Videos haben Studien gezeigt, dass das Medium für den Erwerb von unkategorisiertem Wissen ähnlich effektiv ist wie herkömmliche Videos und regulärer Unterricht [18], [19], [20]. Allerdings stehen 360°-VR-Videos mit einem höheren Maß an Interesse, Beteiligung und Vergnügen bei den Studierenden in Verbindung [11], [18], [19]. Lehrbezogene Studien zu 360°-VR-Fotos sind noch seltener und derzeit auf den Bereich des Bauwesens und der Sicherheitsausbildung beschränkt. In einer Studie von Kim et al. [21] lernten die Teilnehmenden anhand von 360°-VR-

Fotos prozedurale Informationen über Baumaßnahmen. Verglichen mit 360°-Fotos, die über Smartphones betrachtet wurden, verbesserten die 360°-VR-Fotos subjektiv den Wissenserwerb und wurden von den meisten Studienteilnehmenden als Ergänzung oder sogar als Ersatz für reale Exkursionen empfohlen. Ein weiteres Argument für den didaktischen Einsatz von 360°-VR-Fotos ist deren immersive Qualität. Laut einer Studie von Krokos et al. sind räumlich dargestellte Informationen leichter abrufbar, wenn beim Lernen eine VR-Brille getragen wurde, anstatt vor einem herkömmlichen Display zu sitzen [22]. Das zweite in dieser Studie untersuchte Lernziel ist die räumliche Orientierung, d. h. die Fähigkeit, den relativen Standort und die Ausrichtung von sich selbst und von Objekten in einer Umgebung zu bestimmen. Die räumliche Orientierung ist erforderlich, um Handlungen zu planen und zu einem gewünschten Ziel zu navigieren [23]. Google

Street View, das auf herkömmlichen Geräten wie Tablets und Smartphones verfügbar ist, ist ein bekanntes Beispiel für die Nutzung normaler 360°-Fotos zur räumlichen Orientierung im Alltag. Der Einsatz einer VR-Brille verbessert die räumliche Orientierungsleistung nicht [24], [25], allerdings ermöglicht es die VR-Brille, entfernte oder unzugängliche Orte auf immersive und natürliche Weise durch Kopfbewegungen zu erkunden. Darüber hinaus haben Untersuchungen mit Ratten ergeben, dass sich die räumliche Orientierung in einer computergenerierten VR auf neurologischer Ebene der Orientierung in der Realität ähnelt [26]. Auch diese Ergebnisse gelten nicht automatisch für 360°-VR-Fotos, da diese die Fortbewegung auf die Teleportation zwischen Standpunkten beschränken. Im Vergleich zum tatsächlichen Gehen könnte die Teleportation die räumliche Orientierung beeinträchtigen [25], [27], [28], [29]. Diese Bedenken schmälern jedoch nicht das Potenzial von 360°-VR-Fotos für die Erkundung klinischer Umgebungen, wenn reale Besuche vor Ort ausgeschlossen sind.

Kurz gesagt, die Theorie und die vorangegangene Forschung legen nahe, dass 360°-VR-Fotos sowohl für die räumliche Orientierung als auch für den Wissenserwerb geeignet sind. Empirisch belegt ist diese Annahme bisher jedoch noch nicht. In der vorliegenden Studie wird daher untersucht, ob Informationen in annotierten 360°-VR-Fotos effektiv gelernt werden können, ohne die räumliche Orientierung und Präsenz der Lernenden zu beeinträchtigen. Zur Überprüfung der Randbedingungen werden die Ergebnisse unter Berücksichtigung individueller Lernereigenschaften (räumliche Orientierungsfähigkeit, Affinität zur Informationstechnologie, Vorerfahrung mit VR, Interesse an VR und 360°-Medien) und der Benutzererfahrung (kognitive Belastung, Präsenz, Simulatorkrankheit, Vergnügen, bevorzugte Art der Annotation, subjektiver didaktischer Nutzen von 360°-VR-Fotos) analysiert und interpretiert. Diese Faktoren liefern zusätzliche Informationen über den didaktischen Einsatz von 360°-VR-Fotos. So stehen beispielsweise Interesse und Vorerfahrung mit VR mit einer günstigeren Bewertung der Technologie und einer geringeren Ausprägung der Simulatorkrankheit in Verbindung [30], [31], [32], [33]. Die Simulatorkrankheit kann die Lernerfahrung durch Symptome wie Müdigkeit, Orientierungslosigkeit und Übelkeit beeinträchtigen [34].

1.3. Modalitätsprinzip

Um die effizienteste und am wenigsten immersionsbrechende Art der Annotation zu ermitteln, wurde zusätzlich die Validität des Modalitätsprinzips im Kontext von 360°-VR-Fotos getestet [35]. Das Modalitätsprinzip leitet sich aus Mayers kognitiver Theorie des multimedialen Lernens ab und besagt, dass das Lernen mit Hilfe von Grafiken wie Videos und Fotos wirksamer ist, wenn die Grafiken mit Audiokomentaren anstelle von geschriebenem Text begleitet werden. Der Theorie nach überlastet die gleichzeitige Verarbeitung von Grafiken und Text den visuellen Kanal, während das Anhören von gesprochenen Kommentaren auch den auditiven Kanal nutzt und so die

kognitive Gesamtbelastung verringert [36]. Dieses Prinzip wurde für computergestütztes Lernen verifiziert [37], aber in der bisherigen Forschung wurden nur Grafiken in einem rechteckigen Format und auf nicht-immersiven Bildschirmen betrachtet (z. B. die physiologische Funktion der Niere auf einem Desktop-Bildschirm [38]). Es wird erwartet, dass das Prinzip auch auf 360°-VR-Fotos anwendbar ist, da die Rundumsicht in der VR-Brille eine hohe Belastung für den visuellen Kanal darstellen dürfte, was zu einer Beeinträchtigung des Leseverständnisses und der Merkfähigkeit führen sollte. Da Textfelder teilweise das Sichtfeld versperren, wird erwartet, dass Audiokomentare auch im Hinblick auf die räumliche Orientierung und das Gefühl der Präsenz vorzuziehen sind.

1.4. Hypothesen

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen wurden drei Hypothesen getestet.

1. Der Einsatz von 360°-VR-Fotos als visuelle Referenz verbessert das Erinnern und Verstehen von Informationen.
2. Die Annotation von Textfeldern in 360°-VR-Fotos beeinträchtigt die räumliche Orientierung und Präsenz.
3. Annotierte Audiokommentare sind annotierten Textfeldern in Bezug auf die kognitive Belastung und den Wissenserwerb überlegen.

2. Methodik

2.1. Stichprobe

Zur Überprüfung der Hypothesen wurden Medizinstudierende per E-Mail und Blogposts eingeladen, freiwillig an einem virtuellen Rundgang durch den OP-Bereich des Universitätsklinikums Ulm teilzunehmen. Nach Abgabe einer schriftlichen Einverständniserklärung nahmen schließlich 61 Studierende der Human- ($N=53$) und Zahnmedizin ($N=8$) an der Studie teil. Als Anreiz für die Teilnahme erhielt jeder Student einen 30€-Gutschein. Keiner der Studierenden hatte außerhalb seines Studiums eine medizinische Ausbildung begonnen oder zuvor einen Operationssaal besucht. Die Teilnehmenden waren überwiegend weiblich (71%), größtenteils Anfang zwanzig ($M=21,79$, $SD=2,49$) und im Durchschnitt im fünften Semester ($M=4,54$, $SD=2,02$). Die letztgenannte Statistik und der vorherige Abschluss einer Famulatur waren zwischen den Bedingungen ungleichmäßig verteilt. Darüber hinaus ergab der Lang-Stereotest, dass bis auf zwei Teilnehmende alle über stereoskopische Tiefenwahrnehmung verfügten [39], d. h. die meisten waren in der Lage, die zwei Perspektiven ihrer Augen zusammenzuführen und daraus Tiefeninformationen abzuleiten. Eine detaillierte Übersicht der Stichprobe findet sich in Tabelle 1 und Tabelle 2.

Tabelle 1: Nominale Stichprobenbeschreibung

Gruppe	N	Studiengang ^a		Geschlecht		Krankenpflegepraktikum		Famulatur		VR-Vorerfahrung	
		HM N (%)	ZM N (%)	♀ N (%)	♂ N (%)	Ja N (%)	Nein N (%)	Ja N (%)	Nein N (%)	Ja N (%)	Nein N (%)
Textfelder	20	16 (80 %)	4 (20 %)	14 (70 %)	6 (30 %)	17 (85 %)	3 (15 %)	0 (0 %)	20 (100 %)	6 (30 %)	14 (70 %)
Audiokommentar	21	19 (91 %)	1 (10 %)	16 (76 %)	5 (24 %)	18 (86 %)	3 (14 %)	10 (48 %)	11 (52 %)	4 (19 %)	17 (81 %)
Handout (Kontrollgruppe)	20	18 (90 %)	2 (10 %)	13 (65 %)	7 (35 %)	17 (85 %)	3 (15 %)	11 (55 %)	9 (45 %)	7 (35 %)	13 (65 %)
Gesamt	61	53 (87 %)	8 (13 %)	43 (71 %)	18 (30 %)	52 (85 %)	9 (15 %)	21 (24 %)	40 (66 %)	17 (28 %)	44 (72 %)

Anmerkung: In einer visuellen Analyse der Hauptvariablen (Wissenserwerb, Selbst- und Objektverantwortung, kognitive Belastung, Präsenz und Simulatorkrankheit) wurden keine systematischen Unterschiede zwischen den aufgeführten binären Kategorien festgestellt.

^a Humanmedizin (HM) und Zahnmedizin (ZM).

Tabelle 2: Metrische Stichprobenbeschreibung

Gruppe	N	Alter in Jahren		Semester		IT-Affinität ^a		Interesse an VR und 360°-Medien ^b		VR-Nutzungen im Vorjahr	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Textfelder	20	20,70	1,81	3,40	1,73	3,10	1,12	4,55	0,69	0,83	0,75
Audiokommentar	21	22,48	3,08	4,76	2,14	3,10	1,18	4,48	0,81	1,00	0,82
Handout (Kontrollgruppe)	20	22,15	2,11	5,45	1,67	3,25	1,12	4,10	1,25	1,86	1,68
Gesamt	61	21,79	2,49	4,54	2,02	3,15	1,12	4,38	0,95	1,29	1,26

^a IT = Informationstechnologie.

^b Die Items wurden auf einer Likert-Skala von 1 („Ich stimme überhaupt nicht zu“) bis 5 („Ich stimme vollkommen zu“) bewertet.



Abbildung 3: Screenshots aus den drei virtuellen Rundgängen mit unterschiedlicher Annotation. Die beschnittenen Screenshots zeigen die gleiche Szene, unterscheiden sich aber in der Annotation. Von links nach rechts: Hotspots für Textfelder, Hotspots für Audiokommentare und keine Hotspots (Handout-Bedingung). Die Hotspots wurden durch Blicksteuerung aktiviert und deaktiviert, d. h. durch 1,5 Sekunden langes Betrachten der Hotspots.

2.2. Versuchsaufbau

Der virtuelle Rundgang wurde mit 360°-VR-Fotos (3840x3840 Pixel pro Foto, aufgenommen mit einer Insta360 Pro 2 360°-Kamera) erstellt und in drei verschiedenen Varianten gestaltet. In einer Art Quasi-Randomisierung wurden die Studienteilnehmenden diesen Varianten in Abhängigkeit von ihrem Anmeldezeitpunkt in einer vordefinierten Reihenfolge zugeordnet. In den ersten beiden Varianten wurden Hotspots verwendet, um die 360°-VR-Fotos zu verknüpfen und Informationen zu den Räumlichkeiten, medizinischen Geräten und klinischen Verfahren entweder als Textfelder (siehe Abbildung 2)

oder als Audiokommentare zu präsentieren. Im Hinblick auf Anderson und Krathwohls Revision der Bloomschen Taxonomie [16], [17] waren die angegebenen Informationen faktischer (diskrete Informationselemente, z. B. eine Definition von „nosokomial“), konzeptioneller (Zusammenhänge zwischen Informationselementen, z. B. funktionelle Organisation eines OP-Bereichs) und prozeduraler (Abfolge von Schritten, z. B. Ablauf einer chirurgischen Händedesinfektion) Natur. Die Hotspots, die als Piktogramme in Form von Sprechblasen und Megaphonen eingefügt wurden (siehe Abbildung 3), ließen sich nur einmal aktivieren. Die Länge der einzelnen Annotationen betrug im Durchschnitt 67,36 Wörter (SD=6,67), die mit einer mo-

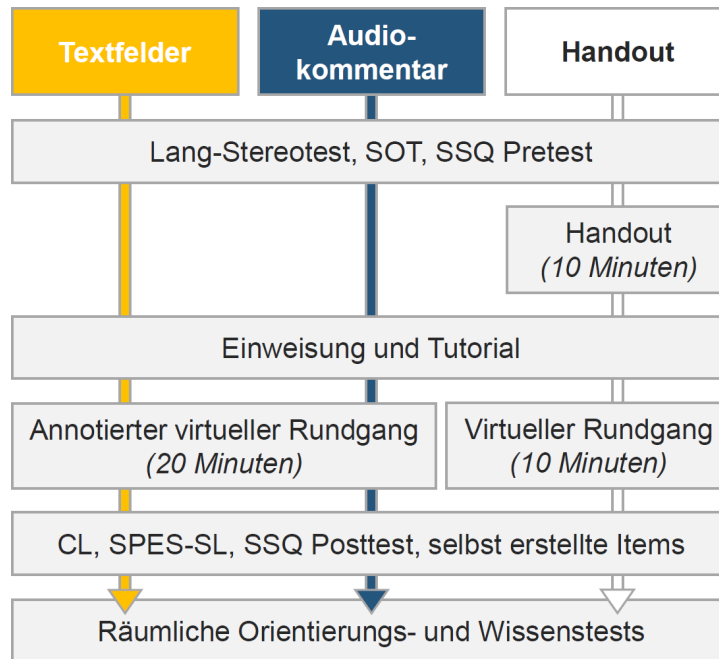


Abbildung 4: Versuchsaufbau und eingesetzte Instrumente. SOT=Spatial Orientation Test [40], SPES-SL=Spatial Presence Experience Scale – Selbstverortung [41], SSQ=Simulation Sickness Questionnaire [42], CL=Instrument zur Messung der kognitiven Belastung (cognitive load) von Klepsch et al. [43].

deraten Durchschnittsgeschwindigkeit von 2,46 Wörtern pro Sekunde ($SD=0,21$) verständlich aufgenommen wurden. Die Geschwindigkeit und Lautstärke der Audio-kommentare sowie die Schriftgröße, die von den Autoren als deutlich lesbar eingestuft wurde, konnten von den Teilnehmenden nicht verändert werden. In der dritten Variante (Kontrollvariante) wurden die gleichen Informationen nicht im virtuellen Rundgang eingebunden, sondern separat auf einem gedruckten Handout (H) zur Verfügung gestellt (siehe Anhang 1), das vor dem virtuellen Rundgang innerhalb eines Zeitlimits von 10 Minuten einmal gelesen werden sollte. Die Teilnehmenden wurden angewiesen, das Handout nicht erneut zu lesen, wenn sie vor Ablauf des Zeitlimits fertig wurden.

Die Studierenden erlebten den Rundgang über eine HTC Vive VR-Brille (1080x1200 Pixel pro Auge, 90 Bilder pro Sekunde, 110° Sichtfeld) (siehe Abbildung 2), die aus zwei getrennten Displays besteht, d. h. einem pro Auge. Stereoskopisches Sehen wurde erreicht, indem jede Szene mit einem leichten Versatz zwischen den beiden Displays angezeigt wurde. Die Studierenden aktivierten Hotspots und Namensschilder via Blicksteuerung, indem sie diese 1,5 Sekunden lang anschauten. Eingaben über einen Controller waren daher nicht erforderlich. Um sich mit der Technologie vertraut zu machen, absolvierten die Teilnehmenden ein kurzes Tutorial, bevor sie den virtuellen Rundgang durch den OP-Bereich begannen. Das Zeitlimit betrug 10 (Handout) bzw. 20 Minuten (annotiert). Die Zeitlimits unterschieden sich zwischen den Bedingungen, da die Annotation den virtuellen Rundgang im Vergleich zur Kontrollgruppe verlängerte. Wenn ein Student das Zeitlimit überschritt, wurde er einmalig aufgefordert, den Rundgang schnellstmöglich zu beenden. Vor und

nach dem virtuellen Rundgang wurden anhand von Tests und Fragebögen Daten erhoben (siehe Abbildung 4).

2.3. Instrumente

2.3.1. Wissenserwerb

Um den Wissenserwerb zu bewerten, wurde am Ende der Studie ein Wissenstest durchgeführt (siehe Anhang 2). Um bloßes Wiedererkennen zu vermeiden, bestand der Test aus 23 offenen Fragen ohne Auswahlmöglichkeiten. In Anlehnung an die kognitiven Verarbeitungsebenen nach Anderson und Krathwohl [16], [17] verlangten die Fragen von den Teilnehmenden, sich innerhalb eines Zeitlimits von 15 Minuten an die präsentierten Informationen zu erinnern (15 Fragen) oder zu demonstrieren, diese zu verstehen (8 Fragen). Im Wissenstest wurde nicht zwischen faktischen, konzeptionellen und prozeduralen Informationen differenziert, da die Kategorien nicht präzise genug unterschieden werden konnten. Bei verblinder Gruppenzuordnung wurden die Antworten der Teilnehmenden von zwei medizinischen Experten bewertet, die sich dabei an einem standardisierten Bewertungsschema orientierten (siehe Anhang 2). Einer dieser Experten ist Mitverfasser dieses Artikels. Nachdem sie die Antworten unabhängig voneinander bewertet hatten, diskutierten die Experten Diskrepanzen und erzielten auf der Grundlage des Bewertungsschemas einen Konsens. Die Punktzahlen wurden schließlich zu einem Gesamtwert zusammengefasst, wobei zwischen Erinnern mit einer Höchstpunktzahl von 41,5 und Verstehen mit einer Höchstpunktzahl von 23 Punkten unterschieden werden konnte.

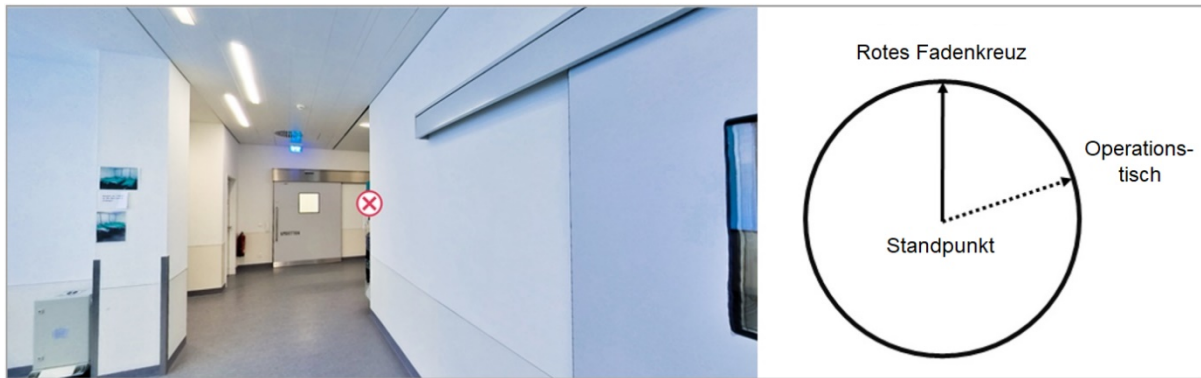


Abbildung 5: Test zur Selbstverortung als Aspekt der räumlichen Orientierung. Der Test wurde in Anlehnung an den Spatial Orientation Test (SOT) von Hegarty et al. entwickelt [40].

2.3.2. Räumliche Orientierung

Im Hinblick auf die räumliche Orientierung wurden zwei Faktoren gemessen. Die Leistung bei der Selbstverortung wurde mit einer individuell angepassten Version des Spatial Orientation Test (SOT) von Hegarty et al. gemessen [40]. Nach der Intervention wurden den Studierenden acht rechteckige Screenshots aus dem virtuellen Rundgang vorgelegt, die jeweils mit einem roten Fadenkreuz versehen waren, das ihre Blickrichtung markierte. Anhand dieses Referenzpunktes, der als Linie auf einem Blatt Papier abgebildet war, sollten die Teilnehmenden eine weitere Linie in die vermutete Richtung des zuvor gesehenen Operationstisches ziehen (siehe Abbildung 5). Die Winkelabweichungen zwischen den Antworten und den korrekten Richtungen wurden summiert und zu einem Durchschnittswert für die Selbstverortungsleistung gemittelt, wobei der Wert zwischen 0 und 180 liegen konnte. Je niedrigerer der Wert, desto besser die Leistung. Der zweite gemessene Aspekt der räumlichen Orientierung war die Objektverortung. Den Studierenden wurden zehn Ausschnitte des Gebäudeplans vorgelegt, auf denen verschiedene Teile des OP-Bereichs abgebildet waren. Die Studierenden wurden gebeten, aus jeweils sieben Positionsmöglichkeiten jeweils ein Objekt pro Ausschnitt auszuwählen. Richtige Antworten wurden zu einer Objektverortungsleistung mit einer Maximalpunktzahl von 10 aggregiert.

2.3.3. Benutzererfahrung

Zur Messung der Präsenz wurde eine autorisierte deutsche Übersetzung der Spatial Presence Experience Scale (SPES) eingesetzt [41]. Die Studierenden bewerteten drei Items zu ihrem Gefühl der physischen Präsenz auf einer Likert-Skala von 1 („Ich stimme überhaupt nicht zu“) bis 5 („Ich stimme vollkommen zu“). Ein SPES-Item, das sich auf beobachtbare Handlungen bezog, wurde ausgelassen, da 360°-VR-Fotos statisch sind.

Die Simulatorkrankheit wurde vor und nach dem virtuellen Rundgang mit dem SSQ (Simulation Sickness Questionnaire) gemessen [42]. Der SSQ-Gesamtwert, der als die Zunahme zwischen den beiden Messungen definiert wurde, drückt den Schweregrad der durch den virtuellen

Rundgang verursachten Simulatorkrankheit aus. Den Autoren zufolge weist ein Gesamtwert von 10 oder höher auf ein bedeutsames Maß an Unbehagen hin.

Die individuelle kognitive Belastung wurde unmittelbar nach dem virtuellen Rundgang gemessen. Nach der Cognitive Load Theory [36] kann die Anstrengung, Informationen im Arbeitsgedächtnis zu behalten, in drei verschiedene kognitive Belastungen eingeteilt werden. Während die „intrinsische Belastung“ durch die Komplexität und Neuartigkeit des Lernmaterials bestimmt wird, wird die „extrinsische Belastung“ durch eine ungünstige Präsentationsform auferlegt. Im Idealfall wird die extrinsische Belastung minimiert, um den kognitiven Lernprozess zu begünstigen, welcher wiederum die „lernbezogene Belastung“ darstellt. Alle drei Arten der kognitiven Belastung wurden anhand der deutschen Version des Instruments zur Messung der kognitiven Belastung von Klepsch et al. gemessen, das insgesamt sieben Items umfasst. Die Teilnehmenden bewerteten die Items auf einer Likert-Skala von 1 („Ich stimme überhaupt nicht zu“) bis 7 („Ich stimme vollkommen zu“) [43].

Darüber hinaus wurden die Teilnehmenden gebeten, den didaktischen Nutzen von 360°-VR-Fotos zu bewerten und Feedback zu ihrem virtuellen Rundgang zu geben (Vergnügen und bevorzugte Art der Annotation). Diese Items wurden entweder binär („ja“ oder „nein“) oder auf einer Likert-Skala von 1 („Ich stimme überhaupt nicht zu“) bis 5 („Ich stimme vollkommen zu“) bewertet.

2.3.4. Lernereigenschaften

Die räumliche Orientierungsfähigkeit der Teilnehmenden wurde anhand des unveränderten SOT [40] erhoben, der lediglich den Selbstverortungsaspekt der räumlichen Orientierung erfasst. Analog zu seiner angepassten Version (siehe Kapitel 2.3.2) liefert der unveränderte SOT eine durchschnittliche Abweichung in Grad (zwischen 0 und 180). Ein niedrigerer Wert deutet auf ein besseres räumliches Orientierungsvermögen hin. Darüber hinaus wurden Items zu soziodemografischen und Persönlichkeitsvariablen wie die Affinität zur Informationstechnologie (IT) und das Interesse an VR- und 360°-Medien selbst erstellt und mit Likert-Skalen von 1 („Ich stimme über-

haupt nicht zu“) bis 5 („Ich stimme vollkommen zu“) eingesetzt.

2.4. Statistische Auswertung

Basierend auf einer visuellen Analyse von Q-Q-Plots wurde für die gesammelten Daten Normalverteilung und Varianzhomogenität angenommen. Unterschiede in den Mittelwerten wurden daher mit *t*-Tests für unabhängige Stichproben und einfachen ANOVAs untersucht. Letztere wurden mit anschließenden LSD-Post-Hoc-Tests nach Fisher differenziert. Die Analysen waren zweiseitig und *p*-Werte unter 0,05 wurden als signifikant angesehen. Als Maß der Effektgrößen wurde das partielle Eta-Quadrat (η^2) für ANOVAs und Cohens *d* für *t*-Tests berechnet. Darüber hinaus wurden Binomialtests verwendet, um Beziehungen zwischen kategorialen Variablen zu untersuchen, während Zusammenhänge zwischen metrischen Variablen mit Pearson-Korrelationen getestet wurden.

3. Ergebnisse

3.1. Zeit

Für alle Teilnehmenden in der Kontrollgruppe reichten 10 Minuten aus, um das gesamte Handout zu lesen. Beim virtuellen Rundgang erreichte die Mehrheit der Teilnehmenden in der Handout- ($M=8,32$, $SD=2,09$) und in der Textfeld-Bedingung ($M=18,90$, $SD=4,26$) vor Ablauf des jeweiligen Zeitlimits von 10 bzw. 20 Minuten das Ende. Bei der Audiokommentar-Bedingung überschritten die meisten Teilnehmenden ihr Zeitlimit von 20 Minuten ($M=20,76$, $SD=2,50$) um durchschnittlich 2,20 Minuten ($SD=1,80$).

3.2. Wissenserwerb

Die mittlere Gesamtpunktzahl des Tests war in der Textfeld-Bedingung signifikant höher ($F(2,57)=5,13$, $p=0,009$, $\eta^2=0,15$) als in der Audiokommentar- ($p_{LSD}=0,003$) und der Handout-Bedingung ($p_{LSD}=0,042$) (siehe Abbildung 6). Die Gruppe, die den Text im virtuellen Rundgang las, schnitt auf beiden Ebenen der kognitiven Verarbeitung am besten ab. Allerdings war der Unterschied zwischen den annotierten Textfeldern und dem gedruckten Text der Handout-Bedingung bei Fragen, die das Verständnis prüfen, nicht signifikant ($p_{LSD}=0,195$). Obwohl die Teilnehmenden in der Audiokommentar-Bedingung schlechter abschnitten als die Teilnehmenden in der Textfeld-Bedingung, hielten sie die 360°-VR-Fotos für den Wissenserwerb besser geeignet ($t(39)=2,48$, $p=0,017$, $d=0,79$). Darüber hinaus glaubten 83% der Teilnehmenden, die die Informationen in annotierter Form gelernt hatten, dass das Erinnern im realen OP-Bereich durch die Integration der Informationen in den virtuellen Rundgang eher verbessert oder verbessert wird.

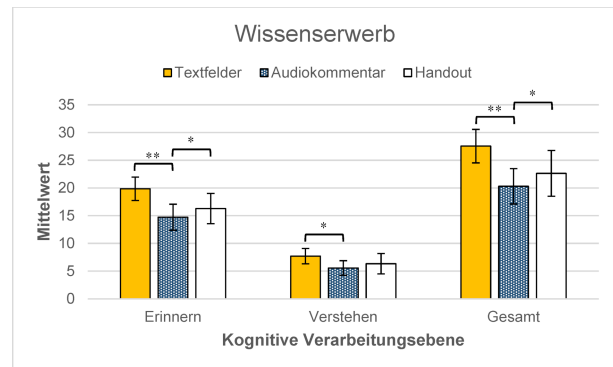


Abbildung 6: Mittelwertvergleiche des Wissenserwerbs. 95%-CI-Fehlerbalken. Sternchen kennzeichnen *p*-Werte von LSD-Post-hoc-Tests. Die Maximalwerte für Erinnern (41,5) und Verstehen von Wissen (23) ergeben eine maximale Gesamtpunktzahl von 64,5. * $p<0,05$. ** $p<0,01$. *** $p<0,001$

3.3. Räumliche Orientierung

Hinsichtlich der Leistung bei der Objektverortung ($F(2,58)=0,00$, $p=0,996$, $\eta^2=0,00$) (siehe Abbildung 7) und Selbstverortung ($F(2,58)=0,37$, $p=0,693$, $\eta^2=0,01$) (siehe Abbildung 8) wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede gefunden.

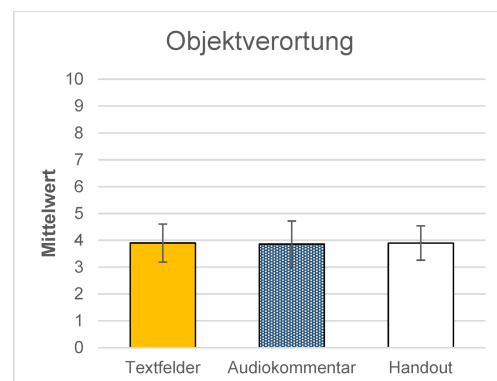


Abbildung 7: Mittelwertvergleiche der Objektverortung. Für die Objektverortung werden zwischen 0 und 10 Punkte vergeben, wobei 10 für die Höchstpunktzahl steht. 95%-CI-Fehlerbalken.

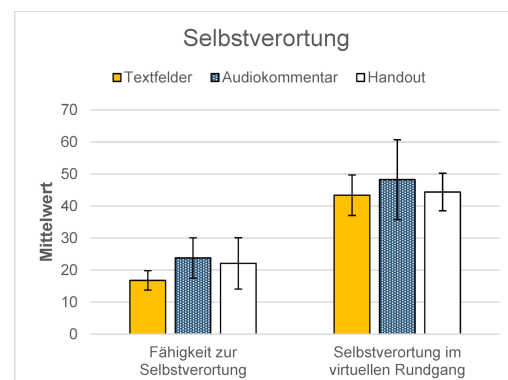


Abbildung 8: Mittelwertvergleiche der Selbstverortung. Die Selbstverortung liegt bei zwischen 0 und 180 Grad durchschnittlicher Abweichung, wobei ein geringerer Grad eine günstigere Bewertung darstellt. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen gab es nicht. 95%-CI-Fehlerbalken.

3.4. Benutzererfahrung

Bei der Simulatorkrankheit ($F(2,58)=0,38$, $p=0,69$, $\eta^2=0,01$) und bei der Präsenz ($F(2,58)=1,66$, $p=0,199$, $\eta^2=0,05$) wurden ebenfalls keine signifikanten Gruppenunterschiede gefunden. Beide Faktoren korrelierten auch nicht signifikant mit den Testergebnissen für Wissen und räumliche Orientierung, obwohl 28% aller Teilnehmenden ein bedeutsames Maß an Unbehagen empfanden. Auf deskriptiver Ebene wies die Audiokommentar-Bedingung ($M=4,32$, $SD=0,70$) jedoch eine höhere Präsenzbewertung auf als die Textfeld- ($M=3,85$, $SD=0,83$) und die Handout-Bedingung ($M=4,1$, $SD=0,92$) und wurde als weniger immersionsbrechend empfunden als Textfelder ($t(39)=1,80$, $p=0,080$, $d=0,56$).

Zwar wurden zwischen den beiden Annotations-Bedingungen keine signifikanten Unterschiede in der kognitiven Belastung gefunden, jedoch wurde die Audiokommentar-Bedingung insgesamt günstiger bewertet (siehe Tabelle 3). Gegenüber den anderen Bedingungen schnitt der Audiokommentar hinsichtlich des Vergnügens und des mutmaßlichen didaktischen Nutzens deskriptiv besser ab. Außerdem erwies sich das Lesen des Textes im virtuellen Rundgang als schwieriger als das akustische Verstehen des Audiokommentars ($t(39)=5,56$, $p<0,001$, $d=1,74$). Die Kontrollgruppe, die die Informationen vor dem virtuellen Rundgang auf einem gedruckten Handout (H) las, berichtete über eine deskriptiv höhere extrinsische Belastung und eine signifikant niedrigere lernbezogene Belastung ($F(2,58)=4,16$, $p=0,02$, $\eta^2=0,13$) als die Teilnehmenden der Audiokommentar-Bedingung (AK) ($p_{LSD}=0,014$) und der Textfeld-Bedingung (TB) ($p_{LSD}=0,017$). In Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen zeigten Binomialtests, dass die meisten Teilnehmenden es vorzogen, sich Wissen innerhalb des virtuellen Rundgangs anzueignen ($p_{TB}<0,001$; $p_{AK}<0,001$; $p_H=0,003$), wobei der Audiokommentar die bevorzugte Art der Annotation war (siehe Abbildung 9).

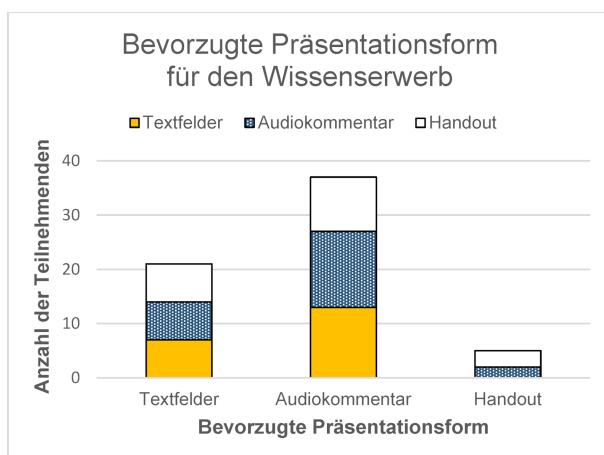


Abbildung 9: Gruppenvergleich der bevorzugten Präsentationsform.

3.5. Lernereigenschaften

Die Fähigkeit zur Selbstverortung (siehe Abbildung 8), die IT-Affinität, das Interesse an VR und 360°-Medien und die vorherige Nutzung von VR (siehe Tabelle 2) waren nicht mit der Leistung in den Wissens- und räumlichen Orientierungstests assoziiert. Das Interesse an VR und 360°-Medien korrelierte jedoch positiv mit dem Vergnügen ($r=0,37$, $p<0,001$), der Präsenz ($r=0,46$, $p<0,001$) und dem mutmaßlichen didaktischen Nutzen von 360°-VR-Fotos ($r=0,46$, $p<0,001$).

4. Diskussion

Mit Hilfe von 360°-VR-Fotos können medizinische Ausbilder immersive Einblicke in die regionale Praxis gewähren, um eine frühzeitige klinische Exposition zu ermöglichen. Um festzustellen, wie 360°-VR-Fotos lernförderlich eingesetzt und gestaltet werden können, wurden in dieser Studie drei Hypothesen getestet:

Hypothese 1: Der Einsatz von 360°-VR-Fotos als visuelle Referenz verbessert das Erinnern und das Verstehen von Informationen

Wie frühere Forschungsarbeiten nahelegten [21], [22], verbessert der Einsatz von 360°-VR-Fotos als visuelle Referenz den Wissenserwerb, wobei die Wahl der Annotationsform bedeutsam ist (siehe 3. Hypothese). Die subjektive Einschätzung der Studierenden bestätigt die Lernwirksamkeit von 360°-VR-Fotos. Die Mehrheit war der Meinung ist, dass die Fotos das spätere Erinnern im realen OP-Bereich erleichtern. Ähnlich wie bei früheren Untersuchungen zu 360°-VR-Videos [11], [18], [19] war das Vergnügen und der mutmaßliche didaktische Nutzen von 360°-VR-Fotos bei allen Varianten des virtuellen Rundgangs hoch. Ihre Anwendung für die frühzeitige klinische Exposition würde daher wahrscheinlich von den Studierenden begrüßt und je nach Gestaltung effektiv Informationen vermitteln.

Hypothese 2: Die Annotation von Textfeldern in 360°-VR-Fotos beeinträchtigt die räumliche Orientierung und Präsenz

Was die räumliche Orientierung und Präsenz betrifft, so beeinträchtigten Textfelder die Lernenden in keinem nennenswerten Umfang. Das ist unerwartet, da die Textfelder als immersionsbrechend empfunden wurden als die Audiokommentare. Eine Erklärung im Hinblick auf die Präsenz könnten fehlende Vergleichswerte sein, da 72% der Teilnehmenden noch keine VR-Erfahrung hatten. Da sie noch nie ein höheres Maß an Immersion erlebt hatten, könnten sie ihr Gefühl, sich im dargestellten OP-Bereich zu befinden, überschätzt haben [44]. Demnach haben Textfelder möglicherweise dennoch eine präsenzmindernde Wirkung, aber zumindest stört das weniger

Tabelle 3: Deskriptive Statistik der kognitiven Belastung und der subjektiven Einschätzungen

Gruppe	Intrinsische Belastung		Extrinsische Belastung		Lernbezogene Belastung		Gesamte kognitive Belastung		Vergnügen		Didaktischer Nutzen von 360°-VR-Fotos	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Textfelder	3,00	1,50	2,29	0,89	6,13	0,93	3,59	0,74	4,65	0,81	4,25	0,97
Audiokommentar	3,19	1,13	2,16	0,96	6,14	0,59	3,59	0,55	4,81	0,51	4,62	0,59
Handout (Kontrollgruppe)	3,30	1,70	2,72	1,15	5,25	1,62	3,61	1,06	4,70	0,73	4,40	0,94
Gesamt	3,16	1,44	2,39	1,02	5,84	1,18	3,60	0,79	4,72	0,69	4,43	0,85

Anmerkung: Das Instrument zur Messung der kognitiven Belastung von Klepsch et al. [43] stützt sich auf eine Likert-Skala von 1 („Ich stimme überhaupt nicht zu“) bis 7 („Ich stimme vollkommen zu“). Das Vergnügen und der didaktische Nutzen von 360°-VR-Fotos wurden hingegen auf einer Skala von 1 („Ich stimme überhaupt nicht zu“) bis 5 („Ich stimme vollkommen zu“) bewertet.

erfahrene VR-Nutzer nicht. In Bezug auf die räumliche Orientierung scheint das Lesen kein Hindernis zu sein, solange die Lernenden noch genügend Zeit haben, die 360°-VR-Fotos zu erkunden.

Hypothese 3: Annotierte Audiokommentare sind annotierten Textfeldern in Bezug auf die kognitive Belastung und den Wissenserwerb überlegen

Nach dem Modalitätsprinzip [35] sollten Textfelder im Vergleich zu Audiokommentaren zu einer höheren extrinsischen Belastung und einem geringeren Lerneffekt führen. Die Ergebnisse des Wissenstests widersprechen dieser Vorhersage jedoch, obwohl die Teilnehmenden in der Textfeld-Bedingung aufgrund der fehlenden Famlatur und ihres durchschnittlich niedrigeren Semesters potenziell benachteiligt waren. Die Textfelder übertrafen die Audiokommentare und die Handout-Bedingung sowohl in Bezug auf das Erinnern als auch das Verstehen. Obwohl sie die meiste Zeit im virtuellen Rundgang verbrachten, erzielten die Teilnehmenden in der Audiokommentar-Bedingung im Durchschnitt die schlechtesten Testergebnisse. Dieses unerwartete Ergebnis lässt sich durch den Lerninhalt erklären. Zum einen war der visuelle Bezug möglicherweise nicht wesentlich genug für das Verstehen der präsentierten Informationen. Das Modalitätsprinzip greift, wenn zwei Informationsquellen gleichzeitig verarbeitet und mental integriert werden müssen [35]. Wenn die Studierenden die dargestellte Umgebung weitgehend ignorieren und sich auf das Lesen konzentrieren konnten, führten die Textfelder vermutlich nicht zu einer kognitiven Überlastung. Zum anderen konnten die Textfelder wiederholt gelesen werden, solange der Hotspot aktiviert war, während die Audiokommentare nur einmalig abgespielt wurden. Dieser Vorteil kommt laut Leahy und Sweller [45] besonders bei umfangreichem Material zum Tragen. Die Studierenden hatten möglicherweise Mühe, die durchschnittlich 67 Wörter angemessen zu verarbeiten, bevor die Audiokommentare endeten. Das Ergebnis, dass Audiokommentare für den Wissenserwerb nachteilig sind,

gilt somit vermutlich nur für lange Texte, die nicht in schriftlicher Form zugänglich sind.

Diese Erklärungen werden nicht durch die durchgeführten Messungen zur kognitiven Belastung gestützt. Dieser Widerspruch ist wahrscheinlich auf die subjektive Natur der Selbstauskunft zurückzuführen. Möglicherweise sind die Lernenden nicht in der Lage, die drei Arten der kognitiven Belastung zu unterscheiden und haben unterschiedliche interne Standards für die Bewertung der kognitiven Belastung [46], [47]. Diese Annahme wird durch die signifikant höhere extrinsische Belastung in der Handout-Bedingung gestützt. Ohne Annotationen konnten sich die Studierenden ausschließlich auf die räumliche Orientierung konzentrieren. Der Theorie nach hätte dies zu einer geringeren extrinsischen Belastung führen müssen. Was die anderen Faktoren der Benutzererfahrung betrifft, so war der Audiokommentar auf deskriptiver Ebene die bevorzugte Option. Die Studierenden in der Audiokommentar-Bedingung berichteten, dass sie sich präsenter fühlten und mehr Spaß hatten. Auch wenn der virtuelle Rundgang dadurch länger dauerte, würden die meisten den Audiokommentar den Textfeldern und einem Handout vorziehen. Audiokommentare sind daher zu empfehlen, wenn der Wissenserwerb nicht im Vordergrund steht oder die Informationen zusätzlich in schriftlicher Form zugänglich sind.

In allen Bedingungen litten fast ein Drittel der teilnehmenden Studierenden unter der Simulatorkrankheit, was aber weder das Lernen noch die räumliche Orientierung beeinträchtigte. Die relativ hohe Prävalenz könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich die Studierenden in den 360°-VR-Fotos nicht selber sahen und in der Luft zu schweben schienen. Wenn die Lernenden als virtuelle Avatare dargestellt würden, könnte die Prävalenz der Simulatorkrankheit abnehmen. Hinsichtlich der gemessenen Lernereigenschaften konnte keine Determinante für die Wirksamkeit von 360°-VR-Fotos für den Wissenserwerb und die räumliche Orientierung gefunden werden. Allerdings tauchen Studierende mit Interesse an VR und 360°-Medien tendenziell mehr in 360°-VR-Fotos ein, haben mehr Spaß daran und schreiben ihnen einen größeren didaktischen Nutzen zu. Diese Ergebnisse decken sich mit denen früherer Untersuchungen und deuten

darauf hin, dass eine stärkere Anwendung von 360°-VR-Fotos in der medizinischen Ausbildung zu einer höheren Nachfrage und Wertschätzung des Mediums führen würde [30], [31], [32], [33].

Natürlich müssen die Ergebnisse dieser Studie angesichts ihrer Limitationen interpretiert werden. Abgesehen von [21] wurde der Kombination von 360°-Fotos und VR-Brillen in der Forschung bisher wenig Beachtung geschenkt. Um die Ergebnisse zu validieren, müssen sie mit diskret messbaren Wissenskategorien und größeren Stichproben, die eine höhere Varianz in der Vertrautheit mit VR aufweisen, repliziert werden. Außerdem wurden die räumlichen Orientierungs- und Wissenstests kurz nach dem virtuellen Rundgang durchgeführt. Die Ergebnisse belegen daher nur die kurzfristige Wirksamkeit von 360°-VR-Fotos. Zu guter Letzt hätte eine physiologische Messung der kognitiven Belastung mittels EEG und Eye-Tracking in den VR-Brillen geholfen, die Ergebnisse schlüssiger zu erklären [48], [49]. Zukünftige Studien sollten diese Methoden nutzen, um weitergehend zu untersuchen, wie kognitive Kapazitäten in 360°-VR-Fotos gelenkt und effizient genutzt werden können. Dabei sollte auch die Qualität der Annotationen berücksichtigt werden. Neben der Länge könnte die Lernerfahrung auch durch die Geschwindigkeit oder Lautstärke der Audiokommentare beeinflusst werden. Darüber hinaus sollte die Wirksamkeit von 360°-VR-Fotos mit realen Lernszenarien verglichen werden, z. B. mit einer persönlichen Führung durch den OP-Bereich.

5. Schlussfolgerung

360°-VR-Fotos sind eine niedrigschwellige und kostengünstige Möglichkeit, die klinische Exposition in den frühen Phasen der medizinischen Ausbildung zu fördern. Das Medium gewährt nicht nur immersive Einblicke in den klinischen Alltag, sondern kann auch Informationen und ein Gefühl der räumlichen Orientierung effektiv in einem Lernszenario vermitteln. Während ihr Einsatz bei Studierenden generell gut ankommt, tauchen diejenigen, die sich für VR und 360°-Medien interessieren stärker in die 360°-VR-Fotos ein, haben mehr Spaß daran und schreiben ihnen einen höheren didaktischen Nutzen zu. Entgegen der Erwartung der Autoren wird die ideale Art der Annotation nicht durch das Modalitätsprinzip nach Mayer vorgeschrieben. Für Informationen wie die in dieser Studie eignen sich Textfelder besser zum Wissenserwerb als die subjektiv bevorzugten Audiokommentare. Dieses Ergebnis ist jedoch wahrscheinlich von der Länge und Qualität des Textes abhängig. Um Randbedingungen zu identifizieren und die Ergebnisse zu validieren, sind weitere Untersuchungen zur Gestaltung und pädagogischen Nutzung von 360°-VR-Fotos erforderlich.

Anmerkungen

Einzelheiten zur Finanzierung

Diese Arbeit wurde von der AG Lehrforschung der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm unterstützt.

Ethikkommission

Die Ethikkommission der Universität Ulm entschied, dass die Studie weder einer rechtlichen noch einer ethischen Genehmigung bedarf.

Interessenkonflikt

Die Autor*innen erklären, dass sie keinen Interessenkonflikt im Zusammenhang mit diesem Artikel haben.

Anhänge

Verfügbar unter <https://doi.org/10.3205/zma001590>

1. Anhang_1.pdf (139 KB)
Handout
2. Anhang_2.pdf (155 KB)
Wissenstest und Bewertungsschema

Literatur

1. Shah CJ. Early clinical exposure- Why and how? J Educ Technol Health Sci. 2020;5(1):2-7. DOI: 10.18231/2393-8005.2018.0002
2. Association of American Medical Colleges (AAMC). Applicants, Matriculants, and Enrollment of U.S. Medical Schools, 1980-1981 through 2020-2021. Washington (DC): AAMC; 2022. Zugänglich unter/available from: <https://www.aamc.org/media/37836/download?attachment>
3. Statista. Anzahl der Studierenden im Fach Humanmedizin in Deutschland nach Geschlecht in den Wintersemestern von 2007/2008 bis 2020/2021. Hamburg: Statista; 2021. Zugänglich unter/available from: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/200758/umfrage/entwicklung-der-anzahl-der-medizinstudenten/>
4. Speidel R, Schneider A, Körner J, Grab-Kroll C, Öchsner W. Did video kill the XR star? Digital trends in medical education before and after the COVID-19 outbreak from the perspective of students and lecturers from the faculty of medicine at the University of Ulm. GMS J Med Educ. 2021;38(6):Doc101. DOI: 10.3205/ZMA001497
5. Bryson S. Call for Participation. IEEE Symposium on Research Frontiers in Virtual Reality, October 25-26 1993, Red Lion Inn, San Jose, CA. 1993. Zugänglich unter/available from: <https://groups.google.com/g/comp.graphics.visualization/c/V6bxB5-bJKY>
6. Slater M. A note on presence terminology. Presence Conn. 2003;3(3):1-5.
7. Chirico A, Gaggioli A. When Virtual Feels Real: Comparing Emotional Responses and Presence in Virtual and Natural Environments. Cyberpsychol Behav Soc Netw. 2019;22(3):220-226. DOI: 10.1089/cyber.2018.0393

8. Brivio E, Serino S, Negro Cousa E, Zini A, Riva G, de Leo G. Virtual reality and 360° panorama technology: a media comparison to study changes in sense of presence, anxiety, and positive emotions. *Virtual Real.* 2021;25(2):303-311. DOI: 10.1007/s10055-020-00453-7
9. Milgram P, Takemura H, Utsumi A, Kishino F. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In: Das H, editor. *SPIE Proceedings: Telemanipulator and Telepresence Technologies*. Vol. 2351. SPIE Digital Library; 1995. p.282-292. Zugänglich unter/available from: <https://spie.org/Publications/Proceedings/Volume/2351?SSO=1>
10. Bertel T, Yuan M, Lindroos R, Richardt C. OmniPhotos: casual 360° VR photography. *ACM Trans Graph.* 2020;39(6):1-12. DOI: 10.1145/3414685.3417770
11. Snelson C, Hsu YC. Educational 360-Degree Videos in Virtual Reality: a Scoping Review of the Emerging Research. *TechTrends.* 2020;64(3):404-412. DOI: 10.1007/s11528-019-00474-3
12. Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P, Vseteckova J, Nikolaou CK, George PP, Divakar U, Masiello I, Kononowicz AA, Zary N, Tudor Car L. Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. *J Med Internet Res.* 2019;21(1):e12959. DOI: 10.2196/12959
13. Pourmand A, Davis S, Lee D, Barber S, Sikka N. Emerging Utility of Virtual Reality as a Multidisciplinary Tool in Clinical Medicine. *Games Health J.* 2017;6(5):263-270. DOI: 10.1089/g4h.2017.0046
14. Chavez B, Bayona S. Virtual Reality in the Learning Process. In: Rocha Á, Adeli H, Reis LP, Costanzo S, editors. *Trends and Advances in Information Systems and Technologies*. Vol. 746. Cham: Springer International Publishing; 2018. p.1345-1356.
15. Buttussi F, Chittaro L. Effects of Different Types of Virtual Reality Display on Presence and Learning in a Safety Training Scenario. *IEEE Trans Vis Comput Graph.* 2018;24(2):1063-1076. DOI: 10.1109/TVCG.2017.2653117
16. Anderson LW, Krathwohl DR. A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. London: Longman; 2001.
17. Bloom BS, Engelhart MD, Furst EJ, Hill WH, Krathwohl DR. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. London: Longman; 1956.
18. Lee SH, Sergueeva K, Catangui M, Kandaurova M. Assessing Google Cardboard virtual reality as a content delivery system in business classrooms. *J Educ Bus.* 2017;92(4):153-160. DOI: 10.1080/08832323.2017.1308308
19. Harrington CM, Kavanagh DO, Wright-Ballester G, Dicker P, Traynor O, Hill A, Tierney S. 360degree Operative Videos: A Randomised Cross-Over Study Evaluating Attentiveness and Information Retention. *J Surg Educ.* 2018;75(4):993-1000. DOI: 10.1016/j.jsurg.2017.10.010
20. Ulrich F, Helms NH, Frandsen UP, Rafn AV. Learning effectiveness of 360° video: experiences from a controlled experiment in healthcare education. *Interact Learn Environ.* 2019;3(2):1-14. DOI: 10.1080/10494820.2019.1579234
21. Kim JS, Leatham T, Liu J. Comparing Virtual Reality Modalities and 360° Photography in a Construction Management Classroom. In: 55th ASC Annual International Conference Proceedings. 2019. p.221-228.
22. Krokos E, Plaisant C, Varshney A. Virtual memory palaces: immersion aids recall. *Virtual Real.* 2019;23(1):1-15. DOI: 10.1007/s10055-018-0346-3
23. Rieser JJ, Narasimham G, Erdemir A. Spatial Orientation. In: Ramachandran VS, editor. *Encyclopedia of human behavior*. 2nd ed. Burlington, MA: Elsevier/Academic Press; 2012. p.519-524.
24. Napieralski PE, Altenhoff BM, Bertrand JW, Long LO, Babu SV, Pagano CC, Davis TA. An evaluation of immersive viewing on spatial knowledge acquisition in spherical panoramic environments. *Virtual Real.* 2014;18:189-201. DOI: 10.1007/s10055-014-0245-1
25. Zhao J, Sensibaugh T, Bodenheimer B, McNamara TP, Nazareth A, Newcombe N, Minear M, Klippel A. Desktop versus immersive virtual environments: effects on spatial learning. *Spat Cogn Comput.* 2020;20(4):328-363. DOI: 10.1080/13875868.2020.1817925
26. Aronov D, Tank DW. Engagement of Neural Circuits Underlying 2D Spatial Navigation in a Rodent Virtual Reality System. *Neuron.* 2014;84(2):442-456. DOI: 10.1016/j.neuron.2014.08.042
27. Cherep LA, Lim AF, Kelly JW, Acharya D, Velasco A, Bustamante E, Ostrander AG, Gilbert SB. Spatial cognitive implications of teleporting through virtual environments. *J Exp Psychol Appl.* 2020;26(3):480-492. DOI: 10.1037/xap0000263
28. Chrostil ER, Warren WH. Active and passive contributions to spatial learning. *Psychon Bull Rev.* 2012;19(1):1-23. DOI: 10.3758/s13423-011-0182-x
29. Riecke BE, Bodenheimer B, McNamara TP, Williams B, Peng P, Feuereissen D. Do We Need to Walk for Effective Virtual Reality Navigation? Physical Rotations Alone May Suffice. In: Hölcher C, editor. *Spatial cognition*. Vol. 6222. Berlin: Springer; 2010. p.234-247.
30. Manis KT, Choi D. The virtual reality hardware acceptance model (VR-HAM): Extending and individuating the technology acceptance model (TAM) for virtual reality hardware. *J Bus Res.* 2019;100:503-513. DOI: 10.1016/j.jbusres.2018.10.021
31. Freitag S, Weyers B, Kuhlen TW. Examining Rotation Gain in CAVE-like Virtual Environments. *IEEE Trans Vis Comput Graph.* 2016;22(4):1462-1471. DOI: 10.1109/TVCG.2016.2518298
32. Shen CW, Ho JT, Ly PT, Kuo TC. Behavioural intentions of using virtual reality in learning: perspectives of acceptance of information technology and learning style. *Virtual Real.* 2019;23:313-324. DOI: 10.1007/s10055-018-0348-1
33. Weisflog W, Böckel A. Ein studentischer Blick auf den Digital Turn: Auswertung einer bundesweiten Befragung von Studierenden für Studierende. *Hochschulforum Digitalisierung.* 2020;54:1-34. Zugänglich unter/available from: https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_54_Studierendenbefragung.pdf
34. Chang E, Kim HT, Yoo B. Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. *Int J Human Comput Inter.* 2020;36(17):1658-1682. DOI: 10.1080/10447318.2020.1778351
35. Mayer R. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press; 2014. DOI: 10.1017/CBO9781139547369
36. Sweller J. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learn Instruct.* 1994;4(4):295-312. DOI: 10.1016/0959-4752(94)90003-5
37. Mayer RE. Using multimedia for e-learning. *J Comp Ass Learn.* 2017;33(5):403-423. DOI: 10.1111/jcal.12197
38. Cierniak G, Scheiter K, Gerjets P. Explaining the split-attention effect: Is the reduction of extraneous cognitive load accompanied by an increase in germane cognitive load? *Comp Human Behav.* 2009;25(2):315-324. DOI: 10.1016/j.chb.2008.12.020
39. Lang JI, Lang TJ. Eye Screening with the Lang Stereotest. *Am Orth J.* 1988;38(1):48-50. DOI: 10.1080/0065955X.1988.11981769
40. Hegarty M. A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence.* 2004;32(2):175-191. DOI: 10.1016/j.intell.2003.12.001

41. Hartmann T, Wirth W, Schramm H, Klimmt C, Vorderer P, Gysbers A, Böcking S, Ravaja N, Laarni J, Saari T, Gouveia F, Sacau AM. The Spatial Presence Experience Scale (SPES). *J Media Psychol.* 2016;28(1):1-15. DOI: 10.1027/1864-1105/a000137
42. Kennedy RS, Lane NE, Berbaum KS, Lilienthal MG. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *Int J Aviat Psychol.* 1993;3(3):203-220. DOI: 10.1207/s15327108ijap0303_3
43. Klepsch M, Schmitz F, Seufert T. Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Front Psychol.* 2017;8:1997. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01997
44. Freeman J, Avons SE, Pearson DE, IJsselstein WA. Effects of Sensory Information and Prior Experience on Direct Subjective Ratings of Presence. *Presence (Camb).* 1999;8(1):1-13. DOI: 10.1162/105474699566017
45. Leahy W, Sweller J. Cognitive load theory, modality of presentation and the transient information effect. *Appl Cogn Psychol.* 2011;25:943-951. DOI: 10.1002/acp.1787
46. Bjork RA. Memory and Metamemory Considerations in the Training of Human Beings. In: Metcalfe J, Shimamura AP, editors. *Metacognition.* The MIT Press; 1994.
47. de Jong T. Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instr Sci.* 2010;38(2):105-134. DOI: 10.1007/s11251-009-9110-0
48. Clay V, König P, König S. Eye Tracking in Virtual Reality. *J Eye Mov Res.* 2019;12(1). DOI: 10.16910/jemr.12.1.3
49. Makransky G, Terkildsen TS, Mayer RE. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learn Instruct.* 2019;60:225-236. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2017.12.007

Korrespondenzadresse:

Robert Speidel
 Universität Ulm, Medizinische Fakultät,
 Dekanatsverwaltung, Bereich Studium und Lehre,
 Kompetenzzentrum eEducation in der Medizin BW,
 Meyerhofstr. M28-TTU, 89081 Ulm, Deutschland, Tel.:
 +49 (0)731/5033-685
 robert.speidel@uni-ulm.de

Bitte zitieren als

Speidel R, Schneider A, Walter S, Grab-Kroll C, Oechsner W. Immersive medium for early clinical exposure – knowledge acquisition, spatial orientation and the unexpected role of annotation in 360° VR photos. *GMS J Med Educ.* 2023;40(1):Doc8. DOI: 10.3205/zma001590, URN: urn:nbn:de:0183-zma0015902

Artikel online frei zugänglich unter

<https://doi.org/10.3205/zma001590>

Eingereicht: 23.12.2021

Überarbeitet: 28.10.2022

Angenommen: 08.11.2022

Veröffentlicht: 15.02.2023

Copyright

©2023 Speidel et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.