

Current use of virtual reality in medical education in Germany, Austria, and Switzerland: Results of an online survey among medical faculties

Abstract

Introduction: Virtual Reality (VR) is playing an increasingly important role in medical education and training by enabling realistic and immersive learning environments. However, a comprehensive overview of how VR is implemented at medical faculties in German-speaking countries (“DACH region”) is still lacking. This article aims to close this gap by providing an overview of the current use of VR at medical faculties in the region, with a particular focus on immersive VR applications and the use of Head-Mounted Displays (HMDs).

Methods: To investigate the use of VR, an online survey was sent to 53 medical faculties in the DACH region. The questionnaire, which was created by a consensus of experts, collected data on VR use, technical implementation and financing in addition to demographic information. The data were analysed descriptively using SPSS.

Results: A total of 36 faculties (68% of DACH institutions) participated in the survey. 56% already use HMD-based VR in teaching, 11% are planning to do so. The most common goals of using VR include preparation for clinical practice and training in procedures or rare and high-risk situations. Funding sources include third-party and institutional funding, with commercially licensed applications being the most commonly used software. Technical implementation varies, and VR headsets are mostly used in specially adapted rooms.

Discussion: The spread of VR is inhomogeneous. The main challenges relate to financing, technical infrastructure and concerns about data protection. There is currently no standardised and accessible platform for the networking and visibility of VR projects in the DACH region.

Conclusion: Just over half of the faculties surveyed are already using VR, while others are planning to implement it. Networking and standardized evaluations are necessary to establish VR in medical teaching. The VR Working Group (VR-AG) of the DACH Association for Medical Education (GMA) provides a useful basis for this. In addition, further studies are needed to evaluate the long-term learning effects and practical applicability of VR applications.

Keywords: medical education, virtual reality, educational technology, immersive learning environments

Marie-Christin
Willemer¹

Marcel Meyerheim²

Marvin Mergen²

Henriette Schulze³

Tanja Joan Eiler⁴

Lukas Mayer⁵

Bernd F. M. Romeike⁶

Ole Hätscher^{3,7}

Robert Speidel⁸

Anna Junga³

1 TUD Dresden University of Technology, Carl Gustav Carus Faculty of Medicine, Institute of Medical Education, Medical Interprofessional Training Center (MITZ), Dresden, Germany

2 Saarland University, Department of Paediatric Oncology and Haematology, Homburg, Germany

3 University of Münster, Institute of Education and Student Affairs, Münster, Germany

4 University of Siegen, Faculty of Life Sciences, Department of Psychology, Siegen, Germany

5 Flensburg University of Applied Sciences, Center for Interaction, Visualization and Usability (CIVU), Flensburg, Germany

6 University Medical Center Rostock, Dean's Office for Student's Affairs, Division of Medical Education, Rostock, Germany

7 University of Münster, Department of Psychological Assessment and Personality

Psychology, Münster,
Germany

8 University of Ulm, Faculty of
Medicine, Office of the Dean
of Studies, Competence
Center eEducation in
Medicine, Ulm, Germany

1. Introduction

The integration of Virtual Reality (VR) into medical education and training has gained increasing importance in recent years. VR offers an innovative opportunity to impart medical knowledge, train skills and promote competencies through immersive and interactive environments [1]. VR is particularly suitable as a learning scenario in dangerous or rare situations, as these are otherwise difficult to simulate [2], [3], [4]. Even topics that are difficult to approach (e.g. intimate examinations, post-mortem examination) or rare diseases can be taught in a practical way. VR also enables asynchronous learning independent of teaching staff, which can save resources [5], [6], [7].

In addition to practising operational skills, Non-Technical Skills (NTS) such as communication, critical thinking and clinical decision-making are also trained in VR [8]. For educational research, VR offers a simple way of modelling and analysing social and cognitive behaviours [9].

Scientific approaches examining the learning impact of VR applications are receiving increasing attention. The results of studies have shown that training sessions in VR lead to an improvement in surgical skills in the operating theatre [10]. A systematic review and a meta-analysis show positive effects of VR applications on learning and student performance as well as their superiority over conventional teaching methods [11], [12].

Medical students also see great benefits in VR, particularly in surgery, emergency medicine and anatomy. They would like to see it integrated into the medical curriculum [13], [14].

Although there are international overview articles on areas of application, e.g. [15], [16], [17], and the range of German-language VR software has increased [18], [19], [20], an overview of university and commercial VR applications in German-speaking region (DACH region) has been lacking so far. The aim of this study is to assess and descriptively present the use and technical implementation of VR at medical faculties in the DACH region through an online survey. The focus is on immersive VR and head-mounted displays (HMDs). Although there are already efforts in other healthcare professions to include VR in training [21], [22], this initial survey should primarily look at the distribution at medical faculties. An expansion of this can be addressed in a follow-up study.

2. Method

2.1. Development of the questionnaire

To capture the current use of VR in medical teaching at the various medical faculties in the DACH region, an online survey was conducted using a questionnaire. The questionnaire was created by a focus group consisting of members of the interdisciplinary VR Working Group (VR-AG) of the GMA-committee for "Digitisation – Technology-supported Learning and Teaching" of the DACH Association for Medical Education (GMA), which was founded in March 2022. The development of the questionnaire went through several rounds of feedback to take all relevant aspects into account and to ensure that the questions were uniformly comprehensible. The questionnaire (see attachment 1, only in German) covered the following areas:

- Personal and location-related information provided by respondents
- General information on the use of VR
 - Current status
 - Reasons for implementation
 - Intended goals
- Technical implementation
- Didactic scenarios
- VR research areas and networks
- Funding and promotion of VR

The use of VR focused on immersive applications in which Head-Mounted Displays (HMDs) are used. VR headsets using smartphones as displays were excluded, which was referred to in the questionnaire. Depending on the type of VR use, up to 45 questions could be answered. The questions were formulated as closed and open questions, with single-choice, multiple-choice and free-text response formats. They were then transferred to the online survey platform LimeSurvey [<https://www.limesurvey.org/de>] and made available as a link and via QR code.

2.2. Collection of data

The online survey was launched in April 2023. A cover letter with access to the questionnaire and the objective of the status quo survey was emailed to 50 medical faculties in German-speaking countries: 41 in Germany, 5

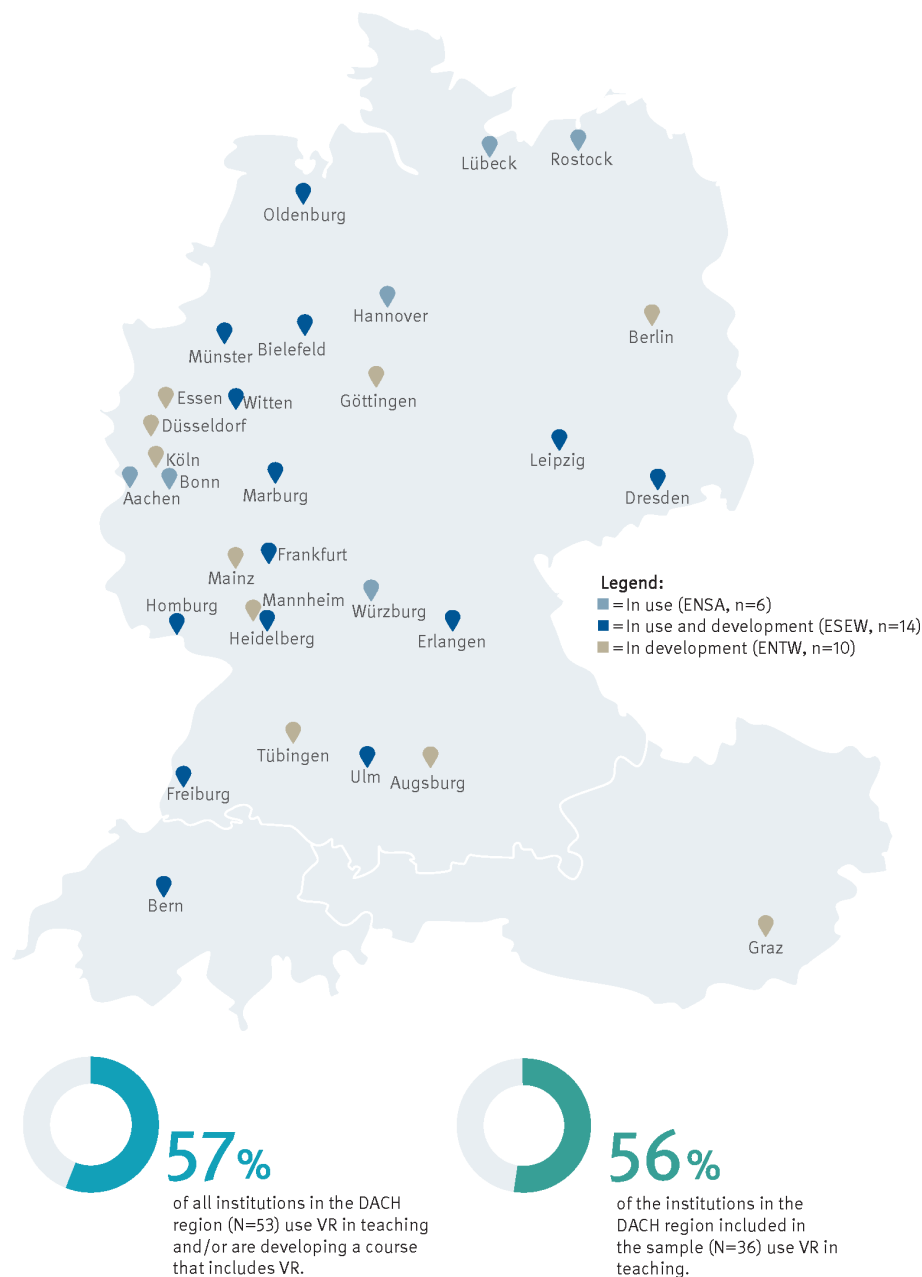


Figure 1: Use and Development of VR in medical education in the DACH region

ENSA=In use without development, ESEW=In use and development, ENTW=In development without prior use

in Austria and 4 in Switzerland. In addition, a call for participation including a link to the survey was published in the GMA newsletter in April 2023, accessible to all universities. The data collection was completed in June 2023. Participation in the survey was voluntary.

2.3. Data processing and analysis

The data were transferred to SPSS Statistics Version 29.0.0. (International Business Machines, IBM, Armonk, New York, USA). Multiple responses from individual faculties were combined. The responses were analysed using descriptive statistics and evaluated in terms of both absolute and relative frequencies. Personal details of the respondents were only used to ask questions if necessary.

3. Results

3.1. Response rate

A total of 53 responses were received in the study, 5 of which did not contain any location-specific or other information and were therefore removed from the data collected. Of the 48 remaining responses, some were summarized because several locations (Bern, Dresden, Freiburg, Göttingen, Hanover, Heidelberg, Lübeck, Münster, and Witten) submitted a few individual project responses, which we combined as described in the Methods section. Ultimately, feedback from 68% (36 of 53) of the DACH locations offering medical studies could be evaluated (see figure 1). The responses cover 73% (32 out of 44) of the locations in Germany, 40% (2 out of 5) of the loca-

Table 1: Objectives for using VR in teaching

	In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW (n=10)	Planned use NOVR (n=4)
Improvement/Further development of current teaching	20 (100%)	10 (100%)	4 (100%)
Enhancing the practical relevance of training	19 (95%)	8 (80%)	2 (50%)
Introducing new learning content	16 (80%)	9 (90%)	1 (25%)
Preparing students for the clinical use of VR	7 (35%)	4 (40%)	1 (25%)
Increasing the attractiveness of the institution for students	11 (55%)	5 (50%)	1 (25%)
Meeting legal requirements (e.g., NKLM)	3 (15%)	1 (10%)	1 (25%)
Other	6 (30%)	1 (10%)	0

Note: Multiple responses possible

Table 2: Reasons for using VR in teaching

	In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW (n=10)
Personal interest	15 (75%)	9 (90%)
Educational potential	19 (95%)	9 (90%)
Directive from supervisors	2 (10%)	1 (10%)
Project funding	7 (35%)	3 (30%)
Requirement due to legal regulations (e. g. new licensing regulations)	1 (5%)	1 (10%)
Other	3 (15%)	3 (30%)

Note: Multiple responses possible

tions in Austria and 50% (2 out of 4) of the locations in Switzerland.

3.2. Status of Implementation

As shown in figure 1, 56% (20 out of 36) of the locations stated that they already use HMD-supported VR applications in medical education. These 20 locations can be divided into 2 groups: 6 locations are using VR in teaching but are not currently developing any new courses with VR components (in use without development: **Einsatz ohne Entwicklung** – [ENSA]) and 14 locations are both using and developing VR-based courses (in use and development: Standort mit **Einsatz & Entwicklung** von VR – [ESEW]). In addition, 28% (10 out of 36) of the locations are not yet using VR in teaching but are developing corresponding courses (in development without prior use: **Entwicklung ohne bisherigen Einsatz** – [ENTW]). The remaining 16% (6 out of 36) are neither using VR nor developing it, but 4 of these plans to use HMD-supported VR in teaching in the future (**no VR**: NOVR). A lack of funding or an unfavourable cost-benefit ratio were mentioned three times as reasons for not planning to use VR.

3.3. Objectives and reasons for the use of VR in teaching

The objectives shown in table 1 and the reasons for using VR shown in table 2 include feedback on existing use (ENSA, ESEW) as well as development (ENTW) and planned use (NOVR).

In addition, objectives and reasons such as alternatives to internships during the pandemic, research on the topic of VR, earlier practical exposure, exposure to IT and technical developments, resource optimisation, preparation of students for clinical encounters, internalisation of procedures, interprofessional communication, rapid action in emergency situations and access to restricted areas were also mentioned. A digitalisation project in Baden-Württemberg was mentioned in the ENTW.

3.4. Funding sources

Table 3 provides an overview of funding for VR projects in medical teaching. The mentioned funding sources include institutional funds, contracts with commercial providers, and private funds that are to be replaced by third-party funds. Other sources of third-party funding include the Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF; Federal Ministry of Education and Research), state min-

Table 3: Funding sources for costs related to the use/development of VR in teaching

		In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW (n=10)
Funding for hardware purchase, licensing, and software development	Third-party funding	17 (85%)	2 (20%)
	Medical faculty/university budget	8 (40%)	6 (60%)
	University hospital budget	4 (20%)	0
	External cooperation partner's budget	1 (5%)	1 (10%)
	Federal state funding for teaching (e.g., special medical programs)	7 (35%)	0
	Other	4 (20%)	3 (30%)
	Has not yet been decided	-	2 (20%)
Funding for ongoing costs of VR in teaching	Third-party funding	13 (65%)	2 (20%)
	Medical faculty/university budget	12 (60%)	7 (70%)
	University hospital budget	4 (20%)	1 (10%)
	External cooperation partner's budget	0	0
	Federal state funding for teaching (e. g., special medical programs)	6 (30%)	0
	Other	2 (10%)	1 (10%)
	Has not yet been decided	-	4 (40%)

Notes: Multiple responses possible

Additional information: third-party funders as free text responses:

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
- Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen
- Sächsisches Ministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus
- Stifterverband
- Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
- Innovationsfonds Lehre
- Stiftung Innovation in der Hochschullehre
- Internal university funding
- Industry

istries, and European funds. Out of 13 locations (ENSA and ESEW) reporting third-party funding for ongoing costs of VR in teaching, 62% stated that the use of VR would continue after funding. For ENTW projects, a special budget and cooperations were named as sources of funding.

3.5. Technical implementation

As shown in table 4, 80% of ENSA and ESEW (16 out of 20) use externally developed software, with the majority (88%) having acquired usage rights in the form of commercial licenses. One location uses Creative Commons (CC) licenses. At another location, the VR application is provided by a project coordination partner, while two other locations that use commercial software also offer self-developed or co-developed scenarios.

At the ENTW and ESEW, 58% (14 out of 24) plan to use external software in their courses with VR. Among these 14 locations, 57% will use only commercial licenses, 14% will use only CC licenses and 22% will use a mixture of both license types. One of these locations (7%), which works with cooperation partners, has not yet concluded

any detailed agreements on usage rights. In total, 25% of the 24 locations had not yet taken a clear position on the use of external software at the time of the survey.

All locations involved in 3D modelling of VR software were willing to make their applications available; two thirds under a CC license, with the remaining still clarifying licensing details.

Figure 2 shows that the Meta Quest 2 is the most commonly used HMD for existing VR use at ENSA and ESEW. 60% of these locations have at least one standalone HMD that can be used without an external computer or external tracking systems. Figure 3 shows that only one location has more than 30 HMDs. Only one location uses data gloves in addition to the controllers. No other special input and output devices are used.

With regards to the learning environment, table 5 shows that rooms specially optimised for VR are used in 65% of ENSA and ESEW and are planned for at least 50% of ENTW. Technical support for the VR HMDs at ENSA and ESEW is provided by various roles, as shown in table 6. These include digitalisation teams from the medical faculties, as well as e-learning specialists, academic staff, and industry employees. Media technology and IT depart-

Table 4: Involvement of locations in the development of VR software/applications already in use or in development

	In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW & ESEW (n=24)
Independent VR software development (including 3D modelling and programming)	6 (30%)	5 (21%)
Involvement with medical expertise	14 (70%)	13 (54%)
Involvement with educational expertise	10 (50%)	13 (54%)
No involvement	5 (25%)	10 (42%)

Note: Multiple responses possible

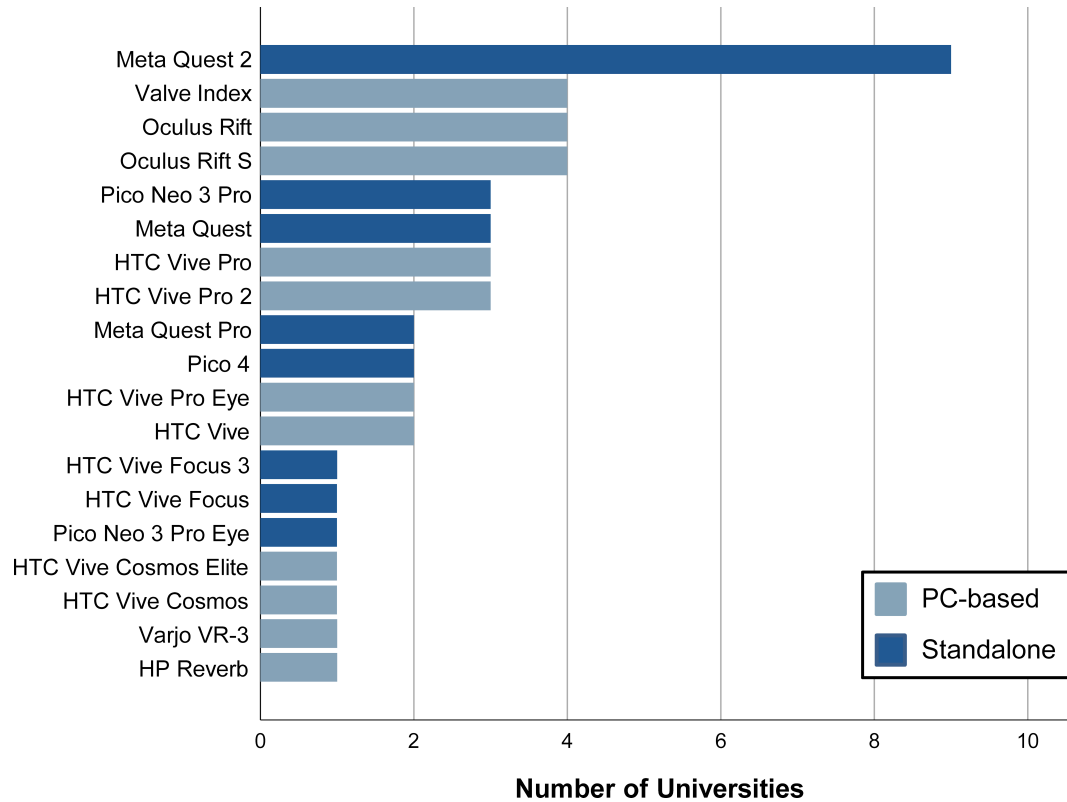
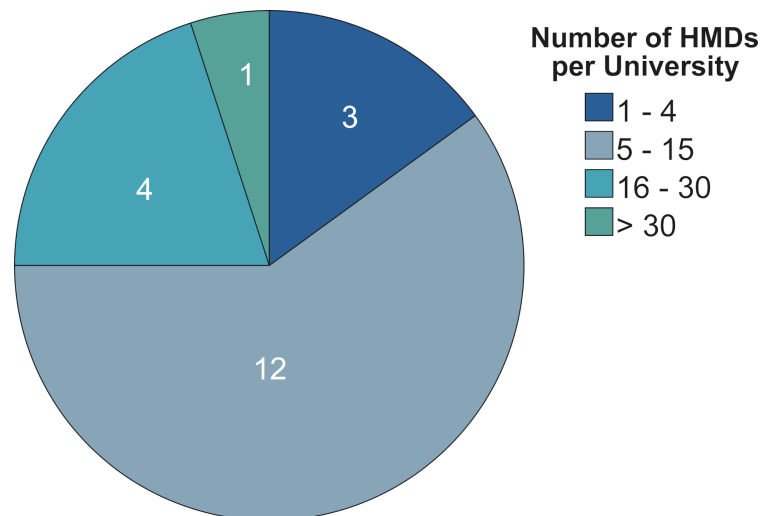
**Figure 2: Overview of the HMDs used at locations with existing VR use (ENSA, ESEW)****Figure 3: Number of HMDs used at universities with existing VR use (ENSA, ESEW)**

Table 5: Facilities and usage of VR software

		In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW (n=10)
Use of multiplayer mode	Yes	12 (60%)	3 (30%)
	No	7 (35%)	3 (30%)
	No information	1 (5%)	0
	Not yet decided	-	4 (40%)
Type of facilities used	Dedicated rooms	4 (20%)	2 (20%)
	Any available rooms	7 (35%)	3 (30%)
	Both dedicated and any available rooms	9 (45%)	3 (30%)
	Has not yet been decided	-	2 (20%)
VR software can be used unsupervised by students	Yes, with instructor guidance	15 (75%)	4 (40%)
	Yes, without instructor guidance	1 (5%)	1 (10%)
	Not possible	4 (20%)	4 (40%)
	Has not yet been decided	-	1 (10%)
VR software can be used by students at home	Yes, but requires HMDs	6 (30%)	0
	Yes, including the use of HMDs with smartphones as displays	3 (15%)	0
	Yes, including the use of non-immersive devices	8 (40%)	1 (10%)
	No home use possible	7 (35%)	8 (80%)
	No information	2 (10%)	0
	Has not yet been decided	-	1 (10%)

Table 6: Responsible parties for technical support, maintenance, and network integration of hardware

	In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW (n=10)
IT staff of the medical faculty/university	13 (65%)	6 (60%)
IT staff of the hospital	4 (20%)	0
External service providers	1 (5%)	1 (10%)
Other	10 (50%)	2 (20%)
Has not yet been decided	-	2 (20%)

Note: Multiple responses possible

ments are jointly responsible for support at ENTW. Some locations are in the testing and evaluation phase, often in cooperation with industry partners and developers.

3.6. Curricular integration

The use of VR in various departments is summarised in table 7. Overall, VR is mainly used in clinical subjects (partly due to the majority of clinical departments).

Table 8 shows that VR is increasingly used in ENSA and ESEW over the course of medical school, except in the last two semesters. However, this trend is less pronounced for ENTWs.

As table 9 shows, VR is mainly used in seminars, small group sessions or practical courses, while it is less frequently used in lectures or tutorials. The courses are predominantly curricular or optional, with half of them being electives.

The number of participants in the VR courses varies greatly depending on the location, as can be seen in table 10. Around half of them have up to 150 participants, while a quarter are designed for more than 250 participants per semester.

Table 11 shows that VR is used differently at different locations. One location offers VR loan devices for students to use for self-directed learning. At three ENTW locations, self-learning with VR is planned. Another ENTW location is planning a rollout following a pilot phase.

3.7. VR research areas and networks

As shown in table 12, more than half of the existing VR applications at ENSA and ESEW are at least partly part of funded research or cooperation projects. Three quarters associate the use of VR with a scientific objective. In contrast, more than half of the ENTWs are non-cooperative projects. In accompanying studies, the research focus

Table 7: Specified medical specialties in which courses with VR components are already in use, in development, or planned

		In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW (n=10)	Planned use NOVR (n=4)
Preclinical area	Macroscopic anatomy	3 (15%)	4 (40%)	1 (25%)
	Microscopic anatomy	2 (10%)	2 (20%)	0
	Physiology	1 (5%)	0	0
	Physics	1 (5%)	0	0
	Psychology/Sociology	0	0	1 (25%)
Clinical area	Pathology	2 (10%)	1 (10%)	0
	Emergency medicine	10 (50%)	5 (50%)	0
	General medicine	3 (15%)	0	0
	Internal medicine	5 (25%)	0	0
	Anesthesiology	1 (5%)	1 (10%)	0
	Surgery	6 (30%)	2 (20%)	1 (25%)
	Gynecology	0	0	1 (25%)
	Psychiatry & psychotherapy	2 (10%)	0	0
	Neurosurgery	3 (15%)	1 (10%)	0
	Dermatology	2 (10%)	0	1 (25%)
	Orthopaedics	2 (10%)	1 (10%)	0
	ENT (Ear, Nose, Throat)	2 (10%)	0	0
	Radiology	2 (10%)	2 (20%)	0
	Palliative/pain medicine	2 (10%)	0	0
	Hygiene, microbiology, virology	1 (5%)	0	0
	Infectiology, immunology	1 (5%)	0	0
	Clinical chemistry	1 (5%)	0	0
	Pharmacology	1 (5%)	0	0
	Forensic medicine	2 (10%)	1 (10%)	0
	Geriatrics	1 (5%)	0	0
	Prevention	1 (5%)	0	0
Other areas mentioned	Laboratory animal science	1 (5%)	0	0
	Disaster medicine	0	1 (10%)	0
	Emergency room/leading symptom	0	0	1 (25%)
	Has not yet been decided	-	1 (10%)	1 (25%)

Note: Multiple responses possible

is often on comparing didactic methods and in one location the acceptance of VR was mentioned as an additional focus.

Cross-location dialogue is highlighted in table 13. While one location stated that it was not aware of any exchange forums, others mentioned internal and cross-university interdisciplinary working groups on VR and Extended Reality (XR). Other opportunities for exchange include the digitalisation project in Baden-Württemberg and personal communication.

There are currently a number of ongoing VR projects, including “medical tr.AI.ning”, “Comed/VISL”, “Moleküle in der Symphonie der Sinne” (“Molecules in the symphony of the senses”), “KodiLL”, “participate@UOL”, “vr-osce”, “VR-Hirntoddiagnostik” (“VR brain death examination”), “Ai.vatar”, “DiViFaG”, “Virtual Reality in der biomedizinischen Ausbildung” (“VR in biomedical training”), “XR in BW” and “VR-Leichenschau” (“VR corpse examination”).

3.8 Beginning of the use of VR in teaching

Figure 4 provides an overview of the timeframe during which HMD-based VR applications were implemented at the respective locations.

4. Discussion

4.1. Challenges in the use of VR

The use of VR in medical education across the DACH region is inhomogeneous. While some locations use self-developed software and others use existing VR applications, around half of the universities do not use VR at all. Challenges are primarily financial, technical and didactic in nature, such as the high costs of VR hardware, the re-

Table 8: Semesters in which VR is already used in teaching or currently in development

	In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW (n=10)
1 st semester	2 (10%)	1 (10%)
2 nd semester	3 (15%)	2 (20%)
3 rd semester	1 (5%)	1 (10%)
4 th semester	2 (10%)	1 (10%)
5 th semester	4 (20%)	1 (10%)
6 th semester	5 (25%)	1 (10%)
7 th semester	7 (35%)	1 (10%)
8 th semester	9 (45%)	3 (30%)
9 th semester	10 (50%)	1 (10%)
10 th semester	12 (60%)	2 (20%)
11 th semester (PJ)	1 (5%)	0
12 th semester (PJ)	1 (5%)	0
Independent of semester	10 (50%)	4 (40%)
Has not yet been decided	-	4 (40%)

Notes: PJ = Practical Year. Multiple responses possible

Table 9: Integration into teaching and course formats

		In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW (n=10)
Integration into Teaching	Curricular	14 (70%)	4 (40%)
	Elective module	10 (50%)	4 (40%)
	Optional course	8 (40%)	2 (20%)
	Other	1 (5%)	1 (10%)
	Has not yet been decided	-	2 (20%)
Teaching format	Seminar	14 (30%)	5 (50%)
	Practical course	7 (35%)	2 (20%)
	Small group sessions	8 (40%)	3 (30%)
	Lecture	2 (10%)	2 (20%)
	Tutorial	4 (20%)	2 (20%)
	Other	4 (20%)	0
	Has not yet been decided	-	2 (20%)

Note: Multiple responses possible

Table 10: Participants per semester at locations with existing use of VR in teaching and at locations with development of courses with VR components

	In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW & ESEW (n=24)
1-49	3 (15%)	4 (17%)
50-99	4 (20%)	4 (17%)
100-149	3 (15%)	3 (13%)
150-199	5 (25%)	3 (13%)
200-249	1 (5%)	1 (4%)
250-299	1 (5%)	0
>300	2 (10%)	2 (8%)
Other information	-	4 (17%)
Not specified	1 (5%)	3 (13%)

Table 11: Didactic implementation of the use of VR through synchronous/asynchronous teaching

		In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW (n=10)
Use of VR within the course/s	During course dates	19 (95%)	9 (90%)
	Before or after the course dates with rental equipment	2 (10%)	1 (10%)
	Before or after the course dates in rooms with hardware and software	3 (15%)	1 (10%)
	With private HMDs	2 (10%)	2 (20%)
	Other	1 (5%)	0
	Has not yet been decided	-	1 (10%)
Possibility to use VR for self-learning outside of the course(s)	Yes, with rental equipment	1 (5%)	1 (10%)
	Yes, in rooms with hardware and software provided	4 (20%)	2 (20%)
	Yes, with private HMDs	2 (10%)	2 (20%)
	Not possible	14 (70%)	5 (50%)
	Other	2 (10%)	2 (20%)
	Has not yet been decided	-	1 (10%)

Note: Multiple responses possible

Table 12: Integration of VR in research projects or teaching research

		In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW (n=10)
Product of a funded research/development project	Yes	2 (10%)	7 (29%)
	Yes, partially	11 (55%)	8 (33%)
	No	7 (35%)	8 (33%)
Cooperation project (for funded projects)	Yes	7 (54%)	4 (27%)
	No	5 (39%)	9 (60%)
	Not specified	1 (5%)	2 (20%)
Accompanied by one or more research questions	Yes	15 (75%)	-
	No longer, as already completed	3 (15%)	-
	No	2 (10%)	-
In the case of accompaniment (n=18): Focus of the ongoing/completed research question	Comparison of methods (didactic)	16 (89%)	-
	Feasibility	12 (67%)	-
	User description/implementation	11 (61%)	-
	Usability	10 (56%)	-
	Technical realisation	9 (50%)	-
	Other	1 (6%)	-

Note: Multiple responses possible

Table 13: Utilisation of cross-location exchange forums on VR in teaching

	In use ENSA & ESEW (n=20)	In development ENTW (n=10)
Meetings in the third-party funded project	6 (30%)	2 (20%)
VR working group of the GMA Committee for Digitalisation	13 (65%)	4 (40%)
VR/AR-Learning working group of the German Informatics Society	0	0
UniVERSEty	2 (10%)	0
None	4 (20%)	4 (40%)
Other	7 (35%)	3 (30%)

Note: Multiple responses possible

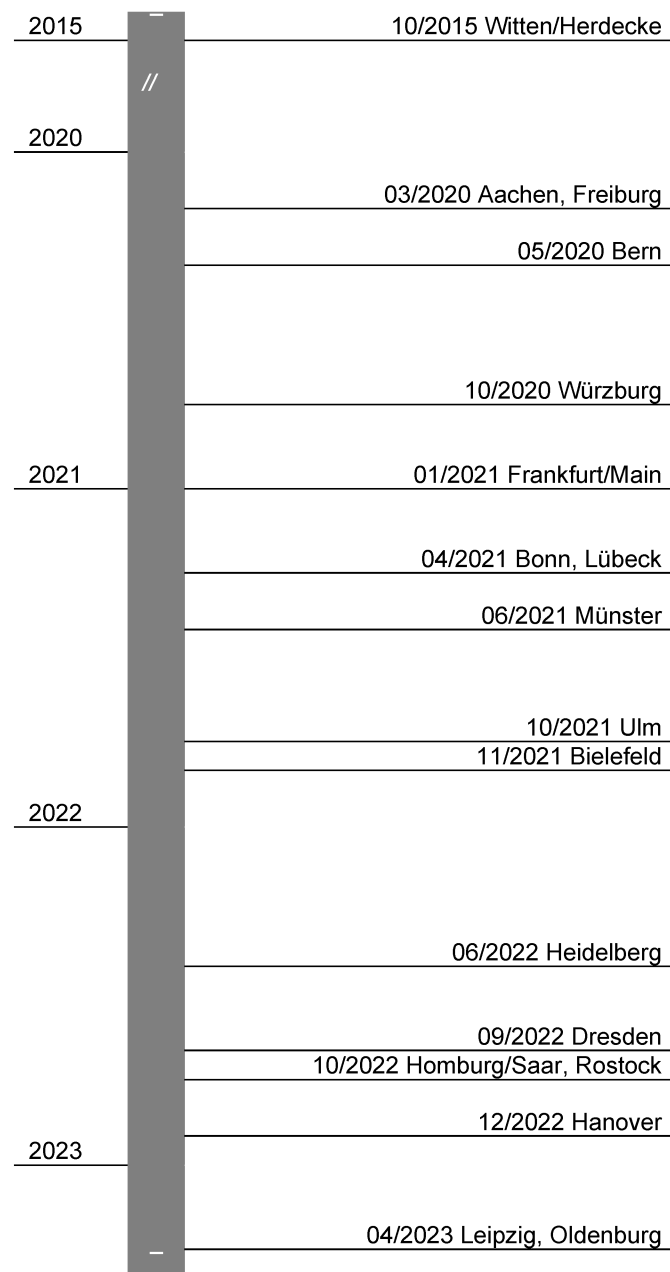


Figure 4: Timeline for the introduction of VR at universities in the DACH region (ENSA, ESEW)

quired IT infrastructure, and the lack of technical expertise.

Despite the initially high implementation costs of VR, its long-term use can lead to cost-effectiveness [20] through savings in high personnel and training material costs (especially the costs of simulation personnel) [19], [20]. The lack of integration of haptic feedback, data protection concerns and scepticism towards new technologies also hinder wider usage [23], [24]. Data protection in particular is a major problem, as data collection and transmission by the software/hardware often cannot be deactivated in commercial applications [25].

4.2. Approaches to solutions

The implementation of VR in medical training can be promoted through targeted measures such as networking

via working groups, joint development projects, and standardised evaluation methods. An interactive VR-AG platform for documenting projects and further progress should create transparency and strengthen cooperation across the DACH region. Open-source solutions facilitate knowledge transfer and the adaptation of developments, which reduces the burden on universities. The exchange of teaching formats and methods should be adapted to the requirements of the institutions in a resource-saving and flexible manner, despite the challenges posed by different hardware. Successful examples include the transfer of VR post-mortem examinations and VR brain death examinations between different locations [23], [26].

4.3. Limitations of the survey

Not all locations and VR applications in the DACH region could be captured in the survey, which is due to the voluntary nature of the survey or potential hurdles, such as a lack of information sharing. In addition, the respondents may not have had a complete overview of the faculty's entire VR curriculum. The questionnaire, based on an expert consensus, did not include precise information on the number of applications, which made the analysis more difficult. Multiple responses per location were summarised and some questions remained unanswered for planned VR applications.

Although this could lead to biases, the aim of collecting information was still accomplished. The results represent a snapshot and do not take any interim developments into account. An ongoing survey is necessary to track current trends. The VR-AG of the GMA and an interactive map could provide solutions here. As the survey only covers the DACH region, the results may not be comparable internationally.

No similar data surveys exist and although international VR review articles are available, they do not provide a detailed overview of current applications in the DACH region (scoping reviews: [15], [16], [17], [27], [28], [29], [30]). Therefore, situating the findings within an international context is not appropriate.

An important step in planning and before application is to carefully review the use and appropriateness for each individual case. Various publications offer approaches and guiding questions to support the procedure [15], [17], [26]. A summary of such publications with recommendations on the use of VR in medical teaching may be a future task of the VR-AG.

4.4. State of research

In the relatively new field of medical training based on VR applications, there has been little research to date. A meta-analysis by Chen et al. [31] has already shown that VR clearly promotes the acquisition of knowledge, but no significant differences in skills, satisfaction, confidence or performance time were found. Further studies are needed to better understand the learning effect of VR and long-term skills development in medical education. These should not only record direct and objective learning outcomes but also shed light on the sustainable increase in knowledge and practical applicability in everyday clinical practice. More in-depth evaluations can be carried out on the basis of increased integration into the compulsory curriculum in order to minimise bias and create a representative database. Studies that examine the learning effect taking into account different learning objectives (cognitive, psychomotor, affective) could also provide valuable insights into the didactic application possibilities of VR.

5. Conclusion/Outlook

The use of VR in medical teaching is steadily increasing but is heterogeneous in the DACH region. External studies confirm the great potential of VR to improve learning processes and enable practical training under realistic conditions. To fully realise this potential, development work should not be carried out in isolation at individual locations but should be coordinated across locations. The current work pursues this goal: it is intended to promote the necessary exchange between the various institutions and serve as a basis for initiating joint research projects. This networking enables VR to be integrated into medical training in a targeted and effective way, while also facilitating the development of innovative teaching approaches that extend beyond individual locations.

Abbreviations

- AG: Working Group (Arbeitsgruppe)
- BMBF: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Federal Ministry of Education and Research)
- CC: Creative Commons
- DACH: German-speaking region; Germany: Deutschland (D), Austria: Österreich (A), Switzerland: Schweiz (CH)
- ENSA: Locations with existing VR use without development (Standorte mit bestehendem VR-Einsatz ohne Entwicklung)
- ENTW: Locations in development without prior use of VR (Standorte in ENTwicklung ohne bisherigen Einsatz von VR)
- ESEW: Locations with both use and development (Standorte mit Einsatz & Entwicklung von VR)
- GMA: DACH Association for Medical Education (Gesellschaft für Medizinische Ausbildung)
- HMD: Head-Mounted Display
- MBO-Ä: Model Professional Code of Conduct for Doctors Practising in Germany (Muster-Berufsordnung für die in Deutschland tätigen Ärztinnen und Ärzte)
- NKLM: National Competence-Based Learning Objectives Catalogue for Medicine (Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin)
- NOVR: Locations without (no) VR
- NTS: Non-Technical Skills
- PJ: Practical Year (Praktisches Jahr)
- VR: Virtual Reality
- XR: Extended Reality

Notes

Author contributions

- Project administration: MW, RS, AJ
- Conceptualisation: MW, MMey, HS, TE, RS
- Methods: MW, MMey, MMer, HS, TE, LM, BR, OH, RS, AJ
- Formal Analysis: MMey, RS, OH, LM
- Graphics and figures: OH, LM, MMey, BR
- Writing – Manuscript: MW, MMey, MMer, HS, TE, LM, BR, OH, RS, AJ
- Proof and Correction: MW, MMey, MMer, HS, TE, LM, BR, OH, RS, AJ

All authors read and approved the final manuscript and translation.

Authors' ORCIDs

- Marie-Christin Willemer: [0009-0000-7950-5922]
- Marcel Meyerheim: [0000-0002-9294-9445]
- Marvin Mergen: [0000-0002-3891-580X]
- Henriette Schulze: [0009-0001-4364-7141]
- Tanja Joan Eiler: [0000-0002-6917-7942]
- Lukas Mayer: [0009-0008-0261-7932]
- Bernd F. M. Romeike: [0000-0002-9693-3870]
- Ole Hätscher: [0009-0009-1410-4023]
- Robert Speidel: [0000-0001-5488-7100]
- Anna Junga: [0000-0002-4165-9114]

Ethics

The final questionnaire was submitted to the responsible ethics committee for the medical faculty of the University of Ulm in accordance with the requirements of the ethics application together with the data protection review of the declaration of consent and data protection information. According to § 15 MBO-Ä, the survey is not subject to consultation in the sense of a teaching evaluation.

Data availability

The anonymised data sets generated and analysed for this study can be provided by the corresponding author upon reasonable request.

Acknowledgements

We thank all faculties for participation.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Attachments

Available from <https://doi.org/10.3205/zma001785>

1. Attachment_1.pdf (3666 KB)
Questionnaire (only in German)

References

1. Tang YM, Chau KY, Kwok AP, Zhu T, Ma X. A systematic review of immersive technology applications for medical practice and education - Trends, application areas, recipients, teaching contents, evaluation methods, and performance. *Educ Res Rev.* 2022;35:100429. DOI: 10.1016/j.edurev.2021.100429
2. Creutzfeldt J, Hedman L, Felländer-Tsai L. Cardiopulmonary Resuscitation Training by Avatars: A Qualitative Study of Medical Students' Experiences Using a Multiplayer Virtual World. *JMIR Serious Games.* 2016;4(2):e22. DOI: 10.2196/games.6448
3. Süncksen M, Bott OJ, Dresing K, Teistler M. Simulation of scattered radiation during intraoperative imaging in a virtual reality learning environment. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2020;15(4):691-702. DOI: 10.1007/s11548-020-02126-x
4. Mayer L, Süncksen M, Reinhold S, Teistler M. vimiLab – Teaching Medical Imaging and Radiological Anatomy in a Virtual Reality Environment. In: 2023 IEEE 11th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH). IEEE; 2023. p.1-5.
5. Moro C, Birt J, Stromberga Z, Phelps C, Clark J, Glasziou P, Scott AM. Virtual and Augmented Reality Enhancements to Medical and Science Student Physiology and Anatomy Test Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Anat Sci Educ.* 2021;14(3):368-376. DOI: 10.1002/ase.2049
6. Yeung AWK, Tosevska A, Klager E, Eibensteiner F, Laxar D, Stoyanov J, Glisic M, Zeiner S, Kulnik ST, Crutzen R, Kimberger O, Kletecka-Pulker M, Atanasov AG, Willschke H. Virtual and Augmented Reality Applications in Medicine: Analysis of the Scientific Literature. *J Med Internet Res.* 2021 Feb 10;23(2):e25499. DOI: 10.2196/25499
7. Hendradi P, Ghani MK, Mahfuzah S. A Literature Review of E-Learning Technology in Higher Education. *J Comp Sci Technol Stud.* 2023;5(1):1-7. DOI: 10.32996/jcsts.2023.5.1.1
8. Bracq MS, Michinov E, Jannin P. Virtual Reality Simulation in Nontechnical Skills Training for Healthcare Professionals: A Systematic Review. *Simul Healthc.* 2019;14(3):188-194. DOI: 10.1097/SIH.0000000000000347
9. Chaby L, Benamara A, Pino M, Prigent E, Ravenet B, Martin JC, Vanderstichel H, Becerril-Hortega R, Rigaud AS, Chetouani M. Embodied Virtual Patients as a Simulation-Based Framework for Training Clinician-Patient Communication Skills: An Overview of Their Use in Psychiatric and Geriatric Care. *Front Virtual Real.* 2022;3: 827312. DOI: 10.3389/frvir.2022.827312
10. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, Satava RM. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg.* 2002;236(4):458-464. DOI: 10.1097/00000658-200210000-00008
11. Akl EA, Pretorius RW, Sackett K, Erdley WS, Bhoopathi PS, Alfarah Z, Schünemann HJ. The effect of educational games on medical students' learning outcomes: a systematic review: BEME Guide No 14. *Med Teach.* 2010;32(1):16-27. DOI: 10.3109/01421590903473969

12. Kim HY, Kim EY. Effects of Medical Education Program Using Virtual Reality: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;20(5):389. DOI: 10.3390/ijerph20053895
13. de Ponti R, Marazzato J, Maresca AM, Rovera F, Carcano G, Ferrario MM. Pre-graduation medical training including virtual reality during COVID-19 pandemic: a report on students' perception. *BMC Med Educ*. 2020;20(1):332. DOI: 10.1186/s12909-020-02245-8
14. Mergen M, Meyerheim M, Graf N. Towards Integrating Virtual Reality into Medical Curricula: A Single Center Student Survey. *Educ Sci*. 2023;13(5):477. DOI: 10.3390/educsci13050477
15. Lerner D, Mohr S, Schild J, Göring M, Luiz T. An Immersive Multi-User Virtual Reality for Emergency Simulation Training: Usability Study. *JMIR Serious Games*. 2020;8(3):e18822. DOI: 10.2196/18822
16. Moll-Khosrawi P, Falb A, Pinnschmidt H, Zöllner C, Issleib M. Virtual reality as a teaching method for resuscitation training in undergraduate first year medical students during COVID-19 pandemic: a randomised controlled trial. *BMC Med Educ*. 2022;22(1):483. DOI: 10.1186/s12909-022-03533-1
17. Mühling T, Späth I, Backhaus J, Milke N, Oberdörfer S, Meining A, Latoschik ME, König S. Virtual reality in medical emergencies training: benefits, perceived stress, and learning success. *Multimedia Syst*. 2023;29(4):2239-2252. DOI: 10.1007/s00530-023-01102-0
18. Klus C, Krumm K, Jacobi S, Willemer MC, Daub C, Stoevesandt D, Metzler K, Richter C, Peter LM, Heide S, Schmidt U. External post-mortem examination in virtual reality-scalability of a monocentric application. *Int J Legal Med*. 2024;138(5):1939-46. DOI: 10.1007/s00414-024-03229-9
19. Walter S, Speidel R, Hann A, Leitner J, Jerg-Bretzke L, Kropp P, Garbe J, Ebner F. Skepticism towards advancing VR technology - student acceptance of VR as a teaching and assessment tool in medicine. *GMS J Med Educ*. 2021;38(6):Doc100. DOI: 10.3205/zma001496
20. Neundlinger K. Digitale Empathie: Virtual Reality als Medium zur Entwicklung sozialer Kompetenzen. *Medienimpulse*. 2021;59(2):33. DOI: 10.21243/mi-02-21-24
21. Dlamini ST, Botha C. The use of augmented and virtual reality to enhance the customer experience. *Afr J Sci Technol Innov Develop*. 2024;16(3):399-409. DOI: 10.1080/20421338.2024.2326791
22. Kockwelp P, Meyerheim M, Valkov D, Mergen M, Junga A, Krüger A, Marschall B, Holling M, Risse B. Competence Training at Scale: Teaching Clinical Skills in the Context of Virtual Brain Death Examination. In: *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, Volume 8, Issue EICS. Article No.: 261. 17 June 2024. p.1-31 DOI: 10.1145/3664635
23. Jiang H, Vimalasvaran S, Wang JK, Lim KB, Mogali SR, Car LT. Virtual Reality in Medical Students' Education: Scoping Review. *JMIR Med Educ*. 2022;8(1):e34860. DOI: 10.2196/34860
24. Lie SS, Helle N, Sletteland NV, Vikman MD, Bonsaksen T. Implementation of Virtual Reality in Health Professions Education: Scoping Review. *JMIR Med Educ*. 2023;9: e41589. DOI: 10.2196/41589
25. Pedram S, Kennedy G, Sanzone S. Toward the validation of VR-HMDs for medical education: a systematic literature review. *Virtual Real*. 2023;1-26. DOI: 10.1007/s10055-023-00802-2
26. Dhar E, Upadhyay U, Huang Y, Uddin M, Manias G, Kyriazis D, Wajid U, AlShawaf H, Syed Abdul S. A scoping review to assess the effects of virtual reality in medical education and clinical care. *Digit Health*. 2023;9:20552076231158022. DOI: 10.1177/20552076231158022
27. Tudor Car L, Kyaw BM, Teo A, Fox TE, Vimalasvaran S, Apfelbacher C, Kemp S, Chavannes N. Outcomes, Measurement Instruments, and Their Validity Evidence in Randomized Controlled Trials on Virtual, Augmented, and Mixed Reality in Undergraduate Medical Education: Systematic Mapping Review. *JMIR Serious Games*. 2022;10(2):e29594. DOI: 10.2196/29594
28. Cao Y, Ng GW, Ye SS. Design and Evaluation for Immersive Virtual Reality Learning Environment: A Systematic Literature Review. *Sustainability*. 2023;15(3):1964. DOI: 10.3390/su15031964
29. Mergen M, Meyerheim M, Graf N. Reviewing the current state of virtual reality integration in medical education - a scoping review protocol. *Syst Rev*. 2023;12(1):97. DOI: 10.1186/s13643-023-02266-6
30. Chen FQ, Leng YF, Ge JF, Wang DW, Li C, Chen B, Sun ZL. Effectiveness of Virtual Reality in Nursing Education: Meta-Analysis. *J Med Internet Res*. 2020;22(9):e18290. DOI: 10.2196/18290
31. Mao RQ, Lan L, Kay J, Lohre R, Ayeni OR, Goel DP, de Sa D. Immersive Virtual Reality for Surgical Training: A Systematic Review. *J Surg Res*. 2021;268:40-58. DOI: 10.1016/j.jss.2021.06.045

Corresponding author:

Dr. med. Anna Junga
University of Münster, Institute of Education and Student Affairs, Niels-Stensen-Str. 12, D-48149 Münster, Germany, Phone: +49 (0)251/83-41133
anna.junga@uni-muenster.de

Please cite as

Willemer MC, Meyerheim M, Mergen M, Schulze H, Eiler TJ, Mayer L, Romeike BFM, Hätscher O, Speidel R, Junga A. Current use of virtual reality in medical education in Germany, Austria, and Switzerland: Results of an online survey among medical faculties. *GMS J Med Educ*. 2025;42(5):Doc61. DOI: 10.3205/zma001785, URN: urn:nbn:de:0183-zma0017852

This article is freely available from

<https://doi.org/10.3205/zma001785>

Received: 2024-10-31

Revised: 2025-02-04

Accepted: 2025-06-11

Published: 2025-11-17

Copyright

©2025 Willemer 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/>.

Status Quo von Virtual Reality in der medizinischen Ausbildung der DACH-Region: Eine Onlinebefragung an medizinischen Fakultäten

Zusammenfassung

Einleitung: Virtual Reality (VR) wird zunehmend in der medizinischen Aus- und Weiterbildung genutzt, um realitätsnahe immersive Lernumgebungen zu schaffen. Der Überblick über den Einsatz von VR an medizinischen Fakultäten im deutschsprachigen Raum (DACH-Region) ist bisher unzureichend.

Ziel dieses Artikels ist es, einen entsprechenden Überblick über den Einsatz von VR an medizinischen Fakultäten in dieser Region zu geben, mit Fokus auf immersive VR und Head-Mounted Displays (HMDs).

Methoden: Zur Erhebung des VR-Einsatzes wurde eine Onlinebefragung an 53 medizinische Fakultäten in der DACH-Region versandt. Der Fragebogen, der durch ein Expert:innen-Konsens erstellt wurde, erfasste neben demografischen Angaben Daten zur VR-Nutzung, technischen Umsetzung und Finanzierung. Die Daten wurden deskriptiv in SPSS analysiert.

Ergebnisse: Insgesamt nahmen 36 Fakultäten (68% der DACH-Standorte) an der Befragung teil. 56% nutzen bereits HMD-gestützte VR in der Lehre, 11% planen dies. Die häufigsten Ziele des VR-Einsatzes umfassen die Vorbereitung auf den klinischen Einsatz sowie das Training von Abläufen oder seltenen und risikoreichen Situationen. Finanzierungsquellen umfassen Drittmittel und Institutionengelder, wobei kommerzielle Lizenzen die am häufigsten verwendete Software darstellen. Die technische Umsetzung variiert, und der Einsatz erfolgt überwiegend in speziell dafür optimierten Räumen.

Diskussion: Die Verbreitung von VR ist inhomogen. Herausforderungen betreffen vor allem die Finanzierung, technische Infrastruktur und Datenschutzbedenken. Für die Vernetzung und Sichtbarkeit von VR-Projekten in der DACH-Region gibt es bislang keine einheitliche und zugängliche Plattform.

Schlussfolgerung: Etwas über die Hälfte der befragten Fakultäten setzen VR bereits ein, weitere planen einen Einsatz. Um VR in der medizinischen Lehre zu etablieren sind Vernetzung und standardisierte Evaluationen nötig. Die VR-Arbeitsgruppe der Gesellschaft Medizinische Ausbildung (GMA) bietet hierfür eine sinnvolle Grundlage. Zudem sind weitere Studien notwendig, um den langfristigen Lerneffekt und die praktische Anwendbarkeit von VR-Anwendungen zu bewerten.

Schlüsselwörter: medizinische Ausbildung, virtuelle Realität, Bildungstechnologie, immersive Lernumgebungen

Marie-Christin
Willemer¹

Marcel Meyerheim²

Marvin Mergen²

Henriette Schulze³

Tanja Joan Eiler⁴

Lukas Mayer⁵

Bernd F. M. Romeike⁶

Ole Hätscher^{3,7}

Robert Speidel⁸

Anna Junga³

1 Technische Universität
Dresden, Medizinische
Fakultät Carl Gustav Carus,
Institut für Didaktik und
Lehrforschung in der
Medizin, Medizinisches
Interprofessionelles
Trainingszentrum (MITZ),
Dresden, Deutschland

2 Universität des Saarlandes,
Klinik für Pädiatrische
Onkologie und Hämatologie,
Homburg, Deutschland

3 Universität Münster, Institut
für Ausbildung und
Studienangelegenheiten,
Münster, Deutschland

4 Universität Siegen,
Lebenswissenschaftliche
Fakultät, Department
Psychologie, Siegen,
Deutschland

5 Hochschule Flensburg,
Center for Interaction,
Visualization and Usability
(CIVU), Flensburg,
Deutschland

6 Universitätsmedizin Rostock,
Studiendekanat,
Medizindidaktik, Rostock,
Deutschland

7 Universität Münster, Institut
für Psychologie,
Psychologische Diagnostik

und
Persönlichkeitspsychologie,
Münster, Deutschland

8 Universität Ulm, Medizinische
Fakultät, Studiendekanat,
Kompetenzzentrum
eEducation in der Medizin,
Ulm, Deutschland

1. Einleitung

Die Integration von Virtual Reality (VR) in die medizinische Aus- und Weiterbildung hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. VR bietet durch immersive und interaktive Umgebungen eine innovative Möglichkeit, medizinisches Wissen zu vermitteln, Fähigkeiten zu trainieren und Kompetenzen zu fördern [1].

Besonders in gefährlichen oder seltenen Situationen eignet sich VR als Lernszenario, da diese ansonsten nur schwer zu vermitteln sind [2], [3], [4]. Auch Themen mit Berührungängsten (z. B. intime Untersuchung, Leichenschau) oder seltene Erkrankungen lassen sich so praxisnah vermitteln. VR ermöglicht zudem asynchrones Lernen unabhängig von Lehrpersonal, was Ressourcen schonen kann [5], [6], [7].

Neben dem Üben operativer Fertigkeiten werden auch Non-Technical Skills (NTS) wie Kommunikation, kritisches Denken und klinische Entscheidungsfindung in VR trainiert [8]. Für die Ausbildungsforschung bietet VR eine einfache Möglichkeit, soziale und kognitive Verhaltensweisen zu modellieren und zu analysieren [9].

Zunehmend rücken auch wissenschaftliche Ansätze, die sich mit dem Lerneffekt von VR-Anwendungen beschäftigen, in den Fokus. So konnten Ergebnisse von Studien zeigen, dass Trainingseinheiten in VR zu einer Verbesserung der chirurgischen Fertigkeiten im Operationssaal führen [10]. Ein Systematic Review und eine Meta-Analyse belegen positive Effekte von VR-Anwendungen auf das Lernen und die Leistung der Studierenden sowie deren Überlegenheit gegenüber herkömmlichen Lehrmethoden [11], [12].

Auch Medizinstudierende sehen in VR großen Nutzen, insbesondere in Chirurgie, Notfallmedizin und Anatomie. Sie wünschen eine feste Integration in das Curriculum [13], [14].

Zwar gibt es internationale Übersichtsartikel zu Einsatzgebieten z. B. [15], [16], [17] und das Angebot an deutschsprachiger VR-Software hat zugenommen [18], [19], [20], jedoch fehlte es bisher an einem Überblick über universitäre und kommerzielle VR-Anwendungen im deutschsprachigen Raum (DACH-Region). Zielsetzung dieser Arbeit ist es, die Nutzung und technische Umsetzung von VR an medizinischen Fakultäten in der DACH-

Region mittels Online-Befragung zu erheben und beschreibend darzustellen. Der Fokus liegt dabei auf immersiver VR in Kombination mit Head-Mounted Displays (HMDs). Zwar gibt es auch in anderen Gesundheitsberufen bereits Bestrebungen VR in die Ausbildung einzubeziehen [21], [22], jedoch sollte für diese erste Erhebung primär die Verteilung an den Medizinischen Fakultäten betrachtet werden. Eine Erweiterung dessen kann in einer Folgestudie adressiert werden.

2. Methode

2.1. Entwicklung des Fragebogens

Zur Erfassung des aktuellen Einsatzes von VR in der medizinischen Lehre an den verschiedenen medizinischen Fakultäten in der DACH-Region wurde eine Onlinebefragung mittels Fragebogen durchgeführt. Der Fragebogen wurde von einer Fokusgruppe aus Mitgliedern der im März 2022 gegründeten interdisziplinären VR-Arbeitsgruppe (AG) des GMA-Ausschusses für „Digitalisierung – Technologie-unterstütztes Lernen und Lehren“ der Gesellschaft für medizinische Ausbildung e. V. (GMA) erstellt. Die Entwicklung des Fragebogens durchlief mehrere Feedback-Runden, um alle relevanten Aspekte zu berücksichtigen und eine einheitliche Verständlichkeit der Fragen sicherzustellen. Die Fragen (siehe Anhang 1) umfassten folgende Bereiche:

- Personenbezogene sowie standortbezogene Angaben der Befragten
- Allgemeine Angaben zum Einsatz von VR
 - Aktueller Status
 - Gründe für die Implementierung
 - Beabsichtigte Ziele
- Technische Umsetzung
- Didaktische Szenarien
- VR-Forschungsbereiche und -Netzwerke
- Finanzierung und Förderung von VR

Der Einsatz von VR bezog sich dabei auf immersive Anwendungen, bei denen HMDs verwendet werden. VR-Brillen mit Smartphones als Displays wurden dabei ausgeschlossen, worauf im Fragebogen verwiesen wurde. Je nach Art der Nutzung von VR konnten bis zu 45 Fragen beantwortet werden. Die Fragen wurden als geschlossene und offene Fragen formuliert, wobei als Fragetypen

Single-Choice, Multiple-Choice sowie Fragen mit Freitextantworten enthalten waren. Anschließend wurde sie in die Online-Umfrage-Applikation LimeSurvey [https://www.limesurvey.org/de] übertragen und als Link und per QR-Code bereitgestellt.

2.2. Datenerhebung

Die Onlinebefragung wurde im April 2023 gestartet. Ein Anschreiben mit Zugang zum Fragebogen und Zielsetzung der Status-Quo-Erhebung wurde per E-Mail an 50 medizinische Fakultäten im deutschsprachigen Raum verschickt: davon 41 in Deutschland, 5 in Österreich und 4 in der Schweiz. Zusätzlich wurde im April 2023 ein Aufruf zur Teilnahme inklusive Link zur Befragung im GMA-Newsletter für alle Hochschulen zugänglich veröffentlicht. Die Datenerhebung wurde im Juni 2023 abgeschlossen. Die Teilnahme an der Befragung war freiwillig.

2.3. Datenbereinigung und -analyse

Die Daten wurden in SPSS Statistics Version 29.0.0. (International Business Machines, IBM, Armonk, New York, USA) übertragen. Mehrfach-Rückmeldungen von einzelnen Fakultäten wurden zusammengefasst. Die Antworten wurden mittels deskriptiver Statistik analysiert und dabei sowohl in Form von absoluten als auch relativen Häufigkeiten ausgewertet. Personenbezogene Angaben der Befragten wurden ausschließlich verwendet, um bei Bedarf Rückfragen zu stellen.

3. Ergebnisse

3.1. Rücklauf

In der Studie wurden insgesamt 53 Rückmeldungen erfasst, wovon 5 weder standortspezifische noch sonstige Angaben enthielten und daher aus den erhobenen Daten entfernt wurden. Von den 48 auswertbaren Rückmeldungen erhielten wir von 9 Standorten (Bern, Dresden, Freiburg, Göttingen, Hannover, Heidelberg, Lübeck, Münster und Witten) mehrere Rückmeldungen, die, wie im Methodenteil beschrieben, zusammengefasst wurden. Letztlich konnten Rückmeldungen von 68% (36 von 53) der DACH-Standorte, welche ein Medizinstudium anbieten, ausgewertet werden (siehe Abbildung 1). Die Rückmeldungen decken dabei 73% (32 von 44) der Standorte in Deutschland, 40% (2 von 5) der Standorte in Österreich und 50% (2 von 4) der Standorte in der Schweiz ab.

3.2. Stand der Implementierung

Wie aus Abbildung 1 hervorgeht, gaben 56% (20 von 36) der Standorte an, HMD-gestützte VR-Anwendungen bereits in der medizinischen Ausbildung einzusetzen. Diese 20 Standorte lassen sich in 2 Gruppen unterteilen: 6 Standorte, die VR bereits in der Lehre einsetzen, aber aktuell keine Lehrveranstaltung mit VR-Anteilen entwi-

ckeln (**EiNSatz** ohne Entwicklung – ENSA) und 14 Standorte, die VR sowohl einsetzen als auch entsprechende Lehrveranstaltungen entwickeln (Standort mit **EiNSatz** & **EntWicklung** von VR – ESEW). Daneben setzen 28% (10 von 36) der Standorte VR noch nicht in der Lehre ein, entwickeln aber entsprechende Lehrveranstaltungen (**EntWicklung** ohne bisherigen Einsatz – ENTW). Bei den restlichen 16% (6 von 36) der Standorte findet weder ein Einsatz von VR noch deren Entwicklung statt, 4 davon planen jedoch zukünftig den Einsatz von HMD-gestützter VR in der Lehre (ohne (**NO**) VR – NOVR). Drei Mal wurden fehlende Finanzmittel bzw. ein ungünstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis als Gründe für den nicht geplanten Einsatz genannt.

3.3. Ziele und Gründe des Einsatzes von VR in der Lehre

Die in Tabelle 1 dargestellten Ziele und in Tabelle 2 abgebildeten Gründe für den Einsatz von VR umfassen sowohl Rückmeldungen zum bestehenden Einsatz (ENSA, ESEW) als auch Entwicklung (ENTW) und geplanten Einsatz (NOVR).

Zusätzlich wurden Ziele und Gründe wie Alternativen zu Praktika während der Pandemie, Lehrforschung zum Thema VR, früherer Praxisbezug, Auseinandersetzung mit IT und technischen Entwicklungen, Ressourcenoptimierung, Vorbereitung der Studierenden auf den klinischen Einsatz, Verinnerlichung von Abläufen, interprofessionelle Kommunikation, schnelles Handeln in Notfallsituationen sowie der Zugang zu eingeschränkten Bereichen genannt. Bei den ENTW wurde ein Projekt für Digitalisierung in Baden-Württemberg erwähnt.

3.4. Finanzierungsquellen

Tabelle 3 gibt einen Überblick über Förderungen und Finanzierungsquellen für VR-Projekte in der medizinischen Lehre. Genannte Quellen sind u. a. Institutionsgelder, ein Vertrag mit kommerziellen Anbietern sowie private Mittel, die durch Drittmittel ersetzt werden sollen. Weitere Drittmittelgeber sind z.B. das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Landesministerien und europäische Fonds. Von den 13 Standorten (ENSA und ESEW), die Drittmittel für die Finanzierung der laufenden Kosten für VR in der Lehre nannten gaben 62% an, dass der VR-Einsatz nach der Förderung fortgeführt wird. Bei ENTW-Projekten wurden ein Sonderbudget und Kooperationen als Finanzierungsquellen genannt.

3.5. Technische Umsetzung

Wie in Tabelle 4 dargestellt, nutzen 80% der ENSA und ESEW (16 von 20) extern entwickelte Software, wobei die Mehrheit (88%) Nutzungsrechte in Form kommerzieller Lizenzen erworben hat. Ein Standort verwendet Creative Commons (CC)-Lizenzen. An einem dieser Standorte wird die VR-Anwendung von einem Projektkoordinationspartner

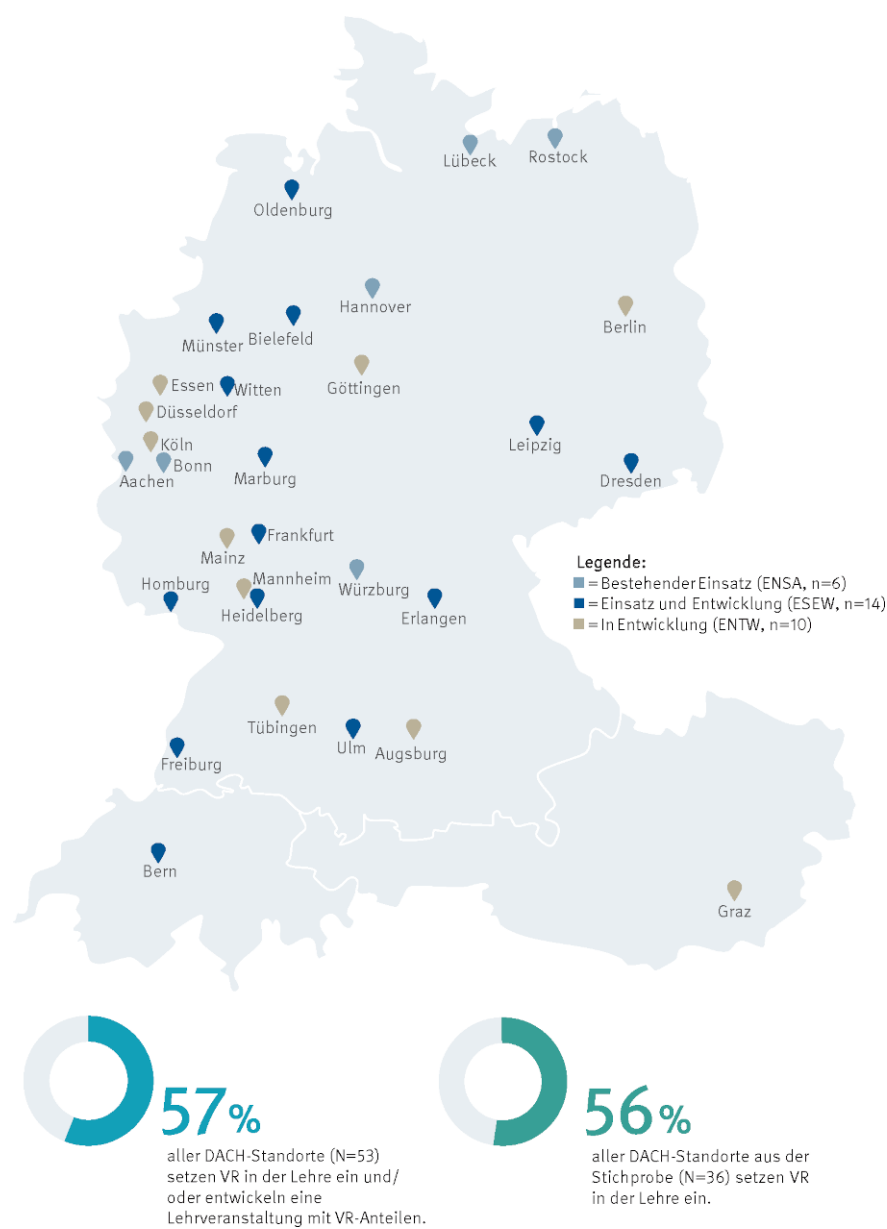


Abbildung 1: Einsatz und Entwicklung von VR in der Lehre in der DACH-Region
ENSA=Bestehender Einsatz ohne Entwicklung, ESEW = Bestehender Einsatz und Entwicklung, ENTW=Bisher kein Einsatz, aber in Entwicklung

Tabelle 1: Ziele des Einsatzes von VR in der Lehre

	Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW (n=10)	Geplanter Einsatz NOVR (n=4)
Verbesserung/Weiterentwicklung der bestehenden Lehre	20 (100%)	10 (100%)	4 (100%)
Stärkung des Praxisbezugs in der Ausbildung	19 (95%)	8 (80%)	2 (50%)
Erschließung neuer Lerninhalte	16 (80%)	9 (90%)	1 (25%)
Vorbereitung der Studierenden auf den klinischen Einsatz von VR	7 (35%)	4 (40%)	1 (25%)
Steigerung der Attraktivität des Standorts für Studierende	11 (55%)	5 (50%)	1 (25%)
Erfüllung von gesetzlichen Rahmenbedingungen (z. B. NKLM)	3 (15%)	1 (10%)	1 (25%)
Sonstige	6 (30%)	1 (10%)	0

Anmerkung: Multiple-Choice-Antworten

Tabelle 2: Gründe für den Einsatz von VR in der Lehre

	Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW (n=10)
Persönliches Interesse	15 (75%)	9 (90%)
Didaktisches Potential	19 (95%)	9 (90%)
Vorgabe des/der Vorgesetzten	2 (10%)	1 (10%)
Projektausschreibung	7 (35%)	3 (30%)
Forderung durch gesetzliche Rahmenbedingungen (z. B. neue Approbationsordnung)	1 (5%)	1 (10%)
Sonstige	3 (15%)	3 (30%)

Anmerkung: Multiple-Choice-Antworten

Tabelle 3: Finanzierungsquellen der Kosten für den Einsatz/die Entwicklung von VR in der Lehre

		Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW (n=10)
Finanzierung der Hardware-Beschaffung und Lizenzierung/Entwicklung der Software	Drittmittel	17 (85%)	2 (20%)
	Haushalt der Medizinischen Fakultät/Universität	8 (40%)	6 (60%)
	Haushalt des Universitätsklinikums	4 (20%)	0
	Haushalt externer Kooperationspartner*innen	1 (5%)	1 (10%)
	Landesmittel für Lehre (z.B. Sonderlinie Medizin)	7 (35%)	0
	Sonstige	4 (20%)	3 (30%)
	Steht noch nicht fest	-	2 (20%)
Finanzierung der laufenden Kosten von VR in der Lehre	Drittmittel	13 (65%)	2 (20%)
	Haushalt der Medizinischen Fakultät/Universität	12 (60%)	7 (70%)
	Haushalt des Universitätsklinikums	4 (20%)	1 (10%)
	Haushalt externer Kooperationspartner*innen	0	0
	Landesmittel für Lehre (z.B. Sonderlinie Medizin)	6 (30%)	0
	Sonstige	2 (10%)	1 (10%)
	Steht noch nicht fest	-	4 (40%)

Anmerkungen: Multiple-Choice-Antworten

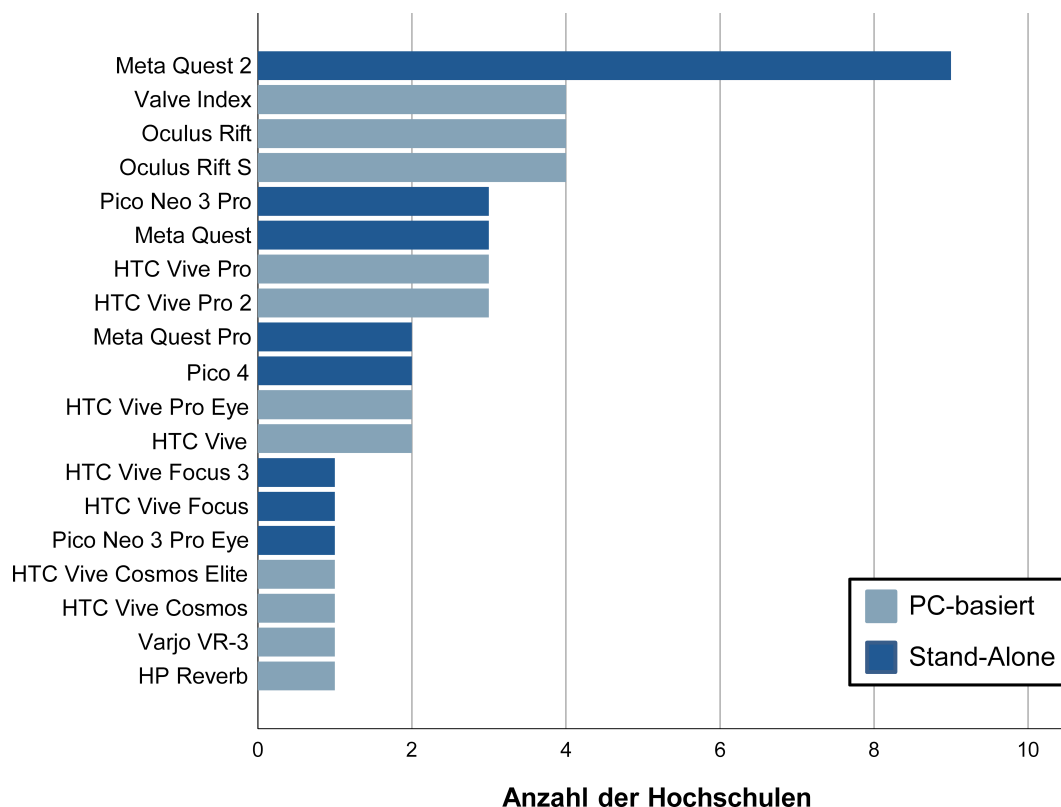
Ergänzend: Drittmittelgeber als Freitextantwort:

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
- Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen
- Sächsisches Ministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus
- Stifterverband
- Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
- Innovationsfonds Lehre
- Stiftung Innovation in der Hochschullehre
- Uni-interne Förderung
- Industrie

Tabelle 4: Beteiligung von Standorten an der Entwicklung von bereits eingesetzter oder sich in Entwicklung befindender VR-Software/Anwendungen

	Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW & ESEW (n=24)
Eigenständige VR-Software Entwicklung (inkl. 3D-Modellierung und Programmierung)	6 (30%)	5 (21%)
Beteiligung mit medizinischem Fachwissen	14 (70%)	13 (54%)
Beteiligung mit didaktischem Fachwissen	10 (50%)	13 (54%)
Keine Beteiligung	5 (25%)	10 (42%)

Anmerkung: Multiple-Choice-Antworten

**Abbildung 2: Übersicht der bei bestehendem Einsatz (ENSA, ESEW) verwendeten HMDs**

bereitgestellt, während zwei Standorte, die kommerzielle Software nutzen, zusätzlich selbst- oder mitentwickelte Szenarien anbieten.

Bei den ENTW und ESEW planen 58% (14 von 24), externe Software in ihren Lehrveranstaltungen mit VR-Anteilen zu verwenden. Bei diesen 14 Standorten entfallen 57% auf kommerzielle Lizenzen, 14% auf CC-Lizenzen und 22% auf eine Mischung der beiden Lizenztypen. Einer dieser Standorte (7%), der mit Kooperationspartnern arbeitet, hat noch keine detaillierten Vereinbarungen zu den Nutzungsrechten abgeschlossen, während insgesamt 25% der 24 Standorte bei der Befragung noch keine klare Position zur Nutzung externer Software hatten.

Alle Standorte, die an der 3D-Modellierung von VR-Software beteiligt sind, waren bereit, ihre Anwendungen bereitzustellen; zwei Drittel unter einer CC-Lizenz, der Rest klärt noch die Lizenzdetails.

Bei den verwendeten HMDs bei bestehendem Einsatz von VR an ENSA und ESEW zeigt Abbildung 2, dass die

Meta Quest 2 am häufigsten verwendet wird. 60% dieser Standorte besitzen mindestens ein Stand-Alone-HMD, dass ohne externen Computer oder externe Trackingsysteme genutzt werden kann. Abbildung 3 verdeutlicht, dass nur ein Standort mehr als 30 HMDs besitzt. Lediglich ein Standort verwendet Datenhandschuhe zusätzlich zu den Controllern. Weitere spezielle Ein- und Ausgabegeräte werden nicht eingesetzt.

In Bezug auf die Lernumgebung zeigt Tabelle 5, dass VR bei 65% der ENSA und ESEW unter anderem in speziell optimierten Räumen eingesetzt wird, wobei ähnliche Pläne bei den ENTW existieren.

Der technische Support für die VR-HMDs wird, wie in Tabelle 6 ersichtlich, bei ENSA und ESEW von verschiedenen Stellen bereitgestellt. Dazu gehören unter anderem Digitalisierungsteams der Medizinischen Fakultäten, E-Learning-Beauftragte und Fakultäts- und Industriemitarbeitende. An den ENTW sind Medientechnik und IT gemeinsam für den Support zuständig. Einige Standorte befinden

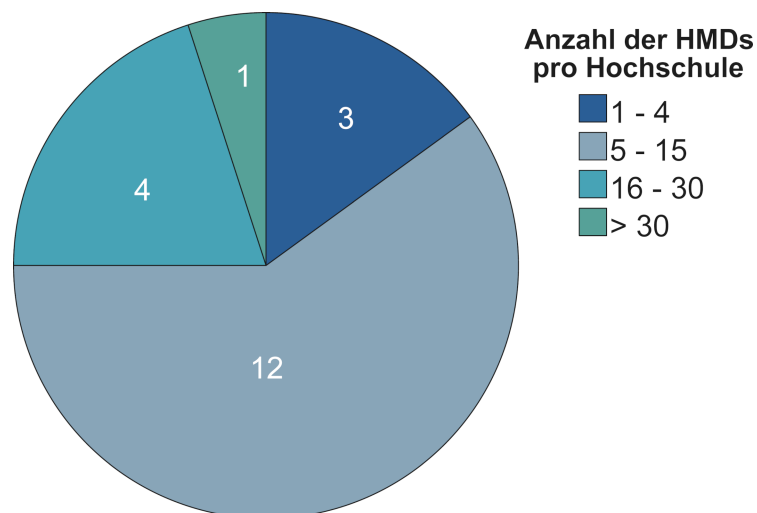


Abbildung 3: Anzahl der verwendeten HMDs bei bestehendem Einsatz von VR in der Lehre (ENSA, ESEW)

Tabelle 5: Räumlichkeiten und Nutzung der VR-Software

		Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW (n=10)
Verwendung von einem Multiplayer-Modus	Ja	12 (60%)	3 (30%)
	Nein	7 (35%)	3 (30%)
	Fehlende Angaben	1 (5%)	0
	Das steht noch nicht fest	-	4 (40%)
Genutzte Räumlichkeiten	Dedizierte Räumlichkeiten	4 (20%)	2 (20%)
	Beliebige Räumlichkeiten	7 (35%)	3 (30%)
	Sowohl dedizierte als auch beliebige Räumlichkeiten	9 (45%)	3 (30%)
	Das steht noch nicht fest	-	2 (20%)
VR-Software kann durch Studierende unbeaufsichtigt genutzt werden	Ja, mit Einweisung durch einen Betreuenden	15 (75%)	4 (40%)
	Ja, ohne Einweisung durch einen Betreuenden	1 (5%)	1 (10%)
	Nicht möglich	4 (20%)	4 (40%)
	Das steht noch nicht fest	-	1 (10%)
VR-Software kann durch Studierende auch von zu Hause aus genutzt werden	Ja, dafür werden jedoch HMDs benötigt	6 (30%)	0
	Ja, dafür können auch HMDs mit Verwendung von Smartphones als Displays verwendet werden	3 (15%)	0
	Ja, dafür können auch nicht-immersive Geräte genutzt werden	8 (40%)	1 (10%)
	Keine Nutzung zu Hause möglich	7 (35%)	8 (80%)
	Fehlende Angaben	2 (10%)	0
	Das steht noch nicht fest	-	1 (10%)

Tabelle 6: Verantwortliche für technische Betreuung, Wartung und Netzwerkintegration der Hardware

	Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW (n=10)
IT-Mitarbeitende der Medizinischen Fakultät/Universität	13 (65%)	6 (60%)
IT-Mitarbeitende der Klinik	4 (20%)	0
Externe Dienstleister	1 (5%)	1 (10%)
Sonstige	10 (50%)	2 (20%)
Steht noch nicht fest	-	2 (20%)

Anmerkung: Multiple-Choice-Antworten

sich zudem noch in der Erprobungs- und Evaluationsphase, oft in Kooperation mit Industriepartner*innen und Entwickler*innen.

3.6. Curriculare Integration

Die Nutzung von VR in verschiedenen Fachbereichen ist in Tabelle 7 zusammengefasst. Insgesamt wird VR (nicht zuletzt auch aufgrund der Mehrzahl der Fachbereiche) zum Großteil in den klinischen Fächern eingesetzt.

Bezüglich der Semester zeigt Tabelle 8, dass VR bei ENSA und ESEW im Studienverlauf zunehmend eingesetzt wird, außer in den letzten beiden Semestern. Dieser Trend ist bei den ENTW jedoch weniger ausgeprägt.

Wie Tabelle 9 zeigt, wird VR bei bestehendem Einsatz hauptsächlich in Seminaren, im Kleingruppenunterricht oder in Praktika eingesetzt, während der Einsatz in Vorlesungen oder Tutorien seltener ist. Die Kurse sind überwiegend curricular oder fakultativ, wobei die Hälfte dem Wahlfachbereich zuzuordnen ist.

Wie in Tabelle 10 ersichtlich, variieren die Anzahlen der Teilnehmenden in den VR-Veranstaltungen je nach Standort stark. Etwa die Hälfte umfasst bis zu 150 Teilnehmende, während ein Viertel für mehr als 250 Teilnehmende pro Semester ausgelegt ist.

Tabelle 11 zeigt, dass VR an verschiedenen Standorten unterschiedlich genutzt wird. Ein Standort ermöglicht die asynchrone Nutzung (Ausleihe) von VR-Medien auf HMDs. In drei Standorten der ENTW ist das Selbstlernen mit VR in Planung. Ein weiterer Standort der ENTW plant einen Rollout nach einer Pilotphase.

3.7. VR-Forschungsbereiche und Netzwerke

Wie Tabelle 12 zeigt, gehören bei den ENSA und ESEW über die Hälfte der bestehenden VR-Einsätze zumindest teilweise zu geförderten Forschungsprojekten oder Kooperationsvorhaben. Dreiviertel verbinden den Einsatz von VR mit einer wissenschaftlichen Fragestellung. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei den ENTW in mehr als der Hälfte der Fälle nicht um Kooperationsvorhaben. Bei den Begleitstudien liegt der Forschungsschwerpunkt häufig auf einem didaktischen Methodenvergleich und

bei einem Standort wurde die Akzeptanz von VR als zusätzlicher Fokus genannt.

Der standortübergreifende Austausch wird in Tabelle 13 beleuchtet. Während ein Standort angab, keine Austauschforen zu kennen, wurden von anderen universitätsinterne sowie -übergreifende, interdisziplinäre AGs zu VR und Extended Reality (XR) genannt. Weitere Austauschmöglichkeiten sind das Digitalisierungsprojekt in Baden-Württemberg sowie persönliche Kommunikation.

Aktuell gibt es eine Vielzahl von laufenden VR-Projekten, darunter „medical tr.AI.ning“, „Comed/VISL“, „Moleküle in der Symphonie der Sinne“, „KodiLL“, „participate@UOL“, „vr-osce“, „VR-Hirntoddiagnostik“, „Ai.vatar“, „DiViFaG“, „Virtual Reality in der biomedizinischen Ausbildung“, „XR in BW“ sowie „VR-Leichenschau“.

3.8. Beginn des Einsatzes von VR in der Lehre

Abbildung 4 bietet eine Übersicht darüber, seit wann an den jeweiligen Standorten HMD-basierte VR-Anwendungen im Einsatz sind.

4. Diskussion

4.1. Herausforderungen im Einsatz von VR

Die Nutzung von VR in der medizinischen Lehre im DACH-Raum ist inhomogen. Während an einigen Standorten selbst entwickelte Programme eingesetzt werden und andere Standorte bestehende VR-Anwendungen verwenden, wird VR an etwa der Hälfte der Universitäten gar nicht genutzt.

Herausforderungen sind vor allem finanzieller, technischer und didaktischer Natur, wie die hohen Kosten für VR-Hardware, die notwendige IT-Infrastruktur und das fehlende technische Know-how.

Trotz der anfänglich hohen Implementierungskosten von VR kann der langfristige Einsatz durch Einsparungen hoher Personal- und Trainingsmaterialkosten (vor allem Kosten von Simulationspersonen [19], [20]) zu einer Kosteneffizienz führen [20].

Tabelle 7: Angegebene medizinische Fachbereiche, für die Lehrveranstaltungen mit VR-Anteilen bereits eingesetzt wird oder derzeit entwickelt werden

		Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW (n=10)	Geplanter Einsatz NOVR (n=4)
Vorklinischer Bereich	Makroskopische Anatomie	3 (15%)	4 (40%)	1 (25%)
	Mikroskopische Anatomie	2 (10%)	2 (20%)	0
	Physiologie	1 (5%)	0	0
	Physik	1 (5%)	0	0
	Psychologie/Soziologie	0	0	1 (25%)
Klinischer Bereich	Pathologie	2 (10%)	1 (10%)	0
	Notfallmedizin	10 (50%)	5 (50%)	0
	Allgemeinmedizin	3 (15%)	0	0
	Innere Medizin	5 (25%)	0	0
	Anästhesiologie	1 (5%)	1 (10%)	0
	Chirurgie	6 (30%)	2 (20%)	1 (25%)
	Gynäkologie	0	0	1 (25%)
	Psychiatrie & Psychotherapie	2 (10%)	0	0
	Neurochirurgie	3 (15%)	1 (10%)	0
	Dermatologie	2 (10%)	0	1 (25%)
	Orthopädie	2 (10%)	1 (10%)	0
	Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde	2 (10%)	0	0
	Radiologie	2 (10%)	2 (20%)	0
	Palliativ-/Schmerzmedizin	2 (10%)	0	0
	Hygiene, Mikrobiologie, Virologie	1 (5%)	0	0
	Infektiologie, Immunologie	1 (5%)	0	0
	Klinische Chemie	1 (5%)	0	0
	Pharmakologie	1 (5%)	0	0
	Rechtsmedizin	2 (10%)	1 (10%)	0
	Geriatrie	1 (5%)	0	0
	Prävention	1 (5%)	0	0
Sonstige genannte Bereiche	Versuchstierkunde	1 (5%)	0	0
	Katastrophen-medicin	0	1 (10%)	0
	Notaufnahme/Leit-symptome	0	0	1 (25%)
	Bereich steht noch nicht fest	-	1 (10%)	1 (25%)

Anmerkung: Multiple-Choice-Antworten

Tabelle 8: Angaben zu den Semestern, in denen VR in der Lehre bereits eingesetzt wurde oder für die sie entwickelt werden

	Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW (n=10)
1. Semester	2 (10%)	1 (10%)
2. Semester	3 (15%)	2 (20%)
3. Semester	1 (5%)	1 (10%)
4. Semester	2 (10%)	1 (10%)
5. Semester	4 (20%)	1 (10%)
6. Semester	5 (25%)	1 (10%)
7. Semester	7 (35%)	1 (10%)
8. Semester	9 (45%)	3 (30%)
9. Semester	10 (50%)	1 (10%)
10. Semester	12 (60%)	2 (20%)
11. Semester (PJ)	1 (5%)	0
12. Semester (PJ)	1 (5%)	0
Semesterunabhängig	10 (50%)	4 (40%)
Steht noch nicht fest	-	4 (40%)

Anmerkungen: PJ=Praktisches Jahr. Multiple-Choice-Antworten

Tabelle 9: Einbindung in die Lehre und Lehrformat

		Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW (n=10)
Einbindung in die Lehre	Curricular	14 (70%)	4 (40%)
	Wahlfach	10 (50%)	4 (40%)
	Fakultativer Kurs	8 (40%)	2 (20%)
	Sonstiges	1 (5%)	1 (10%)
	Steht noch nicht fest	-	2 (20%)
Lehrformat	Seminar	14 (30%)	5 (50%)
	Praktikum	7 (35%)	2 (20%)
	Kleingruppenunterricht	8 (40%)	3 (30%)
	Vorlesung	2 (10%)	2 (20%)
	Tutorium	4 (20%)	2 (20%)
	Sonstiges	4 (20%)	0
	Steht noch nicht fest	-	2 (20%)

Anmerkung: Multiple-Choice-Antworten

Tabelle 10: Teilnehmende pro Semester bei bestehendem Einsatz von VR in der Lehre und geplantem Einsatz bei Standorten mit Entwicklung von Lehrveranstaltungen mit VR-Anteilen

	Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW & ESEW (n=24)
1-49	3 (15%)	4 (17%)
50-99	4 (20%)	4 (17%)
100-149	3 (15%)	3 (13%)
150-199	5 (25%)	3 (13%)
200-249	1 (5%)	1 (4%)
250-299	1 (5%)	0
>300	2 (10%)	2 (8%)
Sonstige Angabe	-	4 (17%)
Keine Angabe	1 (5%)	3 (13%)

Tabelle 11: Didaktische Umsetzung des VR-Einsatzes durch synchrone/asynchrone Lehre

		Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW (n=10)
Nutzung von VR innerhalb der Lehrveranstaltung/en	Während der Kurstermine	19 (95%)	9 (90%)
	Vor oder nach den Kursterminen mit Leihgeräten	2 (10%)	1 (10%)
	Vor oder nach den Kursterminen in Räumlichkeiten mit Hard- und Software	3 (15%)	1 (10%)
	Mit private HMDs	2 (10%)	2 (20%)
	Sonstiges	1 (5%)	0
	Das steht noch nicht fest	-	1 (10%)
Nutzung der VR zum Selbstlernen auch außerhalb der Lehrveranstaltung/en möglich	Ja, mit Leihgeräten	1 (5%)	1 (10%)
	Ja, in Räumlichkeiten mit bereitgestellter Hard- und Software	4 (20%)	2 (20%)
	Ja, mit privaten HMDs	2 (10%)	2 (20%)
	Nicht möglich	14 (70%)	5 (50%)
	Sonstiges	2 (10%)	2 (20%)
	Das steht noch nicht fest	-	1 (10%)

Anmerkung: Multiple-Choice-Antworten

Tabelle 12: Einbindung von VR in Forschungsprojekte oder Lehrforschung

		Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW (n=10)
Produkt eines geförderten Forschungs-/ Entwicklungsprojektes	Ja	2 (10%)	7 (29%)
	Ja, zum Teil	11 (55%)	8 (33%)
	Nein	7 (35%)	8 (33%)
Kooperationsvorhaben (bei geförderten Projekten)	Ja	7 (54%)	4 (27%)
	Nein	5 (39%)	9 (60%)
	Keine Angabe	1 (5%)	2 (20%)
Begleitung mit einer/mehreren wissenschaftlichen Fragestellungen	Ja	15 (75%)	-
	Nicht mehr, da bereits abgeschlossen	3 (15%)	-
	Nein	2 (10%)	-
Bei Begleitung (n=18): Schwerpunkte der laufenden/ abgeschlossenen wissenschaftlichen Fragestellung	Methodenvergleich (didaktisch)	16 (89%)	-
	Machbarkeit	12 (67%)	-
	Anwenderbeschreibung/ Implementierung	11 (61%)	-
	Usability	10 (56%)	-
	Technische Umsetzung	9 (50%)	-
	Sonstiges	1 (6%)	-

Anmerkung: Multiple-Choice-Antworten

Auch die fehlende Integration von haptischem Feedback, datenschutzrechtliche Bedenken und Skepsis gegenüber neuen Technologien erschweren den breiteren Einsatz [23], [24]. Besonders der Datenschutz stellt ein großflächiges Problem dar, da die Datensammlung und -übertragung durch die Software/Hardware bei kommerziellen Anwendungen oft nicht deaktiviert werden kann [25].

4.2. Lösungsansätze

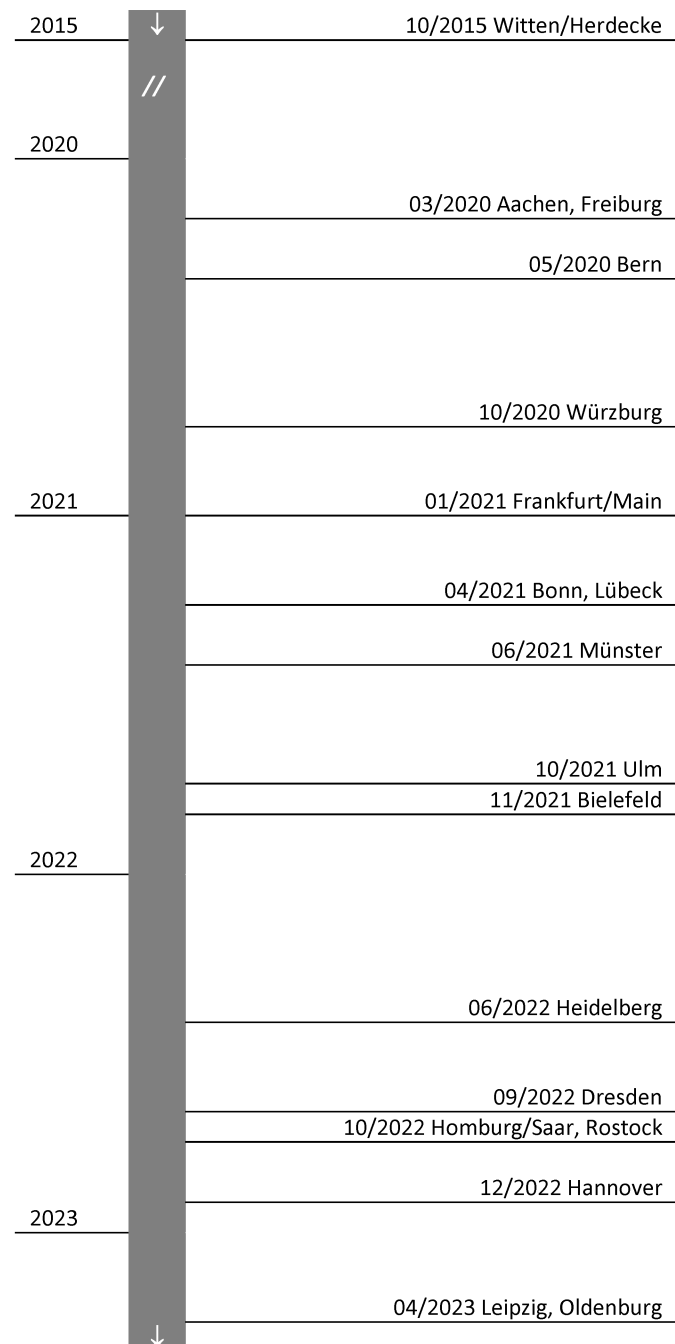
Die Implementierung von VR in der medizinischen Ausbildung kann durch gezielte Maßnahmen wie die Vernetzung

über AGs, gemeinsame Entwicklungsprojekte und standardisierte Evaluationsmethoden gefördert werden. Eine interaktive Plattform der VR-AG zur Dokumentation der Projekte sowie weiteren Fortschrittes soll Transparenz schaffen und die Zusammenarbeit in der DACH-Region stärken. Open-Source-Lösungen erleichtern den Wissenstransfer und die Anpassung von Entwicklungen, was Hochschulen entlastet. Der Austausch von Lehrformaten und -methoden sollte ressourcenschonend und flexibel an die Anforderungen der Standorte angepasst werden, trotz Herausforderungen durch unterschiedliche Hardware. Erfolgreiche Beispiele sind der Transfer der VR-Leichen-

Tabelle 13: Nutzung standortübergreifender Austauschforen zu VR in der Lehre

	Bestehender Einsatz ENSA & ESEW (n=20)	Entwicklung ENTW (n=10)
Meetings im Drittmittelprojekt	6 (30%)	2 (20%)
VR AG des GMA-Ausschusses für Digitalisierung	13 (65%)	4 (40%)
Arbeitskreis VR/AR-Learning der Gesellschaft für Informatik	0	0
UniVERSEty	2 (10%)	0
Keine	4 (20%)	4 (40%)
Sonstige	7 (35%)	3 (30%)

Anmerkung: Multiple-Choice-Antworten

**Abbildung 4: Zeitstrahl zur Einführung von VR an ENSA und ESEW Hochschulen in der DACH-Region**

schau und VR-Hirntoduntersuchung zwischen verschiedenen Standorten [23], [26].

4.3. Limitationen der Umfrage

Nicht alle Standorte und VR-Anwendungen in der DACH-Region konnten in die Erhebung einbezogen werden, was auf die Freiwilligkeit der Umfrage oder mögliche Hürden, wie fehlende Weitergabe von Informationen, zurückzuführen ist. Zudem hatten die Befragten möglicherweise keinen vollständigen Überblick über das gesamte VR-Curriculum ihrer Fakultäten. Der Fragebogen, basierend auf einem Expert*innen-Konsens, erfasste keine genauen Angaben zur Anzahl der Anwendungen, was die Analyse erschwerte. Mehrfachantworten pro Standort wurden zusammengefasst und bei geplanten VR-Anwendungen blieben manche Fragen unbeantwortet.

Dies könnte zu Verzerrungen führen, dennoch wurde das Ziel der Informationssammlung erreicht. Die Ergebnisse stellen eine Momentaufnahme dar und berücksichtigen keine zwischenzeitlichen Entwicklungen. Eine fortlaufende Erhebung ist notwendig, um aktuelle Trends abzubilden. Die VR-AG der GMA sowie eine interaktive Karte könnten hier Lösungen bieten. Da die Umfrage nur die DACH-Region abdeckt, sind die Ergebnisse möglicherweise nicht international vergleichbar.

Es existieren keine ähnlichen Datenerhebungen, und obwohl internationale VR-Übersichtsartikel vorhanden sind, bieten diese keine detaillierte Übersicht über aktuelle Anwendungen in der DACH-Region (Scoping Reviews: [15], [16], [17], [27], [28], [29], [30]). Daher ist auch eine Einordnung in den internationalen Kontext nicht sinnvoll. Ein entscheidender Schritt in der Planung und vor der Anwendung besteht darin, den Einsatz und die Sinnhaftigkeit für jeden Einzelfall sorgfältig zu überprüfen. Verschiedene Publikationen bieten hierzu Ansätze und Leitfragen, die das Vorgehen unterstützen [15], [17], [26]. Eine Zusammenfassung solcher Publikationen mit Empfehlungen zum Einsatz von VR in der medizinischen Lehre kann eine zukünftige Aufgabe der VR-AG sein.

4.4. Studienlage

Im relativ neuen Bereich der medizinischen Ausbildung auf Basis von VR-Anwendungen existieren bislang nur wenige Forschungsarbeiten. Eine Metaanalyse von Chen et al. [31] zeigte bereits, dass VR die Wissensaneignung deutlich fördert, jedoch keine signifikanten Unterschiede bei Fertigkeiten, Zufriedenheit, Vertrauen oder Leistungszeit festzustellen sind. Um den Lerneffekt von VR und die langfristige Kompetenzentwicklung in der medizinischen Ausbildung besser zu verstehen, sind weitere Studien notwendig. Diese sollten nicht nur unmittelbare und objektive Lernergebnisse erfassen, sondern auch den nachhaltigen Wissenszuwachs und die praktische Anwendbarkeit im klinischen Alltag beleuchten. Fundiertere Evaluationen können auf Basis von vermehrter fester Integration in das Pflichtcurriculum erfolgen, um Verzerrungen zu minimieren und eine repräsentative Datenbasis zu

schaffen. Studien, die den Lerneffekt unter Berücksichtigung unterschiedlicher Lernziele (kognitiv, psychomotorisch, affektiv) untersuchen, könnten zudem wertvolle Erkenntnisse zu den didaktischen Einsatzmöglichkeiten von VR liefern.

5. Schlussfolgerung/Ausblick

Die Nutzung von VR in der medizinischen Lehre nimmt stetig zu, zeigt jedoch im DACH-Raum eine heterogene Verbreitung. Externe Studien belegen das große Potenzial von VR, Lernprozesse zu verbessern und praxisnahe Schulungen unter realitätsnahen Bedingungen zu ermöglichen. Um dieses Potenzial optimal auszuschöpfen, sollten Entwicklungsarbeiten nicht isoliert an einzelnen Standorten erfolgen, sondern standortübergreifend koordiniert werden. Die aktuelle Arbeit verfolgt dieses Ziel: Sie soll den notwendigen Austausch zwischen den verschiedenen Institutionen fördern und als Grundlage für die Initiierung gemeinsamer Forschungsprojekte dienen. Durch diese Vernetzung wird es möglich, VR gezielt und effektiv in die medizinische Ausbildung zu integrieren und innovative Lehransätze zu entwickeln, die über einzelne Standorte hinausreichen.

Abkürzungen

- AG: Arbeitsgruppe
- BMBF: Bundesministerium für Bildung und Forschung
- CC: Creative Commons
- DACH: Deutschsprachiger Raum; Deutschland (D), Österreich (A), Schweiz (CH)
- ENSA: Standorte mit bestehendem VR-Einsatz ohne Entwicklung
- ENTW: Standorte in ENTwicklung ohne bisherigen Einsatz von VR
- ESEW: Standorte mit Einsatz & Entwicklung von VR
- GMA: Gesellschaft Medizinische Ausbildung
- HMD: Head-Mounted Display
- MBO-Ä: (Muster-)Berufsordnung für die in Deutschland tätigen Ärztinnen und Ärzte
- NKLM: Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin
- NOVR: Standorte Ohne (NO) VR
- NTS: Non-Technical Skills
- PJ: Praktisches Jahr
- VR: Virtual Reality
- XR: Extended Reality

Anmerkungen

Autorenbeiträge

- Projektadministration: MW, RS, AJ
- Konzeptualisierung: MW, MMey, HS, TE, RS
- Methodik: MW, MMey, MMer, HS, TE, LM, BR, OH, RS, AJ
- Formale Analyse: MMey, RS, OH, LM
- Grafiken und Abbildungen: OH, LM, MMey, BR
- Schreiben – Originalentwurf: MW, MMey, MMer, HS, TE, LM, BR, OH, RS, AJ
- Überprüfung und Bearbeitung: MW, MMey, MMer, HS, TE, LM, BR, OH, RS, AJ

Alle Autoren haben die endgültige Fassung des Manuskripts gelesen und ihr zugestimmt.

ORCIDs der Autor*innen

- Marie-Christin Willemer: [0009-0000-7950-5922]
- Marcel Meyerheim: [0000-0002-9294-9445]
- Marvin Mergen: [0000-0002-3891-580X]
- Henriette Schulze: [0009-0001-4364-7141]
- Tanja Joan Eiler: [0000-0002-6917-7942]
- Lukas Mayer: [0009-0008-0261-7932]
- Bernd F. M. Romeike: [0000-0002-9693-3870]
- Ole Hätscher: [0009-0009-1410-4023]
- Robert Speidel: [0000-0001-5488-7100]
- Anna Junga: [0000-0002-4165-9114]

Ethik

Der endgültige Fragebogen wurde gemäß den Vorgaben des Ethikantrags zusammen mit der datenschutzrechtlichen Überprüfung der erstellten Einwilligungserklärung und Datenschutzinformationen der zuständigen Ethikkommission für die medizinische Fakultät der Universität Ulm vorgelegt. Laut dieser ist gemäß § 15 MBO-Ä die Umfrage im Sinne einer Lehrevaluation nicht beratungspflichtig.

Datenverfügbarkeit

Die für diese Studie generierten und analysierten anonymisierte Datensätze können auf begründete Anfrage von der korrespondierenden Autorin zur Verfügung gestellt werden.

Danksagung

Wir danken allen teilnehmenden Fakultäten für die Bereitstellung der Informationen.

Interessenkonflikt

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

Anhänge

Verfügbar unter <https://doi.org/10.3205/zma001785>

1. Anhang_1.pdf (3672 KB)
Fragebogen

Literatur

1. Tang YM, Chau KY, Kwok AP, Zhu T, Ma X. A systematic review of immersive technology applications for medical practice and education - Trends, application areas, recipients, teaching contents, evaluation methods, and performance. *Educ Res Rev.* 2022;35:100429. DOI: 10.1016/j.edurev.2021.100429
2. Creutzfeldt J, Hedman L, Felländer-Tsai L. Cardiopulmonary Resuscitation Training by Avatars: A Qualitative Study of Medical Students' Experiences Using a Multiplayer Virtual World. *JMIR Serious Games.* 2016;4(2):e22. DOI: 10.2196/games.6448
3. Süncksen M, Bott OJ, Dresing K, Teistler M. Simulation of scattered radiation during intraoperative imaging in a virtual reality learning environment. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2020;15(4):691-702. DOI: 10.1007/s11548-020-02126-x
4. Mayer L, Süncksen M, Reinhold S, Teistler M. vimiLab – Teaching Medical Imaging and Radiological Anatomy in a Virtual Reality Environment. In: 2023 IEEE 11th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH). IEEE; 2023. p.1-5.
5. Moro C, Birt J, Stromberga Z, Phelps C, Clark J, Glasziou P, Scott AM. Virtual and Augmented Reality Enhancements to Medical and Science Student Physiology and Anatomy Test Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Anat Sci Educ.* 2021;14(3):368-376. DOI: 10.1002/ase.2049
6. Yeung AWK, Tosevska A, Klager E, Eibensteiner F, Laxar D, Stoyanov J, Glisic M, Zeiner S, Kulnik ST, Crutzen R, Kimberger O, Kletecka-Pulker M, Atanasov AG, Willschke H. Virtual and Augmented Reality Applications in Medicine: Analysis of the Scientific Literature. *J Med Internet Res.* 2021 Feb 10;23(2):e25499. DOI: 10.2196/25499
7. Hendradi P, Ghani MK, Mahfuzah S. A Literature Review of E-Learning Technology in Higher Education. *J Comp Sci Technol Stud.* 2023;5(1):1-7. DOI: 10.32996/jcsts.2023.5.1.1
8. Bracq MS, Michinov E, Jannin P. Virtual Reality Simulation in Nontechnical Skills Training for Healthcare Professionals: A Systematic Review. *Simul Healthc.* 2019;14(3):188-194. DOI: 10.1097/SIH.0000000000000347
9. Chaby L, Benamara A, Pino M, Prigent E, Ravenet B, Martin JC, Vanderstichel H, Becerril-Hortega R, Rigaud AS, Chetouani M. Embodied Virtual Patients as a Simulation-Based Framework for Training Clinician-Patient Communication Skills: An Overview of Their Use in Psychiatric and Geriatric Care. *Front Virtual Real.* 2022;3: 827312. DOI: 10.3389/frvir.2022.827312
10. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, Satava RM. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg.* 2002;236(4):458-464. DOI: 10.1097/0000658-200210000-00008

11. Akl EA, Pretorius RW, Sackett K, Erdley WS, Bhoopathi PS, Alfarah Z, Schünemann HJ. The effect of educational games on medical students' learning outcomes: a systematic review: BEME Guide No 14. *Med Teach*. 2010;32(1):16-27. DOI: 10.3109/01421590903473969
12. Kim HY, Kim EY. Effects of Medical Education Program Using Virtual Reality: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;20(5):389. DOI: 10.3390/ijerph20053895
13. de Ponti R, Marazzato J, Maresca AM, Rovera F, Carcano G, Ferrario MM. Pre-graduation medical training including virtual reality during COVID-19 pandemic: a report on students' perception. *BMC Med Educ*. 2020;20(1):332. DOI: 10.1186/s12909-020-02245-8
14. Mergen M, Meyerheim M, Graf N. Towards Integrating Virtual Reality into Medical Curricula: A Single Center Student Survey. *Educ Sci*. 2023;13(5):477. DOI: 10.3390/educsci13050477
15. Lerner D, Mohr S, Schild J, Göring M, Luiz T. An Immersive Multi-User Virtual Reality for Emergency Simulation Training: Usability Study. *JMIR Serious Games*. 2020;8(3):e18822. DOI: 10.2196/18822
16. Moll-Khosrawi P, Falb A, Pinnschmidt H, Zöllner C, Issleib M. Virtual reality as a teaching method for resuscitation training in undergraduate first year medical students during COVID-19 pandemic: a randomised controlled trial. *BMC Med Educ*. 2022;22(1):483. DOI: 10.1186/s12909-022-03533-1
17. Mühling T, Späth I, Backhaus J, Milke N, Oberdörfer S, Meining A, Latoschik ME, König S. Virtual reality in medical emergencies training: benefits, perceived stress, and learning success. *Multimedia Syst*. 2023;29(4):2239-2252. DOI: 10.1007/s00530-023-01102-0
18. Klus C, Krumm K, Jacobi S, Willemer MC, Daub C, Stoevesandt D, Metzler K, Richter C, Peter LM, Heide S, Schmidt U. External post-mortem examination in virtual reality-scalability of a monocentric application. *Int J Legal Med*. 2024;138(5):1939-46. DOI: 10.1007/s00414-024-03229-9
19. Walter S, Speidel R, Hann A, Leitner J, Jerg-Bretzke L, Kropp P, Garbe J, Ebner F. Skepticism towards advancing VR technology - student acceptance of VR as a teaching and assessment tool in medicine. *GMS J Med Educ*. 2021;38(6):Doc100. DOI: 10.3205/zma001496
20. Neundlinger K. Digitale Empathie: Virtual Reality als Medium zur Entwicklung sozialer Kompetenzen. *Medienimpulse*. 2021;59(2):33. DOI: 10.21243/mi-02-21-24
21. Dlamini ST, Botha C. The use of augmented and virtual reality to enhance the customer experience. *Afr J Sci Technol Innov Develop*. 2024;16(3):399-409. DOI: 10.1080/20421338.2024.2326791
22. Kockwelp P, Meyerheim M, Valkov D, Mergen M, Junga A, Krüger A, Marschall B, Holling M, Risse B. Competence Training at Scale: Teaching Clinical Skills in the Context of Virtual Brain Death Examination. In: *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, Volume 8, Issue EICS. Article No.: 261. 17 June 2024. p.1-31. DOI: 10.1145/3664635
23. Jiang H, Vimalasvaran S, Wang JK, Lim KB, Mogali SR, Car LT. Virtual Reality in Medical Students' Education: Scoping Review. *JMIR Med Educ*. 2022;8(1):e34860. DOI: 10.2196/34860
24. Lie SS, Helle N, Sletteland NV, Vikman MD, Bonsaksen T. Implementation of Virtual Reality in Health Professions Education: Scoping Review. *JMIR Med Educ*. 2023;9: e41589. DOI: 10.2196/41589
25. Pedram S, Kennedy G, Sanzone S. Toward the validation of VR-HMDs for medical education: a systematic literature review. *Virtual Real*. 2023;1-26. DOI: 10.1007/s10055-023-00802-2
26. Dhar E, Upadhyay U, Huang Y, Uddin M, Manias G, Kyriazis D, Wajid U, AlShawaf H, Syed Abdul S. A scoping review to assess the effects of virtual reality in medical education and clinical care. *Digit Health*. 2023;9:20552076231158022. DOI: 10.1177/20552076231158022
27. Tudor Car L, Kyaw BM, Teo A, Fox TE, Vimalasvaran S, Apfelbacher C, Kemp S, Chavannes N. Outcomes, Measurement Instruments, and Their Validity Evidence in Randomized Controlled Trials on Virtual, Augmented, and Mixed Reality in Undergraduate Medical Education: Systematic Mapping Review. *JMIR Serious Games*. 2022;10(2):e29594. DOI: 10.2196/29594
28. Cao Y, Ng GW, Ye SS. Design and Evaluation for Immersive Virtual Reality Learning Environment: A Systematic Literature Review. *Sustainability*. 2023;15(3):1964. DOI: 10.3390/su15031964
29. Mergen M, Meyerheim M, Graf N. Reviewing the current state of virtual reality integration in medical education - a scoping review protocol. *Syst Rev*. 2023;12(1):97. DOI: 10.1186/s13643-023-02266-6
30. Chen FQ, Leng YF, Ge JF, Wang DW, Li C, Chen B, Sun ZL. Effectiveness of Virtual Reality in Nursing Education: Meta-Analysis. *J Med Internet Res*. 2020;22(9):e18290. DOI: 10.2196/18290
31. Mao RQ, Lan L, Kay J, Lohre R, Ayeni OR, Goel DP, de Sa D. Immersive Virtual Reality for Surgical Training: A Systematic Review. *J Surg Res*. 2021;268:40-58. DOI: 10.1016/j.jss.2021.06.045

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Anna Junga
 Universität Münster, Institut für Ausbildung und
 Studienangelegenheiten, Niels-Stensen-Str. 12, 48149
 Münster, Deutschland, Tel.: +49 (0)251/83-41133
 anna.junga@uni-muenster.de

Bitte zitieren als

Willemer MC, Meyerheim M, Mergen M, Schulze H, Eiler TJ, Mayer L, Romeike BFM, Hätscher O, Speidel R, Junga A. Current use of virtual reality in medical education in Germany, Austria, and Switzerland: Results of an online survey among medical faculties. *GMS J Med Educ*. 2025;42(5):Doc61. DOI: 10.3205/zma001785, URN: urn:nbn:de:0183-zma0017852

Artikel online frei zugänglich unter

<https://doi.org/10.3205/zma001785>

Eingereicht: 31.10.2024

Überarbeitet: 04.02.2025

Angenommen: 11.06.2025

Veröffentlicht: 17.11.2025

Copyright

©2025 Willemer 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/>.