

Universitätsmedizin Rostock

Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Robert Mlynski

Multidimensionale Konzepte bei der Digitalisierung in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde



Kumulative Habilitationsschrift

Zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae habilitata (Dr. med. habil.)
der Universitätsmedizin Rostock

vorgelegt von

Dr. med. Sara Maria van Bonn-Ytrehus

geb. am 19.04.1994 in Wismar

wohnhaft in Rostock

Rostock, den 13.05.2024

Dekan: Prof. Dr. med. B. Krause

1. Gutachter: Prof. Dr. med. R. Mlynski

2. Gutachter: Prof. Dr. med. M. Neudert

3. Gutachter: Prof. Dr. med. A. Knopf

Jahr der Einreichung: 2024

Jahr der Verteidigung: 2024

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
1. Einleitung	6
2. Methoden, Ergebnisse und Diskussion der Originalarbeiten.....	10
2.1 Aufbau eines elektronischen Lehr- und Lernkonzeptes	10
2.2 Nutzung multidimensionaler Formate zur Erweiterung des Lehrkonzeptes	18
2.3 E-Health - Digitale Gesundheitsanwendungen als Zukunftsvision.....	23
3. Zusammenfassung	27
4. Literaturverzeichnis	29
5. Publikationsverzeichnis	35
Anhang	38
I. Eidesstattliche Erklärung.....	38
II. Danksagung	39
III. Akademischer Lebenslauf	40
IV. Originalarbeiten	41

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Ablauf des elektronischen Lehr- und Lernprogrammes.....	11
Abbildung 2	Übersicht der Bewertung der Fragen 1 bis 7 vor und nach Durchführung der elektronischen Lernkurse durch die Studierenden (n=84) im Vergleich	13
Abbildung 3	Übersicht der Bewertung der Fragen 1 bis 8 nach Teilnahme am Operations-Live-Stream durch die Studierenden (n=65).....	15
Abbildung 4	Evaluationsergebnisse der elektronischen Visite	16
Abbildung 5	Klausurergebnisse der Jahre 2017 bis 2021 im statistischen Vergleich.....	17
Abbildung 6	Übertragung einer Live-Operation (Cochlea-Implantation) via VR-Brille	19
Abbildung 7	Links: Anzahl der korrekt identifizierten anatomischen Strukturen vor und nach der Lehreinheit mit einem 3D-Medium; Rechts: Anzahl der korrekt identifizierten anatomischen Strukturen nach der Lehreinheit mit einem 3D-Medium im Vergleich mit Boxplots dargestellt	20
Abbildung 8	Wissensstanderhebung nach Selbststudium (modifiziert nach [27])	21
Abbildung 9	Darstellungsbeispiel, wie Studierende die Operation im 3D-Modus im Operationssaal verfolgen	22
Abbildung 10	Darstellungsbeispiel, der durch die Studierenden eingezeichneten anatomischen Strukturen (weiß) im Assistentenmodus des Arriscopes während der Operation	22
Abbildung 11	Beispielergebnis der App-Analyse für einen horizontalen rechtsdrehenden Nystagmus	25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Evaluationsbögen vor und nach Durchführung des elektronischen Lehr- und Lernprogrammes	12
Tabelle 2	Auflistung der Testdurchläufe	25

Abkürzungsverzeichnis

ÄApprO	Ärztliche Approbationsordnung
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
Covid-19	Coronavirus disease 2019
E-Learning	Elektronisches Lernen
E-Visite	Elektronische Visite
HD	High-Definition
HNO	Hals-Nasen-Ohren
KI	Künstliche Intelligenz
LMS	Lernmanagement-System
MC	Multiple-Choice
sog.	sogenannte
SS	Sommersemester
VR	Virtual Reality
WS	Wintersemester
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

Digitalisierung – kein Begriff von gestern!

Der digitale Wandel in der Medizin hat bereits vor vielen Jahren begonnen [1]. Schon in den vergangenen zwei Jahrzehnten wurde die digitale Transformation des Gesundheitswesens u.a. durch die Globalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft vorangetrieben und ist fortan ein Prozess des kontinuierlichen Wandels. Die Verbindung von Digitalisierung und Internationalisierung ist dabei unumgänglich [2]. Neu ist allerdings das Tempo mit der Digitalisierung durch die technologischen Fortschritte implementiert wird. Damit verbunden besteht die Möglichkeit immense Datenmengen umzusetzen und zu verarbeiten [1]. Insbesondere in den letzten Jahren, verstärkt durch die Covid-19-(Coronavirus disease 2019)-Pandemie, haben digitale Technologien und Methoden nahezu sämtliche Bereiche des gesellschaftlichen Lebens beeinflusst und nachträglich verändert [3].

Digitale Technologien sind nun allgegenwärtig und nicht mehr wegzudenken. Auch im Gesundheitswesen findet dieser digitale Wandel statt. Auf verschiedenen Ebenen zeigen sich Änderungen, so beeinflusst die Digitalisierung nicht nur bestehende Versorgungsprozesse. Der digitale Wandel sorgt für eine erhebliche, mitunter disruptive Umgestaltung der Versorgungslandschaft. Dies bedarf teils eklatante Veränderungen in der Gesundheitsversorgung und Patientenbetreuung, aber auch die Anpassung der Inhalte des Medizinstudiums an den digitalen Fortschritt [2].

Der akademische Lehrauftrag der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde (HNO-Heilkunde), Kopf- und Hals-Chirurgie „Otto Körner“ wird im Normalbetrieb durch einen zweistündigen Untersuchungskurs im Zuge der klinischen Propädeutik im 1. klinischen Semester, durch wöchentliche Vorlesungen (mit herkömmlichen PowerPoint-Präsentationen mit Bild- und Videounterlegung) sowie durch ein verpflichtendes viertägiges Blockpraktikum (3,5 Stunden Anwesenheit pro Tag) in der Ambulanz, auf Station und im Operationssaal im 9. und 10. Fachsemester der Humanmedizin sichergestellt. Die Vorlesung erfolgt ausschließlich im 9. Semester, das Blockpraktikum jedoch für die Hälfte der Studierenden im 9. und für die andere Hälfte im 10. Fachsemester. Die Abschlussklausur wird zum Ende des 9. Fachsemesters geschrieben. Die regelmäßige Teilnahme an der Vorlesung, den Blockpraktika sowie der Abschlussklausur sind nach aktueller Studienordnung der Universitätsmedizin Rostock (Stand 2002) Voraussetzung für das Erlangen des Prüfungsscheins.

Mit Beginn der Covid-19-Pandemie war es im universitären Umfeld nicht mehr möglich, den Präsenzunterricht unter Einhaltung der Abstands- und Hygieneregeln aufrechtzuerhalten. Als

Reaktion darauf wurde deutschlandweit ab dem 02.04.2020 auf Empfehlung der Hochschulrektorenkonferenz die vollständige Präsenzlehre vorübergehend eingestellt und auf einen Online-Lehrbetrieb umgestellt [4]. Dies stellte die Universitäten und Hochschulen vor enorme Herausforderungen, da sie innerhalb kurzer Zeit einen geordneten, dem der Präsenzlehre gleichwertigen Unterricht online sicherstellen sollten. Das Coronasemester 2020 war das Semester, *„wo vieles in der Lehre plötzlich begann und doch nicht begann bzw. schon längst hätte beginnen sollen“* [5]. Insbesondere war die medizinische Ausbildung durch die kurze Übergangsphase und der Tatsache, dass Arbeit am Patienten ein fundamentaler und unabdinglicher Bestandteil des Lehrkonzeptes ist, zusätzlich erschwert [6]. Der Umgestaltungsprozess musste schnell vonstatten gehen und führte oft zu dem viel zitierten, als kritisch zu einer gut durchdachten Online-Lehre abzugrenzenden Begriff, „Emergency Remote Teaching“ [6, 7]. Es ist von einer Zeitenwende die Rede, denn es zeigte sich, dass digitalisierte Lehre mit elektronischen Lehr- und Lernprogrammen ihr Potenzial beweisen musste und die Akzeptanz bzw. Verbreitung dieser in einem Rekordtempo vonstatten ging [5]. Bereits vor der Covid-19-Pandemie gab es sehr positive Entwicklungen im digitalen Lernen und Lehren. In der Grundlagenforschung existierten bereits viele Belege, die die Vorteile des gezielten Einsatzes von digitalem Unterricht aufzeigen konnten [8–11]. Viele kleine Forschungsprojekte wurde im Vorfeld zur digitalen Lehre durchgeführt, aber zuvor selten ausgewertet und evaluiert [12].

Seit der Covid-19-Pandemie haben digitale Technologien die Hochschullehre revolutioniert und neue Wege sowie Möglichkeiten zur akademischen Wissensvermittlung eröffnet. Präsenzunterricht als alleinige Lehrmethode ist nicht mehr zeitgemäß. Insbesondere „Blended-Learning“-Konzepte, aber auch virtuellen Patienten und Simulationen wurden verstärkt eingesetzt [11, 13–15]. Zudem wird durch den Einsatz der elektronischen Lehre ein Wechsel von lehrergelenktem Unterricht zum sog. „Inverted-Classroom“-Modell beschleunigt. Hierbei eignet sich der Lernende digitale vom Lehrenden zur Verfügung gestellte Materialien eigenständig zu Hause an. Präsenzlehre dient dabei lediglich der Vertiefung des eigenständig Gelernten. Hierbei steht die digital-virtuelle Lehre nicht mehr in Konkurrenz zur klassischen Präsenzlehre, sondern als sinnvolle Ergänzung. Denn im Sinne der „Blended-Learning“-Strategie gilt es, kollaborative Tools einzusetzen, um das Lehrangebot und die Zugänglichkeit zu Lerninhalten durch die Verwendung neuer Technologien zu verbessern und zu erweitern [16, 17]. Es musste eine Verbindung zwischen Effektivität und Flexibilität elektronischer Lehrformate mit den sozialen Aspekten der Interaktion zwischen mehreren Personen („face-to-face“) und dem praktischen Erlernen von Tätigkeiten geschaffen werden [3, 17].

Die Entwicklungen digitaler Lehr- und Lernformate sind somit in verschiedenen medizinischen Bereichen als hochaktuell und sehr relevant anzusehen [17–19]. So legt auch die neue Ärztliche Approbationsordnung (ÄApprO) einen Fokus auf den Erwerb digitaler Kompetenzen während der medizinischen Ausbildung. Dies umfasst nicht nur den Lehrinhalt, sondern auch die Methoden des Wissenserwerbs. Heutige Studierende, sind als sog. „Digital Natives“ aufgewachsen und müssen um auf zukünftige Eventualitäten im beruflichen Alltag vorbereitet zu sein, in der Lage sein, die Grundlagen für ärztliches Handeln sowie insbesondere die Funktionsweisen und den Umgang mit digitalen Technologien beherrschen [2]. Kuhn et al. beschreiben, dass trotz des Aufwachsens als „Digital natives“ die Nutzung digitaler Technologien nicht unbedingt einen systematisierten Gebrauch im medizinischen Alltag bedinge [17, 20]. Loda et al. vermerken jedoch auch positive Zusammenhänge diesbezüglich [21, 22]. Heutige Studierende sind Multitasking gewöhnt und erwarten somit auch, dass ihnen die Bereitstellung und Nutzung verschiedener Lehr- und Lernformate von Bildungseinrichtungen unabhängig von Zeit und Ort ermöglicht wird [17, 23, 24].

Es bestehen allerdings reichlich Herausforderungen bei der Integration dieser neuen Lehr- und Lerninhalte in vorhandene Studienordnungen, da besonders im Medizinstudium die Notwendigkeit besteht, auch praktische und theoretische Lehrinhalte am Krankenbett zu vermitteln [2]. Relevante Hürden bremsen bisher den digitalen Unterricht. So führte die fehlende Erfahrung auf Seiten der Lehrenden, rechtliche Rahmenbedingungen auf verschiedenen Ebenen der Gesundheits- und Bildungspolitik, mangelnde Transparenz bei der Anrechenbarkeit digitaler Lehre, überlastete bestehende Lehrpläne im Medizinstudium und andere Aspekte dazu, dass sich die digitale Lehre nur schrittweise weiterentwickeln konnte [12, 25, 26]. Bei der Entwicklung neuartiger Lehrkonzepte müssen technische und didaktische Herausforderungen bewältigt und auch die unterschiedliche Verfügbarkeit digitaler Infrastrukturen (standortunabhängig) berücksichtigt werden. Zusätzlich bedarf es einer ausreichenden Anzahl an geschultem Lehrpersonal [2]. Synergien zwischen verschiedenen Universitäts- und Hochschulstandorten, speziell den unterschiedlichen Fachbereichen müssen geschaffen werden [6]. Die Implementierung neuer elektronischer Lehrkonzepte erfordert auch die Erneuerung bereits bestehender Lehrmethoden [2]. Bei der Konzeptualisierung von digitalen Unterricht müssen die erschaffenen elektronischen Lehr- und Lernformate zudem flexibel gestaltbar und kontinuierlich auf ihre inhaltliche Richtigkeit überprüft und flexibel angepasst werden können [6, 27].

Das bereits verfügbare Angebot bestehender digitaler Lehr- und Lernformate zeigt sich studienfachabhängig sehr divergent und ist gerade im Medizinstudium unterrepräsentiert [3, 23, 24, 27–30]. Es umfasst, neben den weit verbreiteten klassischen Formaten wie

Lernmanagement-Systeme (LMS), auch audio- und videobasierte Medien oder elektronische Prüfungssysteme. Zum jetzigen Zeitpunkt ist der Einsatz digitaler Medien im Rahmen des Medizinstudiums nur punktuell bzw. sehr heterogen vorhanden und noch kein integraler und flächendeckender Bestandteil der Lehre [19]. Die Lehrverantwortlichen müssen diese Chance nutzen. Nur durch eine zeitgemäße, longitudinale Wissensvermittlung mit innovativen Lehr- und Lernkonzepten kann dieser digitale Wandel vollzogen werden [12].

Zudem ist von großem Interesse, inwiefern die digitale Transformation der Lehre durch Anwendung neuartiger technologischer Lehr- und Lernformate dazu beitragen kann, die Gesundheitsversorgung voranzubringen [2]. Können durch die Vermittlung digitaler Kompetenzen in der Lehre der HNO-Heilkunde Studieninhalte so übermittelt werden, dass zukünftige Ärzte und Ärztinnen optimal auf ihren Beruf vorbereitet sind? Welche digitalen Möglichkeiten stehen in der HNO-Heilkunde für die Lehre zur Verfügung und wie werden sie durch die Besonderheiten des Fachgebietes beeinflusst? Sind die Lerneffekte, die durch den Einsatz digitaler Medien erzielt werden, messbar? Ist es möglich, digitale Effekte gezielt zu nutzen und in der HNO-Heilkunde skalierbar zu machen? Die Auseinandersetzung mit diesen Fragekomplexen ist Gegenstand der vorliegenden Habilitationsschrift.

2. Methoden, Ergebnisse und Diskussion der Originalarbeiten

Die kumulative Habilitation basiert auf den folgenden Originalarbeiten (siehe Anhang):

- I. **van Bonn SM**, Grajek JS, Großmann W, Bernd HE, Rettschlag S, Mlynski R, Weiss NM. *Elektronisches Lernen für Studenten in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde durch Nutzung des Content-Management-Systems ILIAS*. HNO. 2021 Aug;69(8):642-649. doi: 10.1007/s00106-021-01008-1. Epub 2021 Feb 3.
- II. **van Bonn SM**, Grajek JS, Schneider A, Oberhoffner T, Mlynski R, Weiss NM. *Interactive live-stream surgery contributes to surgical education in the context of contact restrictions*. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2021 Aug 23;1-7. doi: 10.1007/s00405-021-06994-0. Epub 2021 Aug 23.
- III. **van Bonn SM**, Grajek J, Rettschlag S, Schraven SP, Mlynski R. *Interaktive elektronische Visualisierungsformate in der studentischen Ausbildung*. HNO. 2024 Feb 23. doi: 10.1007/s00106-024-01436-9. Online ahead of print.
- IV. Grajek J, Rettschlag S, Schneider A, Schraven SP, Mlynski R, **van Bonn SM**. *Multidimensionale Formate chirurgischer Anatomie in der studentischen Ausbildung der HNO-Heilkunde*. HNO 2024. doi: 10.1007/s00106-024-01427-w. Online ahead of print.
- V. **van Bonn SM**, Grajek JS, Schuldt T, Schraven SP, Schneider A, Rettschlag S, Oberhoffner T, Weiss NM, Mlynski R. *Interaktive, intraoperative Annotation chirurgischer Anatomie in der studentischen Ausbildung zur Unterstützung der Lerneffizienz und -motivation*. HNO. 2022 Aug;70(8):609-617. doi: 10.1007/s00106-022-01187-5. Epub 2022 Jun 4
- VI. **van Bonn SM**, Behrendt SP, Pawar BL, Schraven SP, Mlynski R, Schuldt T. *Smartphone-based nystagmus diagnostics: development of an innovative app for the targeted detection of vertigo*. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2022 Dec;279(12):5565-5571. doi: 10.1007/s00405-022-07385-9. Epub 2022 Apr 22.

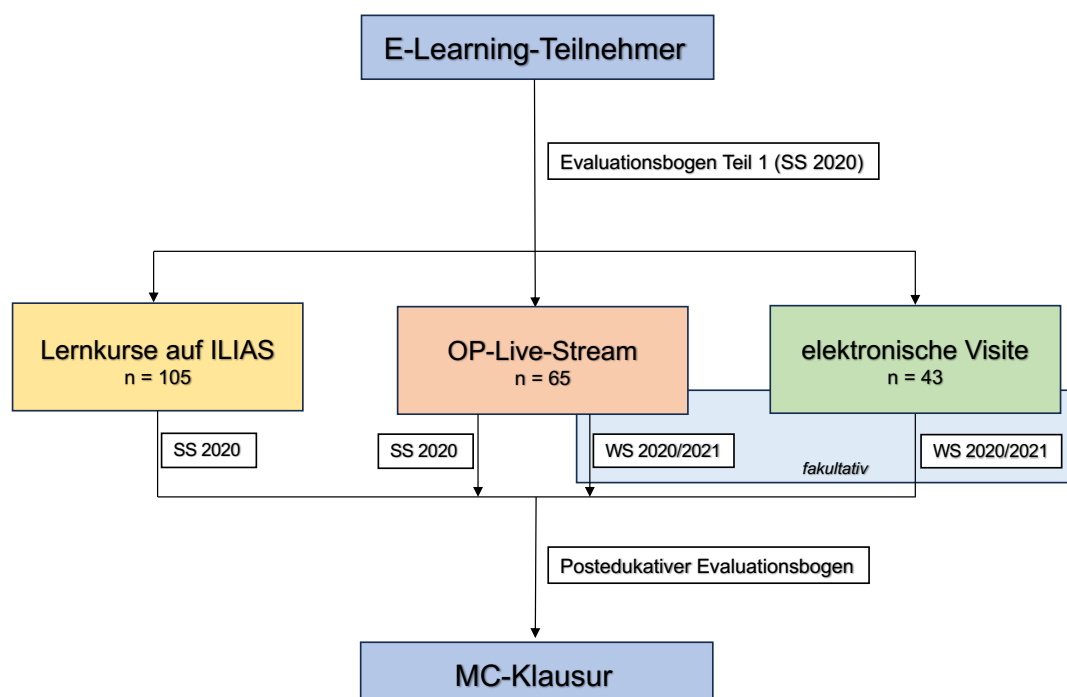
2.1 Aufbau eines elektronischen Lehr- und Lernkonzeptes

Elektronisches Lernen, auch bekannt als E-Learning, stellt ein umfassendes und selbstgesteuertes Konzept des Lehrens und Lernens dar, das elektronische Technologien und Medien zur Bereitstellung von Bildungsinhalten nutzt. In universitären Kreisen erfreuen sich elektronische Lehr- und Lernformate zunehmender Beliebtheit und erhalten verstärkt Aufmerksamkeit [3, 31, 32]. Die Bandbreite von E-Learning ist breit gefächert und umfasst verschiedene Formate wie u.a. Online-Kurse über LMS, „Blended Learning“ als Kombination von herkömmlichem Präsenzunterricht und Online-Lernen, Mobile-Learning über mobile Endgeräte sowie simulationsbasiertes Lernen [3, 23, 24, 29, 30, 33].

Eine Übersichtsarbeit des Hochschulforums Digitalisierung aus dem Jahr 2016 unterteilte digitale Lehrformate in fünf Hauptkategorien: klassische digitale Medien und Kommunikationstools, soziale Kommunikationstools, elektronische Prüfsysteme, audio- bzw. videobasierte Medien und Tutorials sowie interaktive Tools und Formate. Nutzertypen wurden unterschieden in PDF-Nutzende, E-Prüflinge, Videolernende und Digitale Allrounder, letztere zeichnen sich durch eine gleichmäßige Nutzung aller fünf Hauptkategorien des E-Learnings aus [2]. Allerdings ist der Einsatz elektronischer Lehr- und Lernformate bisher sehr heterogen und zeigt eine deutliche Abhängigkeit vom Studienfach. Insbesondere in der Medizin werden elektronische Lehr- und Lernformate nur sporadisch genutzt. Die Covid-19-Pandemie und die damit einhergehenden Kontaktbeschränkungen haben die Entwicklung digitaler Lehrmethoden beschleunigt [3, 23, 24]. Dies führte dazu, dass auch in Fachbereichen wie der HNO-Heilkunde, die zuvor traditionell auf Präsenzunterricht setzten, Konzepte zur digitalen Lehre entwickelt werden mussten.

Im Sommersemester (SS) 2020 wurde ein elektronisches Lehr- und Lernprogramm für die Klinik für HNO-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie der Universitätsmedizin Rostock entwickelt. Die wissenschaftliche Implementierung des Konzeptes erfolgte im SS 2020 und im Wintersemester (WS) 2020/2021. Den Studierenden wurde die Teilnahme an den elektronischen Lernkursen auf der ILIAS-Plattform (ILIAS open source e-Learning e. V., Köln) (SS 2020), das Streaming von Videos aus dem Operationstrakt (SS 2020, WS 2020/2021 *fakultativ*) und einer elektronischen Visite (E-Visite) (WS 2020/2021 *fakultativ*) ermöglicht (**Abbildung 1**).

Abbildung 1 Ablauf des elektronischen Lehr- und Lernprogrammes (modifiziert nach [6])



Vor Durchführung des elektronischen Lehr- und Lernprogrammes wurden die Studierenden gebeten einen allgemeinen Fragebogen Teil 1 (**Tabelle 1**) auszufüllen (5-stufigen Likert-Skalen von 1 „trifft vollkommen zu“ bis 5 „trifft nicht zu“). Alle Evaluationen der folgenden Studien waren passwortgeschützt und erfolgten im für alle Studierenden frei zugänglichen Web-Content-Management-System ILIAS.

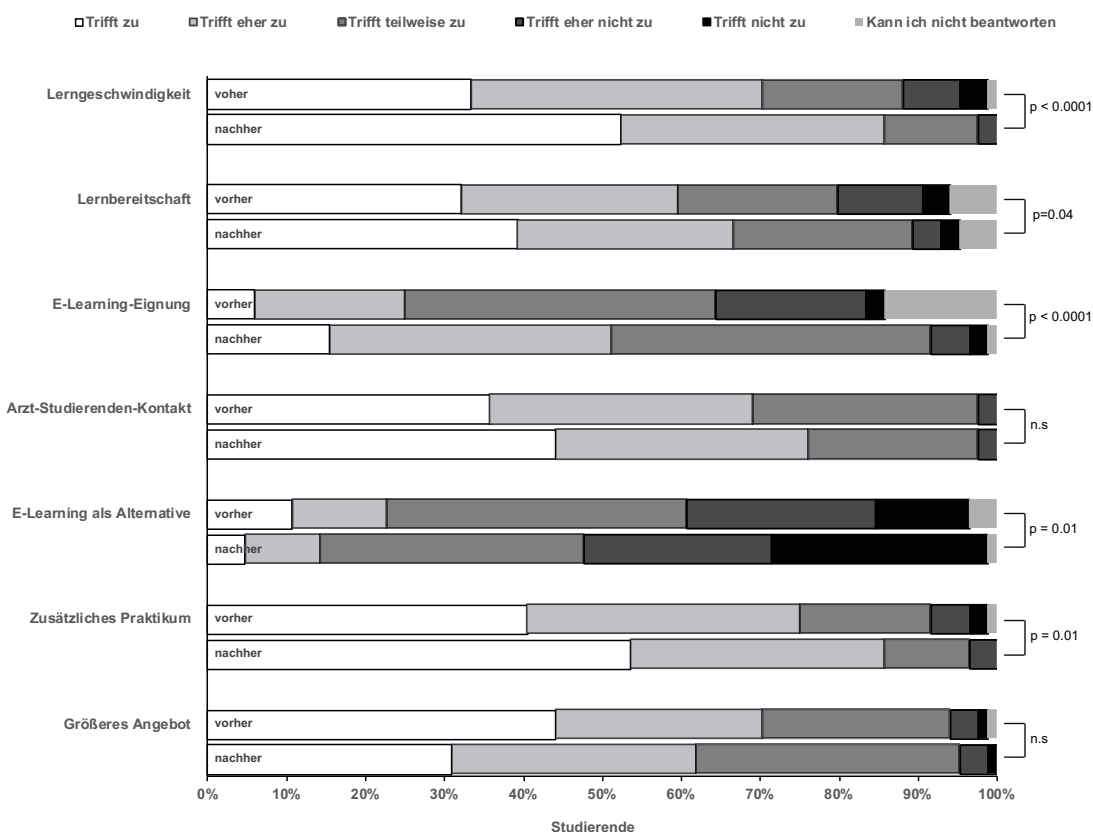
Tabelle 1 Evaluationsbögen vor (Fragebogen Teil 1) und nach (Fragebogen Teil 2) Durchführung des elektronischen Lehr- und Lernprogrammes

Fragebogen Teil 1	Fragebogen Teil 2
1. E-Learning empfinde ich als hilfreich, da es meine eigene Lerngeschwindigkeit berücksichtigt.	E-Learning empfinde ich als hilfreich, da es meine eigene Lerngeschwindigkeit berücksichtigt.
2. E-Learning würde zu einer höheren Bereitschaft der Studierenden zur Teilnahme an Kursen und Vorlesungen führen.	E-Learning würde zu einer höheren Bereitschaft der Studierenden zur Teilnahme an Kursen und Vorlesungen führen.
3. Das Fach HNO-Heilkunde eignet sich gut für den Einsatz von E-Learning.	Das Fach HNO-Heilkunde eignet sich gut für den Einsatz von E-Learning.
4. Die studentische Ausbildung in der HNO-Heilkunde setzt einen Arzt-Studierenden-Kontakt voraus.	Die studentische Ausbildung in der HNO-Heilkunde setzt einen Arzt-Studierenden-Kontakt voraus.
5. E-Learning bietet eine gute Alternative zum herkömmlichen HNO-Anwesenheitspraktikum.	E-Learning bietet eine gute Alternative zum herkömmlichen HNO-Anwesenheitspraktikum.
6. E-Learning in der HNO-Heilkunde sollte zusätzlich zum Anwesenheitspraktikum zur Verfügung gestellt werden.	E-Learning in der HNO-Heilkunde sollte zusätzlich zum Anwesenheitspraktikum zur Verfügung gestellt werden.
7. Ich wünsche mir ein größeres Angebot für E-Learning Kurse und Vorlesungen.	Ich wünsche mir ein größeres Angebot für E-Learning Kurse und Vorlesungen.
8. E-Learning kann mir helfen, meinen Studienplan flexibler zu gestalten (z.B. Nebenjob, Elternbesuche).	Durch das E-Learning der HNO ist mein Interesse am Fach gewachsen und ich bin motivierter mich intensiver damit zu befassen.
9. Die Bereitstellung eines E-Learning-Programmes sorgt für eine standardisierte und gleichbleibende Lehrqualität (unabhängig von Ort, Zeit, Dozent*in).	Durch das E-Learning haben sich meine praktischen Fähigkeiten verbessert.
10. Der Begriff „E-Learning“ ist mir geläufig.	Das E-Learning der HNO-Heilkunde ist strukturiert und logisch aufgebaut.
11. Das E-Learning-Programm der Universitätsmedizin Rostock nutze ich.	Ich habe das Gefühl, gut für das Fachgebiet HNO vorbereitet zu sein.
12. Das E-Learning-Angebot der Universitätsmedizin Rostock ist mir bekannt.	Das E-Learning-System ist benutzerfreundlich aufgebaut.
13. Wie häufig würden Sie ein entsprechendes HNO-Programm nutzen?	Ich konnte mit in kurzer Zeit viel Wissen aneignen.
14.	Die Qualität der Lerneinheiten war hoch.
15.	Ich konnte die Lerneinheiten von verschiedenen Standorten aus abrufen.
16.	Die Verbindung zum Server beim Bearbeiten der Lerneinheiten war stabil.
17.	E-Learning ist ein zeitgemäßes Format.
18.	Wie oft haben Sie das E-Learning-Programm genutzt?

Arbeit 1: Elektronisches Lernen für Studenten in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde durch Nutzung des Content-Management-Systems ILIAS.

In dieser kontrollierten, quasi-randomisierten Studie erfolgte die Evaluation von Lernkursen (Themen: äußerer Hals, Rachen/Kehlkopf, Nase, Ohr) in ILIAS. Das Open-Source-Produkt ILIAS ist ein kostenloses, von vielen Hochschulen eingesetztes http-Protokoll für die internetbasierte Bereitstellung von Lehr- und Lernmaterialien. Jedes Modul war für eine Lernzeit von etwa 60 Minuten ausgelegt und beinhaltete Texte mit Bildmaterial, Schemata, sowie selbst erstellte Lehrvideos in High Definition (HD). Im Anschluss an jedes Modul erfolgte eine Wissensstandüberprüfung mit einem themenspezifischen Multiple-Choice (MC)-Test bestehend aus jeweils 10 Fragen. Nach Abschluss der Lernkurse wurden die Studierenden gebeten, erneut einen Evaluationsbogen Teil 2 (**Tabelle 1**) auszufüllen. Die ersten sieben Fragen der Evaluationsbögen Teil 1 und Teil 2 waren identisch und konnten zum statistischen Vergleich herangezogen werden (**Abbildung 2**).

Abbildung 2 Übersicht der Bewertung der Fragen 1 bis 7 vor und nach Durchführung der elektronischen Lernkurse durch die Studierenden (n=84) im Vergleich. Die Balken zeigen die Verteilung der vollständigen Übereinstimmung (weißer Balken) bis zur Nichtübereinstimmung.



Es wurde festgestellt, dass sich nach der Intervention signifikante Veränderungen in der Wahrnehmung der Studierenden ergaben. Unter anderem stieg die Zustimmung zu einer selbstbestimmten Lerngeschwindigkeit signifikant an (Aussage 1, $p < 0,0001$), ebenso wie die Lernbereitschaft (Aussage 2, $p = 0,04$) und der Wunsch nach zusätzlichem E-Learning neben

dem Präsenzunterricht (Aussage 6, $p=0,01$). Trotz der zunehmenden Ablehnung von E-Learning als Alternative zum traditionellen Präsenzunterricht (Aussage 5, $p=0,01$) bestätigten die Untersuchungen, dass die Studierenden durch die selbstbestimmte Kontrolle über Inhalte, Lernsequenzen, Tempo, Ort und Fraktionierung der Lerninhalte besser in der Lage waren, ihre persönlichen Lernziele zu erreichen und den Anforderungen gerecht zu werden. Diese positive Lernerfahrung führte zu einer gesteigerten Motivation seitens der Studierenden, was sich auch positiv auf die Lerneffizienz auswirkte [31, 34]. Die Lehrqualität wurde weiterhin als sehr gut bewertet, und die Studierenden betrachten und wünschen sich elektronische Lehre nicht als Ersatz, sondern als Ergänzung zur traditionellen Präsenzlehre [31, 35]. Diese Integration ist ein wesentlicher Bestandteil einer „Blended-Learning-Strategie“ [35].

In den meisten chirurgischen Fachgebieten wird anatomisches Wissen neben herkömmlichen Vorlesungen auch durch Präsenzkurse im Operationssaal vermittelt, wodurch eine direkte Interaktion möglich ist. Diese Art der Vermittlung von Fähigkeiten und Methoden wird im Fernunterricht oft vernachlässigt, und auch ein E-Learning-Programm kann diese nicht vollständig abdecken. Daher wurde den Studierenden ($n=65$) als zusätzliches Angebot im SS 2020 ein verpflichtender Live-Stream in HD-Qualität aus dem Operationssaal zur Verfügung gestellt, der im WS 2020/21 optional war.

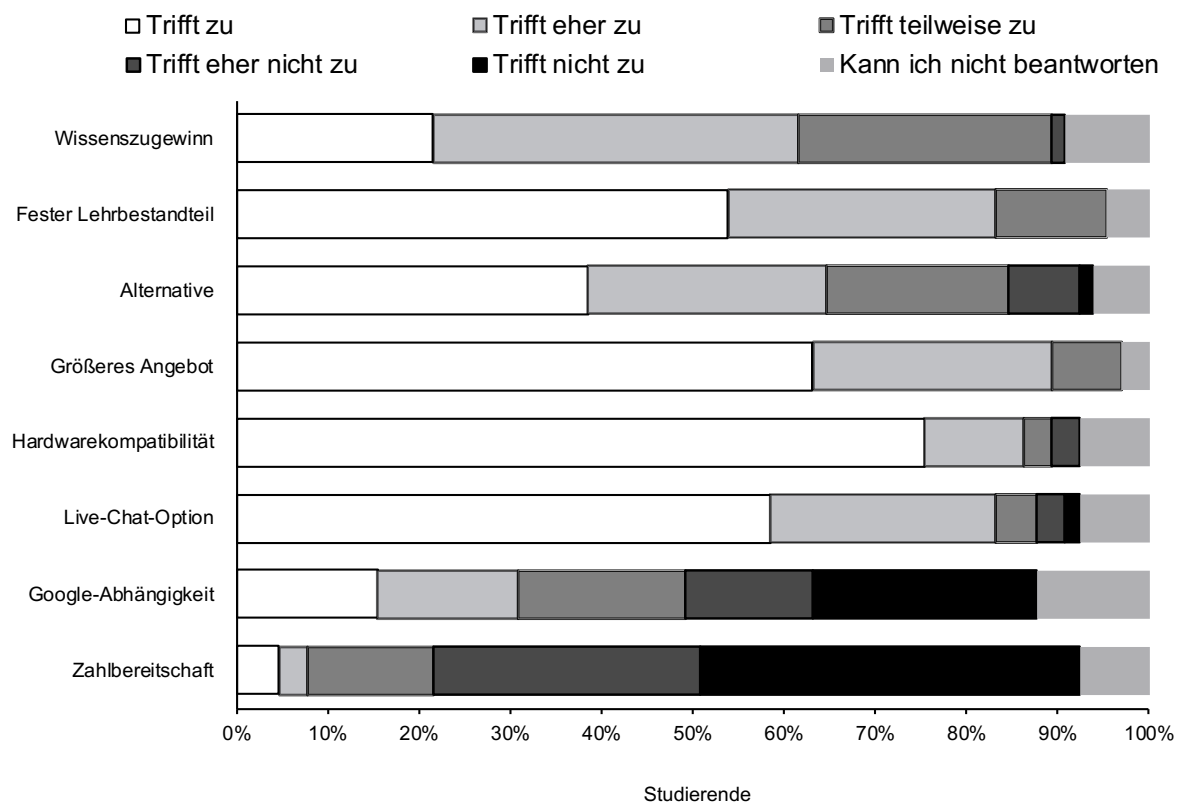
Arbeit 2: *Interactive live-stream surgery contributes to surgical education in the context of contact restrictions.*

Die Aufnahmen aus dem Operationssaal waren ausgehend von einem volldigitalen 3D-Operationsmikroskop (Arriscope Evo2 HNO, MSI, München, Deutschland), einer Umfeldkamera (EVI-HD7V, Sony, Tokyo, Japan) und wurden ergänzt durch eine digitale Funktionsspur. Das Mikrofon und die Empfängerstation (GLXD4R/GLXD1, Shure, Niles, USA) wurden über einen Medienumschalter an ein Konferenzraum-Übertragungssystem (Avaya Scopia XT7100, Avaya, Santa Clara, CA, USA) und einen Überwachungsmonitor angeschlossen. Das Konferenzraum-Übertragungssystem fungierte als LAN-Schnittstelle zur Herstellung einer sicheren Internetverbindung mit hoher und stabiler Bandbreite zu einem externen Mediendienstleister (Pripare, München, Deutschland). Die Aufnahmen wurden in einem hochauflösenden Livestream über einen eigenen passwortgeschützten Kanal beim Videoportal YouTube (Google LLC, Mountain View, USA) und Vimeo (Vimeo LLC, NY, USA) mit einer Chatfunktion online gestellt. Dem Operationsteam wurde während des Eingriffs zur Mitverfolgung des Chatverlaufs ein mobiles Endgerät mit laufendem Stream zur Verfügung gestellt. Studierende konnten so über gängige Endgeräte von jedem Standort in Deutschland sowie weltweit auf den Stream zugreifen, Fragen zu den chirurgischen Schritten stellen und

mit dem Chirurgen kommunizieren. Gestreamt wurden verschiedene Operationen (u.a. Cochlea-Implantation, laterale Parotidektomie oder Neck dissektion).

Am Ende jeder Live-Operation wurden die Studierenden gebeten einen Evaluationsbogen, bereitgestellt auf der Online-Plattform ILIAS, welcher ähnlich den Evaluationsbögen aus *Arbeit 1* war, auszufüllen. Die Ergebnisse dieser Evaluationsstudie verhielten sich bestätigend zu *Arbeit 1* (**Abbildung 3**), denn es zeigte sich, dass 61,5% der Studierenden der Aussage zustimmten, dass Live-Operationen per Stream einen großen Wissenszugewinn erbringen würden. 89,3% der Studierenden wünscht sich ein größeres Angebot und 64,7% sahen das Live-Streaming als eine gute Alternative zu herkömmlichen Operationslehre an. Die Qualitätskriterien (Video-, Audioqualität, Verbindungsstabilität, Verständlichkeit und Interaktivität) wurden überwiegend mit sehr gut und gut bewertet.

Abbildung 3 Übersicht der Bewertung der Fragen 1 bis 8 nach Teilnahme am OP-Live-Stream durch die Studierenden (n=65). Die Balken zeigen die Verteilung der vollständigen Übereinstimmung (weißer Balken) bis zur Nichtübereinstimmung (schwarzer Balken) in Prozent an.



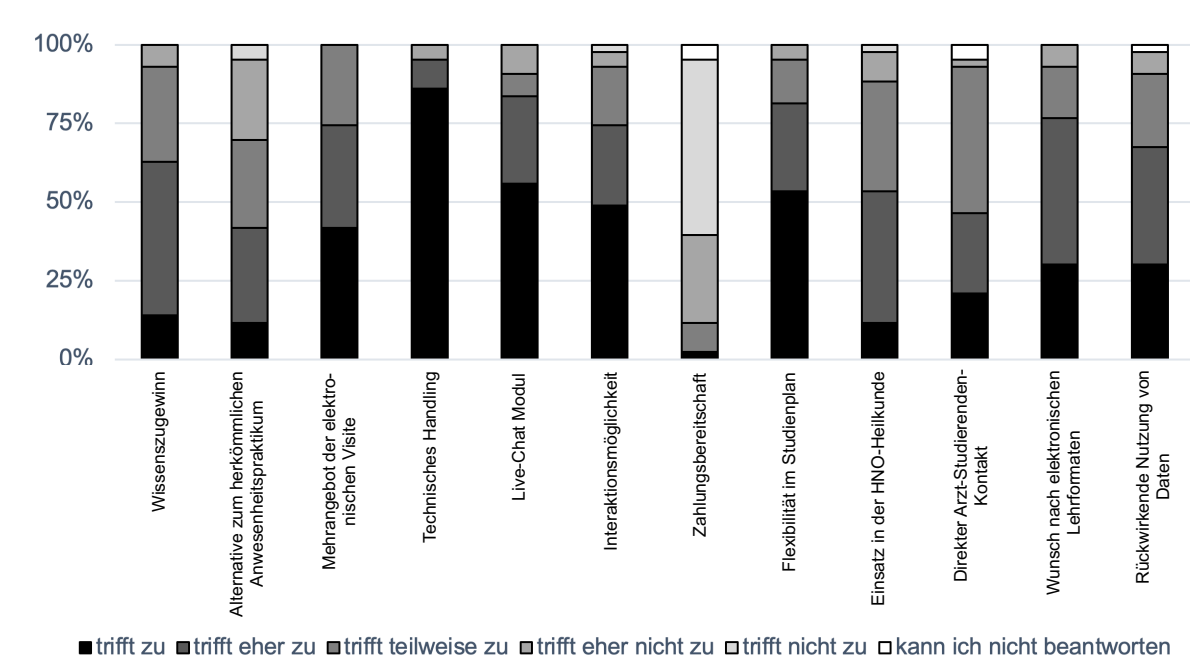
E-Learning-basierte Lehransätze erfreuen sich wachsender Beliebtheit. In dieser Studie konnte erfolgreich gezeigt werden, dass durch die Erstellung und Übermittlung von hochauflösendem Videomaterial aus dem Operationssaal mit bestehender Interaktionsmöglichkeit zwischen Studierenden und Chirurgen eine suffiziente Methode geschaffen wurde, welche zur breiten und umfassenden Vermittlung chirurgischer Inhalte dient. Das hier etablierte Setup kann allerdings nicht nur im Operationssaal, sondern auch für die Demonstration von Präparationsverfahren aus anatomischen Kursen, die Demonstration

radiologischer Bildgebung und für zusätzliche Erläuterungen von Station, wie zum Beispiel der Visite eingesetzt werden.

Arbeit 3: Interaktive elektronische Visualisierungsformate in der studentischen Ausbildung.

Eine E-Visite wurde etabliert und einmal wöchentlich zu festen Zeitpunkten mit einem Tablet (iPad®, Apple Inc., Cupertino, CA, USA) über eine Video-Konferenz (Zoom Inc., San José, CA, USA) für Studierende durchgeführt. Dabei wurden aktuelle Krankheitsfälle der Station sowie postoperative Patienten in Gruppen von jeweils 10 Teilnehmern besprochen. Die Vorstellung der Patienten erfolgte je nach Krankheitsbild entweder durch den behandelnden Arzt/die behandelnde Ärztin oder durch die Studierenden in direkter Interaktion mit den Patienten. Klinische Untersuchungen und Verbandswechsel wurden vom Arzt/von der Ärztin durchgeführt. Klinisch relevante Befunde wurden mithilfe einer Kamera am Ohrmikroskop oder den Endoskopen aufgenommen und den Studierenden auf einem Bildschirm präsentiert. Nach Abschluss der E-Visite wurden die Studierenden per E-Mail benachrichtigt und gebeten, einen Evaluationsfragebogen auf der Plattform ILIAS auszufüllen. Von den 43 Studierenden, die den Evaluationsbogen vollständig ausfüllten, gaben die meisten (62,79%) an, dass sie einen subjektiven Wissenszuwachs erlebten und eine Mehrheit (74,42%) wünschte sich einen verstärkten Einsatz digitaler Lehrmethoden. Die direkte Interaktion mit den Ärzten während der E-Visite wurde von den meisten Studierenden als problemlos empfunden (83,72%). Auch das technische Handling wurde von einer überwältigenden Mehrheit der Studierenden als mehr als zufriedenstellend bewertet (95,35%) (**Abbildung 4**).

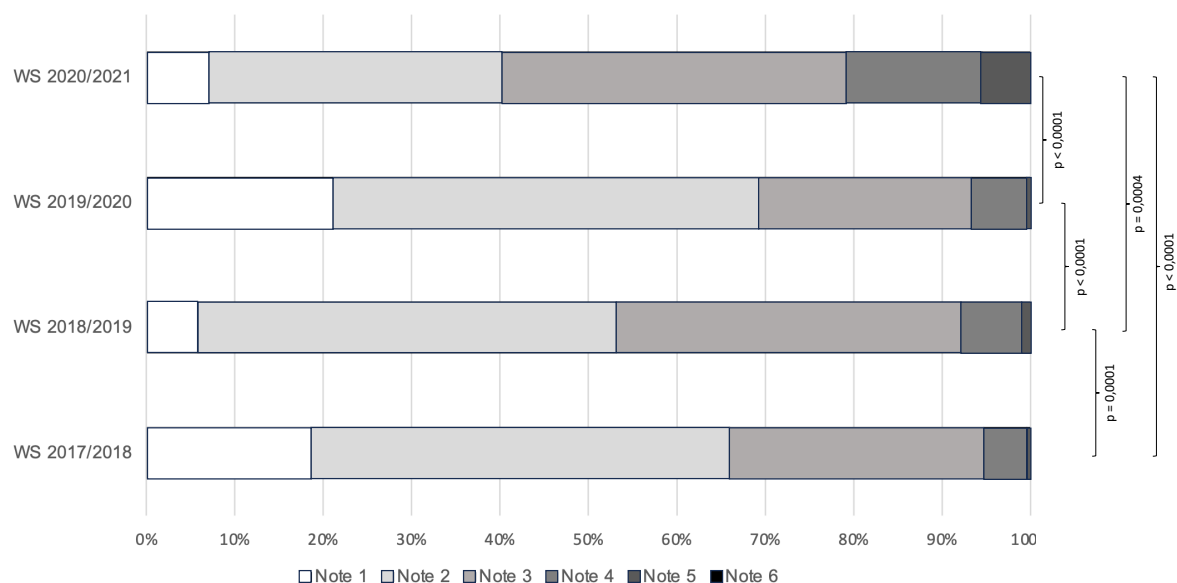
Abbildung 4 Evaluationsergebnisse der elektronischen Visite



Die interaktive E-Visite wurde grundsätzlich konzipiert, um das herkömmliche Blockpraktikum zu ersetzen und den Studierenden die Anamneseführung, die Grundlagen der Befunderhebung sowie verschiedene Krankheitsbilder näherzubringen. Bisher war ein bekanntes Hindernis für die Implementierung digitaler Lehr- und Lernformate der erhöhte Zeitaufwand für die Erstellung digitaler Materialien sowie die mangelnde technische Ausstattung [36, 37]. In dieser Studie gab der verantwortliche Arzt/ die verantwortliche Ärztin für die E-Visite jedoch keinen signifikanten Mehraufwand im Arbeitsalltag für die studentische Ausbildung im Vergleich zum herkömmlichen Anwesenheitspraktikum an. Zudem kann in derselben Zeit durch einen Arzt/eine Ärztin eine größere Anzahl von Studierenden betreut werden.

Zur Effizienzüberprüfung des elektronischen Lehr- und Lehrprogrammes wurden die Klausurergebnisse der Vorjahre vergleichend herangezogen (**Abbildung 5**).

Abbildung 5 Klausurergebnisse der Jahre 2017 bis 2021 im statistischen Vergleich



Es zeigte sich im WS 2020/ 2021, dass 39,6% der Studierenden die Note 1 und 2 erhalten haben. In den Jahren zuvor waren es 65,92% (2017/ 2018), 52,81% (2018/ 2019) und 68,89% (2019/ 2020). Der Gesamtdurchschnitt der Klausurergebnisse lag 2017/ 2018 bei 2,21; 2018/ 2019 bei 2,5; 2019/ 2020 bei 2,17 und 2020/ 2021 bei 2,81. Insgesamt sind in den vier Jahren 20 Studierende durch die Klausur gefallen (16 Studierende davon im WS 2020/2021). Die Klausurergebnisse des WS 2020/2021 sind im Durchschnitt signifikant schlechter im Vergleich zu den Vorjahren mit Präsenzlehre (2019/2020: $p < 0,0001$; 2018/2019: $p = 0,0004$; 2017/2018: $p < 0,0001$). Zudem zeigte sich die Benotung im WS 2018/2019 im Durchschnitt signifikant schlechter im Vergleich zu 2019/2020 ($p < 0,0001$) und 2017/2018 ($p = 0,0001$).

Digitale Elemente in der medizinischen Ausbildung unterstützen nicht nur die herkömmliche Lehre, sondern bieten auch vielfältige Möglichkeiten für die medizinische Didaktik. Innovative Lehrkomponenten wie Live-Operationen tragen zu flexiblen und auf die Bedürfnisse der Nutzer ausgerichteten Lernstrategien bei. Die Frage nach der Überlegenheit elektronischer Lernprogramme im Vergleich zu traditionellen Lehrmethoden hat insbesondere im Kontext international einheitlicher Standards an Bedeutung gewonnen [2]. Es wird davon ausgegangen, dass traditionelle Lehre und moderne digitale Formate eine ähnliche Effektivität und Effizienz aufweisen [18, 38, 39].

Unsere Untersuchungen zeigen, dass elektronische Lehr- und Lernformate in vielfältiger Weise Texte, Bilddateien und Videos in einem festgelegten Lernkontext bereitstellen können. Studierende haben die Möglichkeit, ihr erlangtes Wissen durch MC-Tests eigenständig zu überprüfen und erhalten unmittelbares Feedback zu ihrer Leistung. Obwohl das entwickelte elektronische Lehr- und Lernprogramm das herkömmliche Blockpraktikum für die HNO-Heilkunde nicht vollständig ersetzen kann, bietet es eine sinnvolle Alternative während Ausgangsbeschränkungen aufgrund von Erkrankungen oder Pandemien wie z.B. der Covid-19-Pandemie.

2.2 Nutzung multidimensionaler Formate zur Erweiterung des Lehrkonzeptes

Auch die "Virtual Reality" (VR) hat in der Medizin bereits breite Anerkennung und eine Vielzahl von Anwendungen gefunden. Durch immersive und interaktive Erfahrungen wird VR zunehmend als effektives Werkzeug zur Verbesserung von Diagnostik und Behandlung sowie zur Vermittlung von Lehrinhalten angesehen. Innerhalb der studentischen Ausbildung eröffnet die VR eine neue digitale Welt und hebt das Lernen auf eine neue didaktische Ebene, indem sie es ermöglicht, virtuelle Strukturen räumlich zu betrachten [16, 40].

Arbeit 4: Multidimensionale Formate chirurgischer Anatomie in der studentischen Ausbildung der HNO-Heilkunde.

VR-Brillen können komplexe 3D-Welten darstellen und als Visualisierungstool dienen, beispielsweise zur Übertragung komplexer Operationen (**Abbildung 6**). Dies kann das Verständnis für die menschliche Anatomie fördern, indem es eine korrekte Einschätzung der räumlichen Verhältnisse dreidimensionaler Strukturen ermöglicht [16, 41, 42]. In dieser Studie verfolgten die Studierenden mit Hilfe von drei verschiedenen Medien (3D im OP, Cardboards, VR-Brillen) eine zuvor aufgezeichnete mikrochirurgische Operation in HD-Qualität. Das Ziel der Studie bestand darin, die Effektivität verschiedener multidimensionaler Formate in der studentischen Lehre bei der chirurgischen HNO-ärztlichen Anatomie zu untersuchen und die Methode zu evaluieren.

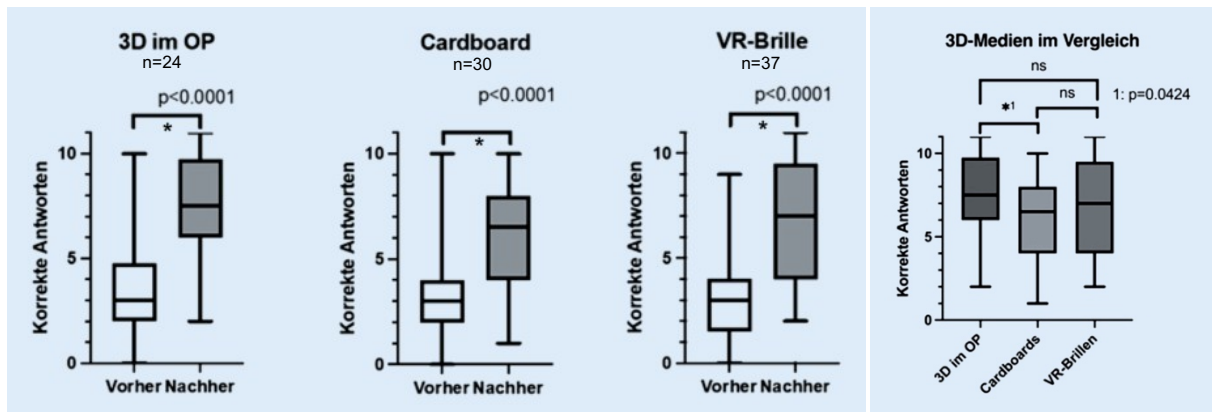
Abbildung 6 Übertragung einer Live-Operation (Cochlea-Implantation) via VR-Brille



Die Studierenden wurden gebeten eine Wissensstandskontrolle prä- und postinterventionell auszufüllen, welche ebenso wie ein postinterventioneller Evaluationsbogen auf der Plattform ILIAS bereitgestellt wurde. Postinterventionell bewerteten die Mehrheit der Studierenden u.a. die Anschaulichkeit, den Wissenszugewinn mit großer Zustimmung und eine Zunahme der Merkfähigkeit bzw. ein gesteigertes Interesse am Fachgebiet. Lediglich bei der Aussage über die Zahlungsbereitschaft für eines der 3D-Medien wurde mehrheitlich ablehnend gestimmt. Es wurde kein statistisch signifikanter Unterschied in der Beantwortung zwischen den drei Untergruppen festgestellt.

Die Wissensstandskontrolle umfasste verschiedene anatomischen Strukturen, welche auf Operationsbildern zu kennzeichnen waren: Mastoidzellen, horizontaler Bogengang, Sinus sigmoideus, Dura zur mittleren und hinteren Schädelgrube, Chorda-Fazialis-Winkel, Verlauf des N. facialis, Chorda tympani, rundes Fenster, Amboss, Promontorium und Eminentia pyramidalis. Bezüglich der Wissensstandskontrolle, war bei der Nutzung der drei untersuchten 3D-Medien ein signifikanter Anstieg der richtig beantworteten Fragen nach der Intervention zu verzeichnen ($p < 0,0001$; $\alpha < 0,05$). Der Median der richtig beantworteten Fragen stieg bei der Verwendung passiver 3D-Brillen im Operationssaal von 3,0 auf 7,5, bei den Cardboards von 3,0 auf 6,5 und bei den VR-Brillen von 3,0 auf 7,0. Die mediane Differenz zwischen prä- und postinterventionellen Vergleichen betrug bei der Verwendung passiver 3D-Brillen im Operationssaal 4,5 und bei den Cardboards sowie VR-Brillen 3,0 (**Abbildung 7**).

Abbildung 7 Links: Anzahl der korrekt identifizierten anatomischen Strukturen vor und nach der Lehrinheit mit einem 3D-Medium; Rechts: Anzahl der korrekt identifizierten anatomischen Strukturen nach der Lehrinheit mit einem 3D-Medium im Vergleich mit Boxplots dargestellt. Signifikante Unterschiede im Wilcoxon-Test ($\alpha < 0,05$)



Bei der Betrachtung der postinterventionellen Wissensstandserhebungen wurde bei der Verwendung von Cardboards im Vergleich zu 3D-Brillen im Operationssaal durch die Studierenden signifikant seltener die korrekte Antwort gewählt ($p=0,0424$; $\alpha < 0,05$). Im Vergleich zwischen 3D- und VR-Brillen sowie zwischen Cardboards und VR-Brillen wurde kein statistisch signifikanter Unterschied in der Leistung festgestellt (**Abbildung 7**).

VR-Brillen und Cardboards sind im Vergleich mobile Systeme, die eine örtlich und zeitlich flexible Bereitstellung für die Studierenden ermöglichen. Ein wesentlicher Vorteil beider Systeme liegt in der Möglichkeit, Videos eigenständig zu pausieren und mehrfach zu wiederholen. Aktuelle Studien betonen die Bedeutung einer erfolgreichen Einführung digitaler Lehrmethoden, die durch Flexibilität in Bezug auf Ort und Zeit gekennzeichnet sind [3, 18, 30, 31]. Die Bewertungen der qualitativen Merkmale der drei Visualisierungssysteme in der Evaluation zeigen, dass die Videoqualität bei der Verwendung von Cardboards und VR-Brillen signifikant schlechter bewertet wird, als im Vergleich zur Verwendung von 3D-Brillen im Operationssaal. Lehrinhalte, die diese mobilen 3D-Visualisierungssysteme nutzen, sollten inhaltlich vollständig und zeitlich so kurz wie möglich gestaltet sein, um sicherzustellen, dass die Vorteile der zeitlichen und örtlichen Flexibilität die Nachteile einer möglichen Abnahme der Leistung bei längeren Nutzungsdauern überwiegen.

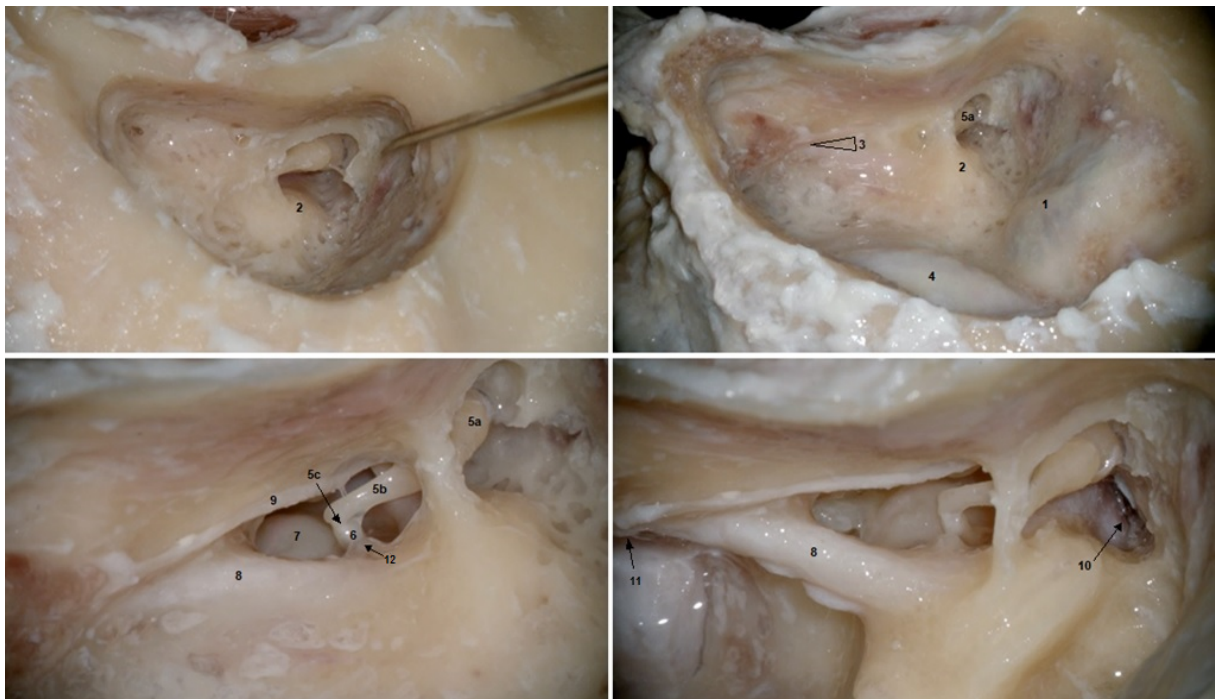
Arbeit 5: *Interaktive, intraoperative Annotation chirurgischer Anatomie in der studentischen Ausbildung zur Unterstützung der Lerneffizienz und -motivation.*

Traditionell werden Anatomie und Operationsschritte in theoretischen Vorlesungen mit oder ohne Unterstützung verschiedener Medien vermittelt. Chirurgische Fähigkeiten und Kenntnisse werden oft erst während der Facharztausbildung oder sogar später durch Präparationsübungen an Körperspendern oder Tiermodellen vermittelt. Anwesenheitspraktika im Operationssaal ermöglichen den Studierenden die Beobachtung typischer chirurgischer

Eingriffe. Besonders mikroskopische und feinstrukturirurgische Eingriffe stellen jedoch für das konzeptionelle Verständnis der Dreidimensionalität eine besondere Herausforderung dar [43]. Das Ziel dieser Studie bestand darin zu untersuchen, ob Studierende durch die Beobachtung eines mikrochirurgischen Eingriffs am Schläfenbein mit Annotation chirurgischer Landmarken ein verbessertes Verständnis anatomischer Strukturen und des chirurgischen Situs erlangen, wenn eine Visualisierung verwendet wird, die für Chirurg und Betrachter identische Ansichten in 3D bietet.

Die Studierende wurde während des regulären Anwesenheitspraktikums zufällig einer von drei Gruppen zugewiesen: Kontrollgruppe, 2D- oder 3D-Gruppe im Operationssaal. Zur Ermittlung des Wissensstandes mussten alle Studierenden zehn anatomische Strukturen im Schläfenbein präinterventionell zu benennen [43, 44]. Im Anschluss wurde für alle Gruppen Informationsmaterial verteilt, bestehend aus einem Operationsbericht über eine Cochlea-Implantation und dazugehörigem Bildmaterial. Nach 30-minütiger Sichtung des Materials erfolgte für die Kontrollgruppe nach Selbstlerneinheit die Wissensüberprüfung durch Benennung von zwölf Strukturen an ausgedruckten intraoperativen Bildern (**Abbildung 1**).

Abbildung 8 Wissensstanderhebung nach Selbststudium (modifiziert nach [44]) (Richtige Antworten: 1 – Dura zur mittleren Schädelgrube, 2 – Horizontaler Bogengang, 3 – Chorda-Fazialis-Winkel, 4 – Sinus sigmoideus, 5a – Amboskopf, 5b – Langer Ambosssfortsatz, 5c – Processus Lenticularis, 6 – Stapeskopf, 7 – Promontorium, 8 – N. Fazialis, 9 – Chorda tympani, 10 – Ganglion geniculi, 11 – Foramen stylomastoideum, 12 – Eminentia pyramidalis)



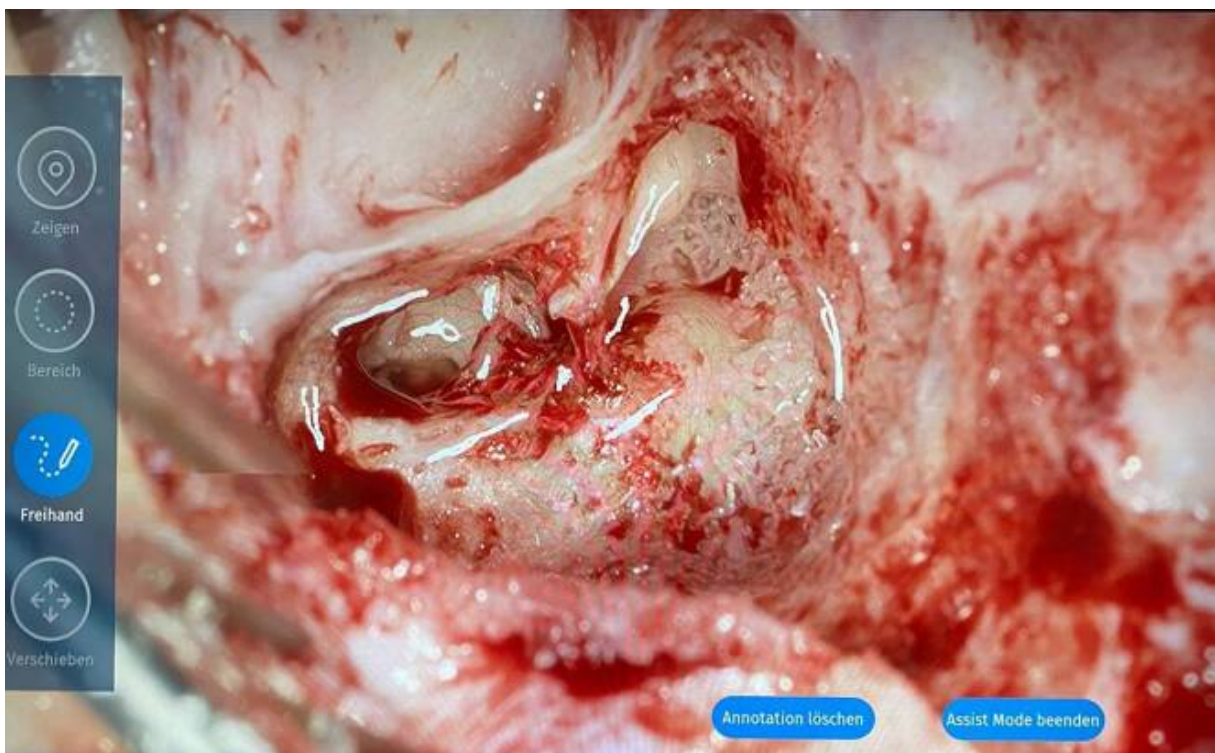
Die 2D- und 3D-Gruppen verfolgten währenddessen eine Cochlea-Implantation im Operationssaal (**Abbildung 9**).

Abbildung 9 Darstellungsbeispiel, wie Studierende die Operation im 3D-Modus im Operationssaal verfolgen



Durch eine Touchscreen-Bedienoberfläche am Operationsmikroskop wurde das Betrachten und das grafische Annotieren auf dem Operationsfeld durch die Studierenden zur Markierung anatomischer Strukturen, ermöglicht („assist mode“) (**Abbildung 10**).

Abbildung 10 Darstellungsbeispiel, der durch die Studierenden eingezeichneten anatomischen Strukturen (weiß) im Assistentenmodus des Arriscopes während der Operation



Die Studierenden mussten zehn Strukturen aus dem Operationsfeld benennen und diese kennzeichnen (analog zu **Abbildung 8**). Die angezeichneten Strukturen wurden im digitalen Binokular direkt vor den Augen des Chirurgen sichtbar. Dieser konnte, ohne sich vom Binokular abwenden zu müssen, eine Aussage über richtig und falsch markierte anatomische Strukturen tätigen. Nach Ende der Selbstlerneinheit, sowie nach Abschluss der Live-Operation füllten die Studierenden der 2D und 3D-Gruppe, einen Bewertungsfragebogen aus, um den

subjektiven Wert der unterschiedlichen Visualisierungsmethoden zu evaluieren. 80% der Studierenden bewerteten die Überlegenheit der 3D-Visualisierung gegenüber der 2D-Visualisierung bezüglich der Wahrnehmung anatomischer Topographie und Strukturen, während 70% der Studierenden die 3D-Lernmethode als sehr gut empfanden. Ebenso gaben die Studierenden eine subjektiv gesteigerte Einprägsamkeit der gezeigten Strukturen sowie eine gesteigerte Lernmotivation an. Allerdings konnte kein messbarer Vorteil im Lernzuwachs für die Benennung anatomischer Landmarken festgestellt werden. In Bezug auf die Wissensstanderhebung und die Kontrolle des Lernfortschritts durch die Benennung chirurgisch-anatomischer Landmarken im Assistentenmodus zeigten sich unterschiedliche und teilweise stark variierende Ergebnisse, die nicht vergleichbar waren. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Studierenden verschiedenen Semestern angehörten, unterschiedliche Kenntnisstände aufwiesen und die Stichprobengrößen möglicherweise zu gering waren, um die Komplexität der Anatomie angemessen abzudecken. Die Vorteile der Verwendung hochauflösender Echtzeit-Bilddarstellung im Vergleich zur papierbasierten Lehre von Operationsverfahren könnten derart groß sein, dass sie deutlich leichter messbar sind als die didaktischen Unterschiede zwischen 2D- und 3D-Darstellungen. Gleichzeitig zeigt sich, welche komplexen Studiendesigns erforderlich sind, um die Effektivität digitaler Lehrkonzepte zu evaluieren.

Eine erfolgreiche Integration digitaler Lehr- und Simulationstechnologien erfordert eine umfassende und sofortige Einbindung elektronischer Lernformate in die Lehrpläne von Bildungseinrichtungen [2]. Wenn man dieses Prinzip im Kontext der Nutzung von virtueller Realität und 3D-Visualisierungssystemen betrachtet, wird deutlich, dass Bildungseinrichtungen eine Diskrepanz zwischen den formulierten Zielen zur Schaffung einer digitalen Lernumgebung und ihrer aktuellen Kapazitäten haben, solche Technologien frühzeitig und in ausreichendem Umfang von hoher Qualität in den Lehralltag zu integrieren [16, 41]. Obwohl die Covid-19-Pandemie als Beschleuniger für die digitale Transformation fungierte, besteht immer noch zahlreiche Verlockung, zur herkömmlichen Lehrweise zurückzukehren. VR-Simulationen und 3D-Systeme gewinnen zwar an Bedeutung, aber ihre flächendeckende Anwendung geht derzeit nicht über einzelne Lehrprojekte hinaus [20]. Im Gegensatz dazu sind VR-Brillen und Cardboards mobile Systeme, die eine flexible Bereitstellung für eine große Anzahl von Studierenden ermöglichen, unabhängig von Ort und Zeit [3, 18, 23, 24, 31, 45].

2.3 E-Health - Digitale Gesundheitsanwendungen als Zukunftsvision

Dank der Entwicklung und Verbreitung von frei zugänglichen mobilen Endgeräten sind diese mittlerweile unverzichtbare Bestandteile unseres täglichen Lebens. Immer häufiger werden

Smartphones nicht nur im Alltag genutzt, sondern sind auch zu einem gängigen und dynamisch wachsenden Werkzeug in der klinischen Praxis geworden. Mobile Diagnosegeräte haben das Potenzial, die medizinische Versorgung an jedem Ort und zu jeder Zeit zu gewährleisten. Telemedizinssysteme können sowohl als Ressource für unterversorgte Bevölkerungsgruppen dienen als auch als Plattform für Ärzte, um ihre Patienten aus der Ferne zu betreuen [46–49]. Smartphones und neuartige Apps können die bereits vorhandenen medizinischen Ressourcen für den klinischen Alltag ergänzen, indem sie als evidenzbasierte Entscheidungshilfen fungieren. Sie können auch dazu beitragen, Verfahren zu optimieren, Fehler zu reduzieren und folgend auch in der studentischen Lehre zu Demonstrationszwecken eingesetzt werden [49–51]. Die Zuverlässigkeit der gesammelten, übertragenen oder berechneten Daten muss jedoch zunächst in wissenschaftlichen Studien getestet werden, da sie insgesamt von der jeweiligen Anwendung abhängig [51].

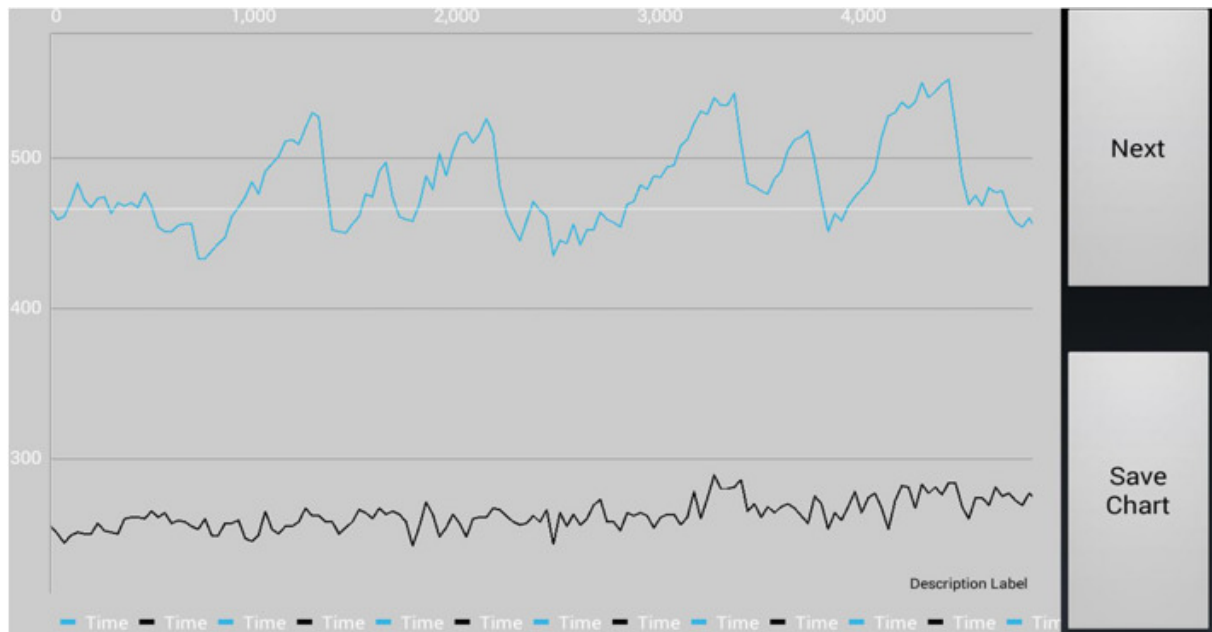
Arbeit 6: *Smartphone-based nystagmus diagnostics: development of an innovative app for the targeted detection of vertigo.*

Das Ziel dieser Studie war es daher, eine neuartige App zu entwickeln, die eine erste grobe Beurteilung des Leitsymptoms Schwindel zuverlässig ermöglicht. Allgemein zeigen zahlreiche Studien, dass der Diagnose- und Entscheidungsprozess bei Patienten mit Schwindel sehr anfällig für Fehler ist [52, 53]. Die geplante App soll dazu dienen, zwischen akuten Notfällen wie Schlaganfällen ("zentralem Schwindel") und vestibulären Erkrankungen ("peripherem Schwindel") zu unterscheiden. Dies soll durch die Nutzung, Erkennung und Analyse des Begleitsymptoms "Nystagmus" erfolgen. Eine klare klinische Unterscheidung zwischen diesen Zuständen, insbesondere unter Berücksichtigung der Zeit bis zur Diagnosestellung, kann von entscheidender Bedeutung sein.

Zwanzig Patienten mit einem Durchschnittsalter von 25,6 Jahren ($\pm 2,2$ SD) wurden in die Studie eingeschlossen. Verschiedene Patientenmerkmale wurden erhoben. Die Patienten wiesen einen unauffälligen ohrmikroskopischen Befund auf. Ausschlusskriterien waren bekannte Erkrankungen des Gleichgewichtsorgans oder des zentralen Nervensystems, Sehstörungen, Erkrankungen des Trommelfells, vorangegangene Ohroperationen (z.B. Tympanoplastik), angeborener Nystagmus, körperliche oder kognitive Beeinträchtigungen oder Tumore im Kopfbereich. Die in Zusammenarbeit mit dem Institut für Informatik der Universität Rostock entwickelte App für das Android®-Betriebssystem basiert auf einem Eye-Tracking-Algorithmus nach Timm und Barth [54]. Die gemessenen Bewegungsdaten wurden grafisch als Verhältnis von Entfernung zu Zeit abgebildet. Zur Reduktion der Datenmenge und Unterscheidung zwischen horizontalem und vertikalem Nystagmus beschränkt sich der Algorithmus auf die Auswertung von Abschnitten mit großer Pupillenauslenkung. Zur

Auswertung von Auf- und Abwärtsbewegungen wurden die Pupillenauslenkungen mit einem Binärkode codiert, damit erkennbar ist, wenn in einem Nystagmusschlag z.B. auf eine langsame Komponente (Abwärtsbewegungen) eine schnelle Rückstellsakkade (Aufwärtsbewegungen) folgt (**Abbildung 11**).

Abbildung 11 Beispielergebnis der App-Analyse für einen horizontalen rechtsdrehenden Nystagmus (blau ist die horizontale und schwarz die vertikale Komponente)



Das experimentelle Studiendesign bestand aus zwei Test- und zwei Kontrollläufen. Die Testdurchläufe sind in **Tabelle 2** zusammengefasst. Der erste Testdurchlauf beinhaltete die Provokation eines horizontalen Nystagmus durch Reizung des Vestibularorgans. Dies geschah durch kalorische Spülung beider Ohren mit ca. 47° warmem Wasser für 80 s. Anschließend wurde der Nystagmus über 2,5-4 s mit der App aufgezeichnet. Der zweite Testlauf umfasste die Provokation des vertikalen und horizontalen Nystagmus. Dies geschah mit Hilfe eines Computerprogramms, welches 2 m von den Teilnehmern entfernt, eine Reihe von Bildern abspielte (Optokinetische Testung).

Tabelle 2 Auflistung der Testdurchläufe

Kalorische Testung (1. Testdurchlauf)	Optokinetische Testung (2. Testdurchlauf)
<i>Videoaufzeichnung jedes Tests für 2,5-4 Sekunden</i>	
• Durchlauf 1: Spülung des rechten Gehörganges mit warmem Wasser (ca. 47°C) für 80 Sek. • Durchlauf 2: Spülung des linken Gehörganges mit warmem Wasser (ca. 47°C) für 80 Sek.	• Durchlauf 3: rechter horizontaler Nystagmus bei 40°/sek • Durchlauf 4: rechter horizontaler Nystagmus bei 60°/sek • Durchlauf 5: linker horizontaler Nystagmus bei 40°/sek • Durchlauf 6: linker horizontaler Nystagmus mit 60°/sek • Durchlauf 7: aufwärtsgerichteter vertikaler Nystagmus mit 40°/sek • Durchlauf 8: aufwärtsgerichteter vertikaler Nystagmus mit 60°/sek • Durchlauf 9: abwärtsgerichteter vertikaler Nystagmus bei 40°/sek • Durchlauf 10: abwärtsgerichteter vertikaler Nystagmus bei 60°/sek

Die Testdurchläufe wurden anschließend durch standardisierte Kontrollverfahren verifiziert. Im Kontrolltest wurden der Nystagmus durch Video-Computer-Nystagmographie und Video-Okkulo-graphie erfasst und ausgewertet. Zum einen wurde die Erkennung der Richtung des Nystagmus (rechts, links, auf- oder abwärts) und zum anderen die Erkennung der Position/ Form des Nystagmus (horizontal, vertikal) mit der App aufgezeichnet.

Im ersten Testdurchlauf (kalorischer Test) beträgt die Sensitivität bezüglich Richtung 15% und Position 62,5%. Im zweiten Testlauf (optokinetische Prüfung) beträgt die Sensitivität für Richtung 68,57% und Position 95,7%. Die Ergebnisse der beiden Kontrolltestverfahren zeigen eine Empfindlichkeit von 100% in allen Tests. Im Hinblick auf die Frage, ob Merkmale der Probanden einen Einfluss auf die Sensitivität der Diagnostik haben, wurden Korrelationsanalysen durchgeführt. Die Variable „Alter“ zeigt in der Pearson-Korrelation eine nicht-signifikante Korrelation in Bezug auf die Ergebnisdarstellung der Richtung ($r=-0,054$, $p=0,820$) sowie der Position ($r=0,273$, $p=0,244$). Die Variable „Geschlecht“ zeigt eine signifikante Korrelation in Bezug auf die Ergebnisdarstellung der Richtung ($r=-0,459$, $p=0,042$) und eine nicht-signifikante Korrelation in Bezug auf die Position ($r=-0,076$, $p=0,749$). Die Variable „Augenfarbe“ zeigt eine nicht-signifikante Korrelation in Bezug auf die Ergebnisdarstellung der Richtung ($r=-0,012$, $p=0,969$) sowie der Position ($r=0,127$, $p=0,594$).

In unserer Arbeit wurde ein experimentelles Studiendesign verwendet, um die Sensitivität der entwickelten App-Analyse zur Erkennung von Nystagmus bei der diagnostischen Entscheidungsfindung in einer gesunden Probandengruppe zu untersuchen. Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die App in der Lage ist, Nystagmen zu diagnostizieren und sowohl ihre Form als auch Richtung zu bestimmen. Die Ergebnisse unterstützten die Tatsache, dass neue Technologien große Vorteile bei der Objektivierung mit sich bringen. Eine Verbesserung in den Bereichen Prävention, Diagnose, Behandlung, aber auch Überwachung kann somit angenommen werden [55]. Auch können neuartige Diagnostikapps in der studentischen Lehre eingesetzt werden. Künstliche Intelligenz (KI) ist die Schlüsseltechnologie der Zukunft. Sie hilft, die aktuellen Herausforderungen des Gesundheitssystems zu meistern und wird möglicherweise nicht nur die Qualität der medizinischen Versorgung steigern, sondern auch ein bezahlbares Gesundheitssystem ermöglichen. Insbesondere in der Diagnostik verspricht KI große Erfolge. Sie sorgt dafür, dass Krankheiten präziser und früher erkannt werden können [56, 57].

3. Zusammenfassung

Die Digitalisierung hat zahlreiche Bereiche des alltäglichen Lebens nachhaltig transformiert. In der Gesundheitsversorgung und der medizinischen Lehre eröffnet die digitale Zukunft bedeutende neue Möglichkeiten. Es zählt, die Digitalisierung voranzutreiben [17]. Dies betrifft in der Gesundheitsversorgung nicht nur eine beschleunigte Kommunikation untereinander und effizienter ablaufende Verwaltungsprozesse, sondern auch die sofortige Verfügbarkeit von Patientendaten an jedem Ort und zu jeder Zeit. Die Nutzung mobiler Anwendungen eröffnet neue Möglichkeiten für eine eigenverantwortliche Rolle der Patienten im Behandlungsprozess sowie für eine Steigerung der Gesundheitskompetenz [58].

Neue technologische Innovationen in der studentischen Lehre beschleunigen den Paradigmenwechsel weg vom lehrergelenkten Unterricht zum „Inverted-Classroom“-Modell, bei dem die Studierenden zunehmend selbstständig Inhalte erarbeiten und sich die Rolle des Dozierenden zum moderierenden Akteur abwandelt [6, 33, 59]. Die Covid-19-Pandemie kann als eine Zeitenwende für die Akzeptanz und Verbreitung digitaler Lehre angesehen werden und hat diese gezwungener Maßen vorangetrieben. Aus diesem Spannungsfeld heraus kann konstatiert werden, dass die Lehre in der HNO-Heilkunde gestärkt aus der Krise hervorgegangen ist [5]. Die digitale und virtuelle Lehre wird somit als obligate Ergänzung eines vollständig als neu zu betrachtenden Lehransatzes verstanden. Ziel sollte es sein, zukunftsorientierte und ausgewogene Lehr- und Lernkonzepte in der medizinischen Aus- und Weiterbildung zu implementieren, zu realisieren und/oder auszubauen. Es geht aber auch um digitale Kompetenzen, welche Eingang in die Köpfe der Verantwortlichen und vor allem in die Planung und Ausführung der curricularen Lehre als auch der Weiterbildung haben müssen [5]. Es sollte die Möglichkeit geschaffen werden, die effektivsten Methoden, solche der klassischen Präsenzlehre mit modernen digitalen Möglichkeiten miteinander zu verbinden [31, 35].

Arbeit 1 hat gezeigt, dass die internetbasierte Bereitstellung von Lehr- und Lernmaterialien unterlegt mit Schemata, Videos, Bildern und abschließenden MC-Fragen eine optimale Vorbereitung für die Präsenzlehre wäre, aber keine echte Alternative für praktische Unterweisungen vor Ort im Rahmen der regulären Anwesenheitspraktika darstellt. Es kann standardisiert viel Wissen vermittelt und ressourcensparend eingesetzt werden. Es fehlt die direkte Interaktion mit Patienten und somit können keine praktischen Fertigkeiten der Untersuchung erlernt werden. Hingegen zeigten sich in *Arbeit 2* Live-Operationen als eine wirklich sinnvolle Alternative zur Präsenzlehre im Operationssaal. Eine hohe studentische Teilnehmerzahl bei identischer Sicht auf das Operationsfeld ist möglich. Für das Operationsteam herrscht mehr Ruhe und Platz im Operationssaal. Ein Nachteil der Methode ist, dass kein Erlernen von Verhalten im Operationssaal für die Studierenden möglich ist.

Ähnlich verhält es sich mit dem digitalen Blockpraktikum in *Arbeit 3*. Der lehrende Arzt/ die lehrende Ärztin ist tendenziell fokussierter auf das Lehren, da extra Zeit hierfür eingeräumt wird. Es kann in kurzer Zeit viel Wissen vermittelt werden. Eine selbstständige Anamneseführung und die eigenständige körperliche Untersuchung sind ähnlich wie beim elektronischen Lehr- und Lernprogramm nicht durchführbar und die Klinikabläufe (z.B. kleine Tätigkeiten zwischendurch, wie Laborkontrollen oder die Interaktion mit der Pflege) sind nicht erlebbar. Zeitlich und örtlich flexibel und somit für eine große Anzahl an Studierenden skalierbar, zeigen sich die in *Arbeit 4* beschriebenen mobilen 3D-Visualisierungssysteme. Hierbei sind bezüglich des Preis-/ Leistungsverhältnisses die Cardboards am besten, auch wenn sie im Durchschnitt funktionell etwas schlechter bewertet wurden, als die VR-Brillen. Die Studierenden können die Cardboards recht günstig erwerben (2-5 Euro) und vielseitig auch in anderen Fachdisziplinen einsetzen. Langfristige Vorteile wie erhöhte Flexibilität, verbesserte Lernerfahrungen, Personalentlastung in der Lehre und die Anpassung an moderne Lehrmethoden rechtfertigen die anfängliche Investition. Die in *Arbeit 5* untersuchten interaktiven, intraoperativen Annotationen zeigten sich für die studentische Lehre tendenziell etwas zu speziell und aufwändig, bei geringem praktischem Nutzen. Allerdings wären die Annotationen ein sehr gut einzusetzendes Tool in der Operationslehre für die Weiter- und Fortbildung. Hier sind weitere Untersuchungen empfehlenswert.

Diese Habilitationsschrift verdeutlicht, dass digitale Lehr- und Lernangebote sowie „Blended-Learning-Strategien“ und VR in der HNO-Heilkunde zahlreiche Vorteile für Studierende bieten. Die Möglichkeit einer starken Individualisierung der digitalen Lehrinhalte kann die Lernerfahrung optimieren und ermöglicht es den Studierenden, unabhängig von Raum und Zeit zu lernen. Dennoch bleibt die Notwendigkeit von z.B. direktem Patientenkontakt bestehen, was eine Fortführung der regulären Präsenzlehre, zumindest teilweise, unerlässlich macht. Zudem sind personelle Verfügbarkeiten und die Lehrbelastung der Dozierenden bei steigender Arbeitsbelastung entscheidende zu berücksichtigende Faktoren, wo nur langfristige und möglicherweise standortübergreifende Projekte eine messbare Entlastung des Lehrpersonals bewirken können. Zusammenfassend steht die Digitalisierung im Gesundheitswesen und in der medizinischen Ausbildung in einer Transitionsphase mit bislang nicht absehbarer Dynamik [6]. Chancen und Risiken digitaler Technologien sollten wissenschaftlich begleitet und genutzt werden. Die Digitalisierung berührt in der Gesundheits- und Lehrforschung einen sensiblen Bereich. Besonders Big-Data-Anwendungen und KI ermöglichen digitale Innovationen, die für ihren Erfolg auch die Akzeptanz der Menschen brauchen. Daher ist es wichtig über Chancen und Risiken solcher Technologien von Anfang an nachzudenken [60].

4. Literaturverzeichnis

1. Claus F. Vogelmeier, Friedrich Köhler. „Digitalisierung in der Inneren Medizin“ und nicht „Digitalisierung der Inneren Medizin“ – ein hoffnungsfroher Ausblick von Non-Digital Natives. Dtsch Med Wochenschr. 2019;144:425. doi:10.1055/a-0746-5964.
2. Hochschulforum Digitalisierung. The Digital Turn - Hochschulbildung im digitalen Zeitalter. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung. 2016;2016.
3. van Bonn SM, Grajek JS, Großmann W, Bernd HE, Rettschlag S, Mlynski R, Weiss NM. Elektronisches Lernen für Studenten in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde durch Nutzung des Content-Management-Systems ILIAS. [Electronic learning for otorhinolaryngology students using the content management system ILIAS]. HNO. 2021;69:642–9. doi:10.1007/s00106-021-01008-1.
4. Hochschulrektorenkonferenz. COVID-19-Pandemie und die Hochschulen. 2024-04-12T20:12:14.000Z. <https://www.hrk.de/themen/hochschulsystem/covid-19-pandemie-und-die-hochschulen/>. Accessed 13 Apr 2024.172Z.
5. Offergeld C. Flashback digitalisierte Lehre. HNO. 2024;72:141–2. doi:10.1007/s00106-024-01420-3.
6. Grajek JS. Einsatz innovativer digitaler Lehrkonzepte am Beispiel der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde: Dissertation. Universitätsmedizin Rostock. 2024.
7. Ferri F, Grifoni P, Guzzo T. Online Learning and Emergency Remote Teaching: Opportunities and Challenges in Emergency Situations. Societies. 2020;10:86. doi:10.3390/soc10040086.
8. Fischer F, Wecker C, Stegmann K. Auswirkungen digitaler Medien auf den Wissens- und Kompetenzerwerb in der Schule: Universitätsbibliothek der Ludwig-Maximilians-Universität München; 2015.
9. Liu Q, Peng W, Zhang F, Hu R, Li Y, Yan W. The Effectiveness of Blended Learning in Health Professions: Systematic Review and Meta-Analysis. J Med Internet Res. 2016;18:e2. doi:10.2196/jmir.4807.
10. Kyaw BM, Posadzki P, Paddock S, Car J, Campbell J, Tudor Car L. Effectiveness of Digital Education on Communication Skills Among Medical Students: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. J Med Internet Res. 2019;21:e12967. doi:10.2196/12967.
11. Tolks D, Kuhn S, Kaap-Fröhlich S. Teaching in times of COVID-19. Challenges and opportunities for digital teaching. GMS J Med Educ. 2020;37:Doc103. doi:10.3205/zma001396.
12. Schmitz L, Aulenkamp J, Bechler D, Grütters J. The digitalization aliens. GMS J Med Educ. 2020;37:Doc55. doi:10.3205/zma001348.

13. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2011. doi:10.1001/jama.2011.1234.
14. Tolks D, Schäfer C, Raupach T, Kruse L, Sarikas A, Gerhardt-Szép S, et al. An Introduction to the Inverted/Flipped Classroom Model in Education and Advanced Training in Medicine and in the Healthcare Professions. *GMS J Med Educ.* 2016;33:Doc46. doi:10.3205/zma001045.
15. Chen F, Lui AM, Martinelli SM. A systematic review of the effectiveness of flipped classrooms in medical education. *Med Educ.* 2017;51:585–97. doi:10.1111/medu.13272.
16. Schnakenburg P von, Heermann S, Kromeier J, Offergeld C. Einsatz von Virtual Reality in der HNO-Lehre: eine Alternative zum konventionellen Anatomiemodell. *HNO.* 2023;71:106–13. doi:10.1007/s00106-022-01252-z.
17. Grajek JS, Rettschlag S, Schneider A, Schraven SP, Mlynski R, van Bonn SM. Multidimensionale Formate chirurgischer Anatomie in der studentischen Ausbildung der HNO-Heilkunde – ein Effektivitätsvergleich. [Multidimensional formats of surgical anatomy in otorhinolaryngology student teaching-a comparison of effectivity]. *HNO* 2024. doi:10.1007/s00106-024-01427-w.
18. Offergeld C, Ketterer M, Neudert M, Hassepaß F, Weerda N, Richter B, et al. „Ab morgen bitte online“: Vergleich digitaler Rahmenbedingungen der curricularen Lehre an nationalen Universitäts-HNO-Kliniken in Zeiten von COVID-19 : Digitale Lehre an nationalen Universitäts-HNO-Kliniken. [“Online from tomorrow on please”: comparison of digital framework conditions of curricular teaching at national university ENT clinics in times of COVID-19 : Digital teaching at national university ENT clinics]. *HNO.* 2021;69:213–20. doi:10.1007/s00106-020-00939-5.
19. Kuhn S, Frankenhauser S, Tolks D. Digitale Lehr- und Lernangebote in der medizinischen Ausbildung : Schon am Ziel oder noch am Anfang? [Digital learning and teaching in medical education : Already there or still at the beginning?]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2018;61:201–9. doi:10.1007/s00103-017-2673-z.
20. Kuhn S, Huettl F, Deutsch K, Kirchgässner E, Huber T, Kneist W. Chirurgische Ausbildung im digitalen Zeitalter – Virtual Reality, Augmented Reality und Robotik im Medizinstudium. *Zentralbl Chir.* 2021;146:37–43. doi:10.1055/a-1265-7259.
21. Seemann RJ, Herbstreit S, Weber M, Erne F, Ansorg J, Back DA. Potenzial der Digitalisierung in Aus-, Fort- und Weiterbildung in Orthopädie und Unfallchirurgie. *Unfallchirurg.* 2020;123:836–42. doi:10.1007/s00113-020-00897-1.

22. Loda T, Erschens R, Junne F, Stengel A, Zipfel S, Herrmann-Werner A. Undergraduate Medical Students' Search for Health Information Online: Explanatory Cross-Sectional Study. *JMIR medical informatics* 2020. doi:10.2196/16279.
23. van Bonn SM, Grajek JS, Rettschlag S, Schraven SP, Mlynski R. Interaktive elektronische Visualisierungsformate in der studentischen Ausbildung. [Interactive electronic visualization formats in student teaching]. *HNO* 2024. doi:10.1007/s00106-024-01436-9.
24. van Bonn SM, Grajek JS, Schneider A, Oberhoffner T, Mlynski R, Weiss NM. Interactive live-stream surgery contributes to surgical education in the context of contact restrictions. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2022;279:2865–71. doi:10.1007/s00405-021-06994-0.
25. Konttila J, Siira H, Kyngäs H, Lahtinen M, Elo S, Kääriäinen M, et al. Healthcare professionals' competence in digitalisation: A systematic review. *Journal of clinical nursing* 2019. doi:10.1111/jocn.14710.
26. Kuhn S, Kadioglu D, Deutsch K, Michl S. Data Literacy in der Medizin. *Onkologe.* 2018;24:368–77. doi:10.1007/s00761-018-0344-9.
27. Khurana MP, Raaschou-Pedersen DE, Kurtzhals J, Bardram JE, Ostrowski SR, Bundgaard JS. Digital health competencies in medical school education: a scoping review and Delphi method study. *BMC Med Educ.* 2022;22:129. doi:10.1186/s12909-022-03163-7.
28. Engert J, Backhaus J, Henig L, Spahn B, Voelker J, Ickrath P, et al. Repetitio est mater studiorum – Implementierung von HNO-Fällen in fallbasiertes E-Learning. *HNO.* 2024;72:166–72. doi:10.1007/s00106-023-01409-4.
29. Waibel A-M, Bischoff M. Digitale Kompetenzen im Medizinstudium: Ergebnisse einer interdisziplinären Lehrveranstaltung. *HNO.* 2024;72:161–5. doi:10.1007/s00106-023-01411-w.
30. van Bonn SM, Grajek JS, Schuldt T, Schraven SP, Schneider A, Rettschlag S, et al. Interaktive intraoperative Annotation chirurgischer Anatomie in der studentischen Ausbildung zur Unterstützung der Lerneffizienz und -motivation. [Interactive intraoperative annotation of surgical landmarks in student education to support learning efficiency and motivation]. *HNO.* 2022;70:609–17. doi:10.1007/s00106-022-01187-5.
31. Offergeld C, Neudert M, Emerich M, Schmidt T, Kuhn S, Giesler M. Vermittlung digitaler Kompetenzen in der curricularen HNO-Lehre: abwartende Haltung oder vorauseilender Gehorsam? *HNO.* 2020;68:257–62. doi:10.1007/s00106-019-00745-8.
32. Kaur M. Blended Learning - Its Challenges and Future. *Procedia - Social and Behavioral Sciences.* 2013;93:612–7. doi:10.1016/j.sbspro.2013.09.248.

33. Wehling J, Dombrowski T, Johannsen K, Volkenstein S, Dazert S, Weiss NM.
Vermittlung praktischer Fähigkeiten in der curricularen Lehre – Effekt von SkillsLab und „flipped classroom“. HNO. 2024;72:143–53. doi:10.1007/s00106-023-01408-5.
34. Ruiz JG, Mintzer MJ, Leipzig RM. The impact of E-learning in medical education. Acad Med. 2006;81:207–12. doi:10.1097/00001888-200603000-00002.
35. Petrarca CA, Warner J, Simpson A, Petrarca R, Douiri A, Byrne D, Jackson TL.
Evaluation of eLearning for the teaching of undergraduate ophthalmology at medical school: a randomised controlled crossover study. Eye (Lond). 2018;32:1498–503. doi:10.1038/s41433-018-0096-1.
36. Verse T, Verse JM, Meyer JE, Grundmann T, Külkens C, Berger B. Unterricht in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde in Zeiten der COVID-19-Pandemie. Wie gut können digitale Formate die Präsenzlehre ersetzen? [Teaching otorhinolaryngology in times of COVID-19: to what extent can digital formats replace face-to-face teaching?]. HNO. 2022;70:666–74. doi:10.1007/s00106-022-01200-x.
37. O'Doherty D, Dromey M, Loughheed J, Hannigan A, Last J, McGrath D. Barriers and solutions to online learning in medical education – an integrative review. BMC Med Educ. 2018;18:1–11. doi:10.1186/s12909-018-1240-0.
38. O'Neill SM, Henschen BL, Unger ED, Jansson PS, Unti K, Bortoletto P, et al. Educating future physicians to track health care quality: feasibility and perceived impact of a health care quality report card for medical students. Acad Med. 2013;88:1564–9. doi:10.1097/ACM.0b013e3182a36bb5.
39. Dombrowski T, Dazert S, Volkenstein S. Digitale Strategien in der Lehre. [Strategies of Digitized Learning]. Laryngorhinootologie. 2019;98:S197-S219. doi:10.1055/a-0803-0218.
40. Wannemacher K TH. Digitale Lernszenarien im Hochschulbereich im Auftrag der Themengruppe "Innovationen in Lern- und Prüfungsszenarien" koordiniert vom CHE im Hochschulforum Digitalisierung. HIS-Institut für Hochschulentwicklung. 2016.
41. Offergeld C, Kuhn S, Kromeier J, Heermann S, Widder A, Flayyih O, et al. Wird der Einsatz der virtuellen Realität in der HNO-Heilkunde-Lehre von Studierenden automatisch positiv bewertet? HNO. 2024;1–7. doi:10.1007/s00106-024-01453-8.
42. Maresky HS, Oikonomou A, Ali I, Ditkowsky N, Pakkal M, Ballyk B. Virtual reality and cardiac anatomy: Exploring immersive three-dimensional cardiac imaging, a pilot study in undergraduate medical anatomy education. Clinical anatomy (New York, N.Y.) 2019. doi:10.1002/ca.23292.
43. Fischer H-G, Zehlicke T, Gey A, Rahne T, Plontke SK. Multimodales Weiterbildungskonzept Schläfenbeinchirurgie. [Multimodal training concept for temporal bone surgery]. HNO. 2021;69:545–55. doi:10.1007/s00106-020-00924-y.

44. Mlynski R, Millhan M, Hagen R, Plontke S. 3D-Tutorial: Schläfenbeinpräparation. German Medical Science GMS Publishing House. 2013. doi: 10.3205/13hnod469.
45. Berman NB, Durning SJ, Fischer MR, Huwendiek S, Triola MM. The Role for Virtual Patients in the Future of Medical Education. *Acad Med*. 2016;91:1217–22. doi:10.1097/ACM.0000000000001146.
46. van Bonn SM, Behrendt SP, Pawar BL, Schraven SP, Mlynski R, Schuld T. Smartphone-based nystagmus diagnostics: development of an innovative app for the targeted detection of vertigo. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2022;279:5565–71. doi:10.1007/s00405-022-07385-9.
47. Rak K, Völker J, Taeger J, Bahmer A, Hagen R, Albrecht U-V. Medizinische Apps in der HNO-Heilkunde. [Medical Apps in Oto-Rhino-Laryngology]. *Laryngorhinootologie*. 2019;98:S253-S289. doi:10.1055/a-0740-4866.
48. Vincent J. Emotional attachment and mobile phones. *Know Techn Pol*. 2006;19:39–44. doi:10.1007/s12130-006-1013-7.
49. Payne KFB, Wharrad H, Watts K. Smartphone and medical related App use among medical students and junior doctors in the United Kingdom (UK): a regional survey. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2012;12:121. doi:10.1186/1472-6947-12-121.
50. Gareev I, Gallyametdinov A, Beylerli O, Valitov E, Alyshov A, Pavlov V, et al. The opportunities and challenges of telemedicine during COVID-19 pandemic. *Front Biosci (Elite Ed)*. 2021;13:291–8. doi:10.52586/E885.
51. Kong X, Feng R. Watermarking medical signals for telemedicine. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*. 2001;5:195–201. doi:10.1109/4233.945290.
52. Savitz SI, Caplan LR, Edlow JA. Pitfalls in the diagnosis of cerebellar infarction. *Acad Emerg Med*. 2007;14:63–8. doi:10.1197/j.aem.2006.06.060.
53. Dodt C, Zelihic E. Schwindel. *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2013;108:41–6. doi:10.1007/s00063-012-0173-3.
54. Timm Fabian BE. Accurate Eye Centre Localisation by Means of Gradients. VISAPP - Proceedings of the Sixth International Conference on Computer Vision Theory and Applications, Portugal, 2011.
55. Lane N, Miluzzo E, Lu H, Peebles D, Choudhury T, Campbell A. A survey of mobile phone sensing. *IEEE Commun. Mag*. 2010;48:140–50. doi:10.1109/mcom.2010.5560598.
56. Sonntag D. Künstliche Intelligenz in der Medizin – Holzweg oder Heilversprechen? *HNO*. 2019;67:343–9. doi:10.1007/s00106-019-0665-z.
57. Krumm S, Dwertmann A. Perspektiven der KI in der Medizin. In: Wittpahl V, editor. *Künstliche Intelligenz: Technologie, Anwendung, Gesellschaft*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2019. p. 161–175. doi:10.1007/978-3-662-58042-4_10.

58. Digitalisierung im Gesundheitswesen. 2024-04-13T13:45:24.000Z.
<https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/digitalisierung/digitalisierung-im-gesundheitswesen.html>. Accessed 13 Apr 2024.161Z.
59. Spiekermann CO, Oberste M, SadjadiM, Rudack C. Flipped Classroom – Innovatives Konzept zur Digitalisierung der Lehre in der HNO. Abstract- und Posterband – 90. Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft für HNO-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V., Bonn – Digitalisierung in der HNO-Heilkunde 2019. doi:10.1055/s-0039-1685716.
60. Bundesministerium für Bildung und Forschung - BMBF. Digitalisierung in der Medizin. 2024-04-13T13:45:58.000Z.
https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/gesundheit/digitalisierung-in-der-medizin/digitalisierung-in-der-medizin_node.html. Accessed 13 Apr 2024.274Z.

5. Publikationsverzeichnis

1. **van Bonn SM**, Grajek JS, Großmann W, Bernd HE, Rettschlag S, Mlynski R, Weiss NM. *Elektronisches Lernen für Studenten in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde durch Nutzung des Content-Management-Systems ILIAS*. HNO. 2021 Aug;69(8):642-649. doi: 10.1007/s00106-021-01008-1. Epub 2021 Feb 3. Impact Factor: 0,9
2. **van Bonn SM**, Grajek JS, Schneider A, Oberhoffner T, Mlynski R, Weiss NM. *Interactive live-stream surgery contributes to surgical education in the context of contact restrictions*. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2021 Aug 23:1-7. doi: 10.1007/s00405-021-06994-0. Epub 2021 Aug 23. Impact Factor: 2,6
3. **van Bonn SM**, Grajek J, Rettschlag S, Schraven SP, Mlynski R. *Interaktive elektronische Visualisierungsformate in der studentischen Ausbildung*. HNO. 2024 Feb 23. doi: 10.1007/s00106-024-01436-9. Online ahead of print. Impact Factor: 0,9
4. Grajek J, Rettschlag S, Schneider A, Schraven SP, Mlynski R, **van Bonn SM**. *Multidimensionale Formate chirurgischer Anatomie in der studentischen Ausbildung der HNO-Heilkunde*. HNO 2024. doi: 10.1007/s00106-024-01427-w. Online ahead of print. Impact Factor: 0,9
5. **van Bonn SM**, Grajek JS, Schuldt T, Schraven SP, Schneider A, Rettschlag S, Oberhoffner T, Weiss NM, Mlynski R. *Interaktive, intraoperative Annotation chirurgischer Anatomie in der studentischen Ausbildung zur Unterstützung der Lerneffizienz und -motivation*. HNO. 2022 Aug;70(8):609-617. doi: 10.1007/s00106-022-01187-5. Epub 2022 Jun 4. Impact Factor: 0,9
6. **van Bonn SM**, Behrendt SP, Pawar BL, Schraven SP, Mlynski R, Schuldt T. *Smartphone-based nystagmus diagnostics: development of an innovative app for the targeted detection of vertigo*. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2022 Dec;279(12):5565-5571. doi: 10.1007/s00405-022-07385-9. Epub 2022 Apr 22. Impact Factor: 2,6
7. Weiss NM, Schneider A, Hempel JM, Uecker FC, **van Bonn SM**, Schraven SP, Rettschlag S, Schuldt T, Müller J, Plontke SK, Mlynski R. *Evaluating the didactic value of 3D visualization in otosurgery*. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2021 Apr;278(4):1027-1033. doi: 10.1007/s00405-020-06171-9. Epub 2020 Jul 1. Impact Factor: 2,6
8. Strüder D, Hellwig S, Rennau H, **van Bonn S**, Schraven SP, Mlynski R, Hildebrandt G, Schuldt T. *Screening for irradiation vasculopathy by intima-media thickness sonography in head and neck cancer patients*. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2021 Jun;278(6):2017-2026. doi: 10.1007/s00405-020-06301-3. Epub 2020 Sep 1. Impact Factor: 3,3

9. Strüder D, Lachmann C, **van Bonn SM**, Grambow E, Schraven SP, Mlynski R, Vollmar B. *The Dorsal Skinfold Chamber as a New Tympanic Membrane Wound Healing Model: Intravital Insights into the Pathophysiology of Epithelialized Wounds*. Eur Surg Res. 2021 Dec 2;1-15. doi: 10.1159/000519774. Online ahead of print. Impact Factor: 1,6
10. Hollborn H, Lachmann C, Strüder D, **van Bonn SM**, Mlynski R, Schraven SP. *Rise of Complications of acute otitis media during and after the Covid-19 Pandemic*. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2024 May 6. doi: 10.1007/s00405-024-08647-4. Online ahead of print. Impact Factor: 3,3

Case Report

1. **van Bonn SM**, Schraven SP, Schuldt T, Heimesaat MM, Mlynski R, Warnke PC. *Chronic otitis media following infection by non-O1/non-O139 Vibrio cholerae: A case report and review of the literature*. Eur J Microbiol Immunol (Bp). 2020 Aug 13;10(3):186-191. doi: 10.1556/1886.2020.00013. Impact Factor: 2,2

Zitierfähige Abstracts

1. **van Bonn SM**, Ytrehus RH, Schuldt T, Mlynski R (2020). *Assoziation zwischen der Inzidenz von peritonsillären Abszessen und meteorologischen Parametern*. Laryngorhinootologie; 99(S 02): S67. DOI: 10.1055/s-0040-1711531.
2. **van Bonn SM**, Ytrehus RH, Schuldt T, Mlynski R (2021). *Saisonale Veränderungen des Keimspektrums bei peritonsillären Abszessen*. Laryngorhinootologie; 100(S 02): S45-S46. DOI: 10.1055/s-0041-1727725.
3. **van Bonn SM**, Grajek JS, Rettschlag S, Mlynski R (2022). *Evaluation der E-Visite als interaktives Visualisierungsformat in der studentischen Ausbildung*. Laryngorhinootologie; 101(S 02): S77. DOI: 10.1055/s-0042-1747213.
4. **van Bonn SM**, Philipp M, Mlynski R, Schraven SP (2023). *Papilläres Schilddrüsenkarzinom in der medianen Halszyste – eine Fallserie*. Laryngorhinootologie; 102(S 02): S169. DOI: 10.1055/s-0043-1766980.
5. Vashakidze K, Großmann W, **van Bonn SM**, Hollborn H, Mlynski R (2023). *Das Cogan-Syndrom – eine diagnostische Herausforderung*. Laryngorhinootologie; 102(S 02): S126. DOI: 10.1055/s-0043-1766833.
6. Schmidt F, Zhang L, Ehrh K, Großmann W, **van Bonn-Ytrehus SM**, Mlynski R (2024). *Verwendung der Transimpedanzmatrix zur Vermessung der Cochlea*. 26. Jahrestagung

der Deutschen Gesellschaft für Audiologie. Aalen, 06.-08.03.2024. Düsseldorf, German Medical Science GMS Publishing House. DOI: 10.3205/24dga040.

7. **van Bonn-Ytrehus SM**, Kublun K, Mlynski R, Schuldt T (2024). *Vergleich von enoralen Aufnahmen durch Nutzung verschiedener Kamerasysteme*. Laryngorhinootologie; 103(S 02): S29. DOI: 10.1055/s-0044-1784030.
8. Stauga P, Schmidt F, Zhang L, Ehrt K, **van Bonn-Ytrehus SM**, Großmann W, Mlynski R (2024). *Objektive Beurteilung des Sprachverstehens von CI-Patienten durch Ableitung der Mismatch Negativity*. Laryngorhinootologie; 103(S 02): S93. DOI: 10.1055/s-0044-1784249.
9. Schmidt F, Bonk H, Zhang L, Ehrt K, **van Bonn-Ytrehus SM**, Großmann W, Mlynski R (2024). *Wahrnehmung des Tieftonbereichs nach Cochlea Implantat Versorgung mit hoher cochleärer Abdeckung*. Laryngorhinootologie; 103(S 02): S92. DOI: 10.1055/s-0044-1784245.

Kongressbeiträge

1. **van Bonn SM**, Kleitke T, Mlynski R, Rettschlag S. (2022). *Pulmonale Massenblutung bei initial vulnerablem laryngealen Granulationspolypen*. Poster, 20. Jahresversammlung der Norddeutschen Gesellschaft für Otorhinolaryngologie und zervikofaziale Chirurgie, Stade.
2. Dohr D, Grabow N, Hiepe L, **van Bonn SM**, Mlynski R, Schraven SP (2022). *Insertion speed at different filling states show an influence on the insertion forces of cochlear catheters in human cadaveric ears*. Poster, BMT 2022 in Innsbruck.
3. Dohr D, Wulf K, Eickner T, Paasche G, Raggl S, Erfurt P, **van Bonn SM**, Schilp S, Grabow N, Cantré D, Kipp M, Mlynski R, Schraven SP (2023). *Histological findings of human cadaveric ear with inserted cochlea catheter*. Poster, BMT 2023 in Duisburg.

Vorträge

- *Benigne Raumforderungen der Ohrmuschel*, 05.08.2020, Rostock, Klinikfortbildung: Chirurgie der Ohrmuschel – bei benignen und malignen Befunden
- *Pre- and aftercare of ear patients*, 04.07.2022, Rostock, 12th Workshop – Microsurgery of the Ear and Hearing Implants Halle-Rostock 2022
- *Chirurgische Techniken der endonasalen NNH-Chirurgie*, 11.07.2023, Rostock, 1. Rostocker OP-Kurs Nasennebenhöhlen und Septum
- *Management des Hörsturzes in unserer Klinik*, 29.11.2023, Rostock, Klinikfortbildung: Therapie des Hörsturzes, Ergebnisse der HODOKORT-Studie

Anhang

I. Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Fakultät vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Dr. med. Sara Maria van Bonn-Ytrehus

Rostock, 13.05.2024

II. Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei Herrn Prof. R. Mlynski für die Ermutigung zu freier klinischer und wissenschaftlicher Arbeit, der Unterstützung bei einer Vielzahl von Publikationen und der fachlichen Anleitung im Rahmen meiner beruflichen Entwicklung bedanken. Ich habe viel bei Ihnen gelernt!

Zudem bedanke ich mich bei Herrn PD Dr. med. Tobias Schuldt, Frau PD Dr. med. Nora Weiss, Frau PD Dr. med. Stefanie Rettschlag und Herrn Dr. med. Jan S. Grajek. Ohne den konstruktiven Austausch, die Unterstützung, die zahlreichen fachlichen Anregungen und die organisatorische Realisierung der Projekte wäre die Erstellung der Arbeit nicht möglich gewesen!

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Mutter und meinem Ehemann Rolf für den Rückhalt, die Ermutigung und den Glauben an mich.

Danke!

III. Akademischer Lebenslauf

IV. Originalarbeiten

HNO

Originalien

HNO 2021 · 69:642–649
<https://doi.org/10.1007/s00106-021-01008-1>
Angenommen: 15. Dezember 2020
Online publiziert: 3. Februar 2021
© Der/die Autor(en) 2021



Sara M. van Bonn · Jan S. Grajek · Wilma Großmann · Hans E. Bernd ·
Stefanie Rettschlag · Robert Mlynski · Nora M. Weiss
Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“,
Universitätsmedizin Rostock, Rostock, Deutschland

Elektronisches Lernen für Studenten in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde durch Nutzung des Content-Management-Systems ILIAS

Elektronisches Lernen (E-Learning) bezeichnet ein umfassendes Konzept für selbstbestimmte und computergestützte Lehr- und Lernprozesse [1, 2]. In elektronischem Format verfügbare Lehrmaterialien verzeichnen in den letzten Jahren eine wachsende Popularität. So rückt auch in der universitären Lehre die Verwendung von elektronischen Lehrmaterialien immer mehr in den Mittelpunkt [3–5]. Sie bietet die Möglichkeit der Nutzung unterschiedlicher Formen der Visualisierung sowie den Vorteil einer individualisierbaren Lernform unabhängig von Ort und Zeit [6]. Zudem kann durch eine umfangreiche Informationsvermittlung auch in einem internationalen Umfeld leicht zugängliches Wissen erworben und interaktiv überprüft werden [7, 8]. Aktuelle Übersichtsarbeiten zeigen, dass digitale Lehrmittel ein nützliches Instrument für medizinische Ausbildungszwecke darstellen und dabei der traditionellen Vorlesung nicht unterlegen sind [9, 10]. Ebenso wird beschrieben, dass Medizinstudenten, welche elektronische Lernprogramme nutzen, subjektiv mit ihrer Lernerfahrung zufriedener sind im Vergleich zu den Studierenden, welche traditionelle Lernmethoden anwenden [6, 11].

Das reguläre Blockpraktikum für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, welches bei konventionellen Studiengängen im 7. und 8. Semester stattfindet, dient der praktischen Verfestigung der bisher

vermittelten Inhalte der Vorlesung. Der Präsenzunterricht ist die vorherrschende Lehrmethode der Universitäten, ist jedoch im Rahmen der digitalen Transformation und des zunehmenden Zugriffs auf Online-Lehrmaterialien zu hinterfragen. Im Rahmen der anhaltenden COVID-19-Pandemie hat das elektronische Lernen durch Einschränkungen der Präsenzlehre zusätzlich an Bedeutung gewonnen. Zusammen mit den Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die universitäre Krankenversorgung hat sich die Entwicklung von der analogen zur digitalen Lehre beschleunigt [12]. Bei der Erprobung neuer Lehrmaterialien und Methoden ist neben objektiven Verfahren wie Prüfungen auch eine Evaluation des subjektiven Nutzens von Bedeutung. Ziel dieser Studie war es deshalb, elektronisches Lernen zu evaluieren, um Voraussetzungen zu schaffen, es als Ergänzung für herkömmliche Präsenzpraktika zu nutzen.

Methodik

Während des Sommersemesters 2020 wurde das elektronische Lernprogramm der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Universitätsmedizin Rostock im Web-Content-Management-System ILIAS aufgebaut.

Lernplattform ILIAS

Das Open-Source-Produkt ILIAS ist ein kostenloses, von vielen Hochschulen eingesetztes http-Protokoll (ILIAS open source e-Learning e. V., Köln) für die internetbasierte Bereitstellung von Lehr- und Lernmaterialien. Alle Studierenden, welche für das Blockpraktikum im Sommersemester 2020 eingeteilt waren, wurden über das Projekt informiert und über die Teilnahme an der anschließenden Evaluation aufgeklärt.

Erstellen der Lehrinhalte

Es wurden 4 Lernkurse zu den übergeordneten Themen: äußerer Hals [I], Rachen/Kehlkopf [II], Nase [III], Ohr [IV] erstellt. Jedes der Module wurde für eine Lernzeit von ca. 60 min konzipiert. Die Online-Kurse beinhalten Text mit Bilddateien bzw. Schemata sowie selbstgedrehte High-Definition (HD)-Lehrvideos. Nach jeder Lerneinheit folgte abschließend ein themenentsprechender Multiple-Choice-Test bestehend aus 10 Fragen, um den Lernerfolg zu überprüfen.

Livestream-Operationen

Als Zusatzangebot wurden Operationen als Live-Stream in HD-Qualität aus dem Operationssaal für die Übertragung von Operationen zur Verfügung gestellt. Die Aufnahmen von einem voll digitalen 3-D-

Tab. 1 Evaluationsbögen vor (Fragebogen Teil 1) und nach (Fragebogen Teil 2) Durchführung der elektronischen Lernkurse		
	Fragebogen Teil 1	Fragebogen Teil 2
1.	E-Learning empfinde ich als hilfreich, da es meine eigene Lerngeschwindigkeit berücksichtigt	E-Learning empfinde ich als hilfreich, da es meine eigene Lerngeschwindigkeit berücksichtigt
2.	E-Learning würde zu einer höheren Bereitschaft der Studierenden zur Teilnahme an Kursen und Vorlesungen führen	E-Learning würde zu einer höheren Bereitschaft der Studierenden zur Teilnahme an Kursen und Vorlesungen führen
3.	Das Fach HNO-Heilkunde eignet sich gut für den Einsatz von E-Learning	Das Fach HNO-Heilkunde eignet sich gut für den Einsatz von E-Learning
4.	Die studentische Ausbildung in der HNO-Heilkunde setzt einen Arzt-Studierenden-Kontakt voraus	Die studentische Ausbildung in der HNO-Heilkunde setzt einen Arzt-Studierenden-Kontakt voraus
5.	E-Learning bietet eine gute Alternative zum herkömmlichen HNO-Anwesenheitspraktikum	E-Learning bietet eine gute Alternative zum herkömmlichen HNO-Anwesenheitspraktikum
6.	E-Learning in der HNO-Heilkunde sollte zusätzlich zum Anwesenheitspraktikum zur Verfügung gestellt werden	E-Learning in der HNO-Heilkunde sollte zusätzlich zum Anwesenheitspraktikum zur Verfügung gestellt werden
7.	Ich wünsche mir ein größeres Angebot für E-Learning-Kurse und Vorlesungen	Ich wünsche mir ein größeres Angebot für E-Learning-Kurse und Vorlesungen
8.	Die Bereitstellung eines E-Learning-Programms sorgt für eine standardisierte und gleichbleibende Lehrqualität (unabhängig von Ort, Zeit, Dozent*in)	Durch das E-Learning haben sich meine praktischen Fähigkeiten verbessert
9.	E-Learning kann mir helfen, meinen Studienplan flexibler zu gestalten (z. B. Nebenjob, Elternbesuche)	Durch das E-Learning der HNO ist mein Interesse am Fach gewachsen, und ich bin motivierter, mich intensiver damit zu befassen
10.	Der Begriff „E-Learning“ ist mir geläufig	Das E-Learning der HNO-Heilkunde ist strukturiert und logisch aufgebaut
11.	Das E-Learning-Programm der Universitätsmedizin Rostock nutze ich	Ich habe das Gefühl, gut für das Fachgebiet HNO vorbereitet zu sein
12.	Das E-Learning-Angebot der Universitätsmedizin Rostock ist mir bekannt	Das E-Learning-System ist benutzerfreundlich aufgebaut
13.	Wie häufig würden Sie ein entsprechendes HNO-Programm nutzen?	Ich konnte mit in kurzer Zeit viel Wissen aneignen
14.	–	Die Qualität der Lerneinheiten war hoch
15.	–	Ich konnte die Lerneinheiten von verschiedenen Standorten aus abrufen
16.	–	Die Verbindung zum Server beim Bearbeiten der Lerneinheiten war stabil
17.	–	E-Learning ist ein zeitgemäßes Format
18.	–	Wie oft haben Sie das E-Learning-Programm genutzt?

HNO Hals-Nasen-Ohren

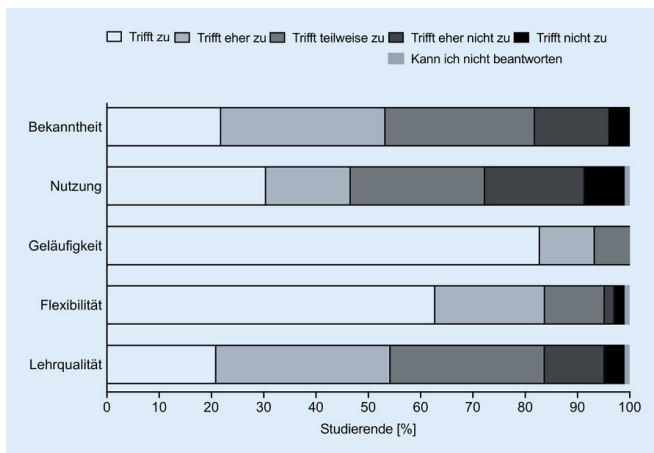


Abb. 1 ▲ Übersicht der Bewertung der Fragen 8 bis 12 vor Durchführung der elektronischen Lernkurse durch die Studierenden ($n = 105$). Die Balken zeigen die Verteilung der vollständigen Übereinstimmung (weißer Balken) bis zur Nichtübereinstimmung (schwarzer Balken) in Prozent an

Operationsmikroskop (Arriscope Evo2 HNO, Fa. MSI, München, Deutschland), einer Umfeldkamera (EVI-HD7V, Fa. Sony, Tokio, Japan) sowie die Tonspur wurden über eine LAN-Schnittstelle an einen Medienserviceleister (Fa. priparaes, München, Deutschland) übertragen. Die Daten wurden vom Dienstleister transformiert und anschließend über einen eigenen Kanal bei YouTube (Fa. Google LLC, Mountain View, CA, USA) mit einer Chatfunktion online gestellt. Studierende konnten so über gängige Endgeräte von jedem Standort in Deutschland sowie weltweit auf den Stream zugreifen, Fragen zu den chirurgischen Schritten stellen und mit dem Chirurgen kommunizieren. Die Teilnahme am Live-Stream war freiwillig.

Zusammenfassung · Abstract

HNO 2021 · 69:642–649 <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01008-1>
© Der/die Autor(en) 2021

S. M. van Bonn · J. S. Grajek · W. Großmann · H. E. Bernd · S. Rettschlag · R. Mlynski · N. M. Weiss

Elektronisches Lernen für Studenten in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde durch Nutzung des Content-Management-Systems ILIAS

Zusammenfassung

Hintergrund. Der Präsenzunterricht ist die vorherrschende Lehrmethode der Universitäten, ist jedoch im Rahmen der digitalen Transformation und des zunehmenden Zugriffs auf Online-Lehrmaterialien zu hinterfragen. Ziel dieser Studie war es zu evaluieren, inwiefern das elektronische Lernen (E-Learning) online als Ersatz für das herkömmliche Anwesenheitspraktikum für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde genutzt werden kann.

Material und Methoden. Ein vollständig digitales elektronisches Lernkonzept wurde auf der Online-Lernplattform ILIAS erstellt und zur Verfügung gestellt. Die teilnehmenden Studierenden wurden in das elektronische Lernprogramm eingewiesen. Es wurden 4 Lerneinheiten (äußerer Hals [I],

Rachen/Kehlkopf [II], Nase [III], Ohr [IV]) eingerichtet. Nach jeder Lerneinheit erfolgte abschließend ein themenentsprechender Multiple-Choice-Test. Sowohl vor als auch nach Durchführung der Lernkurse wurden die Studierenden gebeten, an der Evaluation teilzunehmen.

Ergebnisse. Insgesamt 105 Studierende nahmen vor und 85 Studierende nach erfolgreichem elektronischem Lernprogramm an der Evaluation teil. Die Mehrheit der Studierenden (52,94 %) gab nach Durchführung der Kurse einen signifikant höheren Zufriedenheitswert bezüglich des Inhalts, der Darstellung der Lernsequenzen und der eigenen Kontrolle über Lerntempo bzw. Zeiteinteilung gegenüber dem Zeitpunkt vor Absolvierung des elektronischen Lernprogramms (34,29 %) an ($p < 0,0001$). Ein Großteil der Studierenden (54,12 %) wünscht sich das elektronische Lernangebot zusätzlich zur Präsenzlehre.

Schlussfolgerungen. Das elektronische Lernprogramm ist ein vielversprechender Ansatz als Alternative bzw. Ergänzung zum traditionellen Lernen bzw. dem Lernen durch die Teilnahme an Präsenzveranstaltungen. Eine Erweiterung der digitalen Lehre kann auf der Basis dieser Untersuchung ausdrücklich unterstützt werden.

Schlüsselwörter

E-Learning · Medizinstudierende · COVID-19-Pandemie · Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde · Kommunikation

Electronic learning for otorhinolaryngology students using the content management system ILIAS

Abstract

Background. With increasing access to online teaching materials, traditional teaching methods at universities need to be questioned in the context of digital transformation. The aim of this study was to evaluate whether electronic learning may serve as or replace conventional internship in otorhinolaryngology.

Materials and methods. A completely digital electronic learning concept was created and made available at the online learning platform ILIAS. Students were introduced to the program. Four learning units (neck [I], pharynx/larynx [II], nose [III], ear [IV]) were set

up, with a topic-related multiple-choice test at the end of each unit. The students took part in the evaluation before and after completion of the course.

Results. A total of 105 students participated in the evaluation before and 85 students after the electronic learning program. After completing the courses, the majority of students (52.94%) stated to be more satisfied with the content and the presentation of the learning sequences as well as with their own self-control concerning learning pace and time management compared to the situation before completing the program

(34.29%; $p < 0.0001$). The majority of students (54.12%) stated that they would appreciate the electronic learning program in addition to practical internship.

Conclusion. The electronic learning program is a promising approach to supplement traditional learning and internships. An expansion of digital teaching proposals should be supported based on this study.

Keywords

E-Learning · Medical students · Covid-19 pandemic · Otorhinolaryngology · Communication

Evaluation

Vor Beginn und nach Abschluss der Lernkurse auf der ILIAS-Plattform wurden die Studierenden gebeten, einen Evaluationsbogen auszufüllen (■ Tab. 1). Die ersten 7 Punkte der Fragebögen waren zu beiden Untersuchungszeitpunkten identisch. Alle Aussagen der Evaluationsfragebögen waren auf 5-stufigen Likert-Skalen von 1 („trifft vollkommen zu“) bis 5 („trifft nicht zu“) zu beantworten.

Statistik

Die statistischen Analysen erfolgten mit GraphPad Prism (Version 8, Fa. Graph-Pad Software, La Jolla, CA, USA). Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgesetzt. Die Normalverteilung wurde grafisch mit Quantil-Quantil-Diagrammen („quantile-quantile plots“) getestet. Wenn nicht anders angegeben, werden die Ergebnisse als Mittelwerte mit Standardabweichung (SD) oder als absolute Werte mit Prozenten angegeben. Der Wilcoxon-Test wurde durchgeführt, um

Unterschiede zwischen der Beantwortung des Fragebogens vor und nach Durchführung des elektronischen Lernprogramms zu untersuchen.

Ergebnisse

Insgesamt nahmen 105 Studierende am elektronischen Lernprogramm im Sommersemester 2020 teil. Alle 105 Studierenden füllten den ersten Evaluationsbogen aus (■ Abb. 1) und nahmen an den 4 Multiple-Choice-Tests teil. Den zweiten Evaluationsbogen füllten 85 der

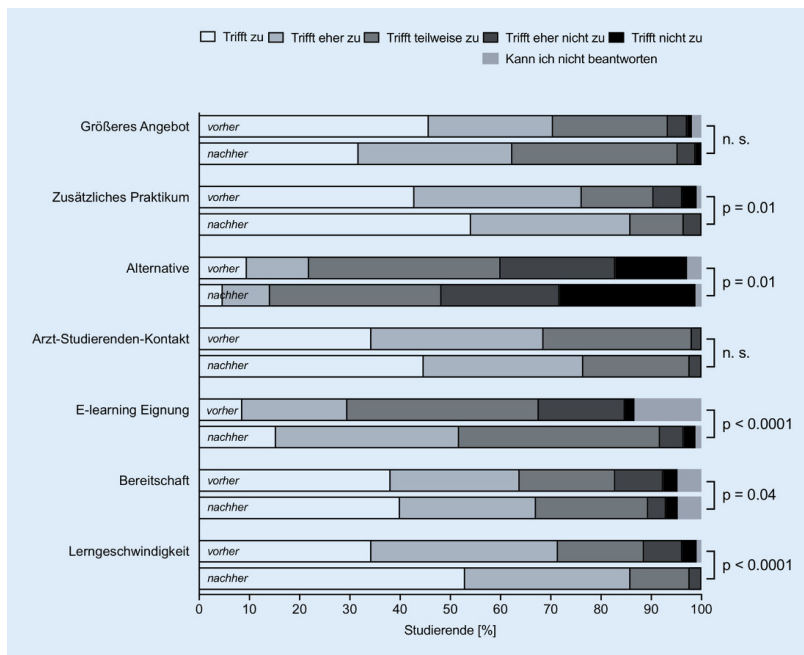


Abb. 2 ◀ Übersicht der Bewertung der Fragen 1 bis 7 vor und nach Durchführung der elektronischen Lernkurse durch die Studierenden ($n = 84$) im Vergleich. Die Balken zeigen die Verteilung der vollständigen Übereinstimmung (weißer Balken) bis zur Nichtübereinstimmung (schwarzer Balken) in Prozent

105 Studierenden aus (Abb. 3). Von 84 Studierenden lagen Daten von beiden Zeitpunkten (vor und nach Absolvierung der elektronischen Lernkurse) vor und konnten zum statistischen Vergleich der Fragen 1 bis 7 herangezogen werden (Abb. 2). Die Fragen der Evaluationsbögen sind Tab. 1 zu entnehmen. Die deskriptiven Angaben zu den Antworten auf die jeweiligen Fragebögen sind Tab. 2 und 3 zu entnehmen.

Die Antworten der Studierenden auf die Aussagen 8 bis 12 vor Durchführung der E-Learning-Kurse sind in Abb. 1 dargestellt. Der Vergleich für die Aussagen 1 bis 7 vor und nach Durchführung des elektronischen Lernens sowie die Antworten der Studierenden auf die Aussagen 8 bis 17 nach Durchführung des elektronischen Lernens sind in Abb. 2 und 3 dargestellt. Die Angaben zur Nutzungshäufigkeit (Frage 13 bzw. 18) sind in Abb. 4 dargestellt. Im Vergleich zeigten sich signifikante Unterschiede bei den Aussagen „E-Learning in der HNO-Heilkunde sollte zusätzlich zum Anwesenheitspraktikum zur Verfügung gestellt

werden.“ ($p < 0,01$), „E-Learning bietet eine gute Alternative zum herkömmlichen HNO-Anwesenheitspraktikum.“ ($p = 0,01$), „Das Fach HNO-Heilkunde eignet sich gut für den Einsatz von E-Learning.“ ($p < 0,0001$), „E-Learning würde zu einer höheren Bereitschaft der Studierenden zur Teilnahme an Kursen und Vorlesungen führen.“ ($p = 0,04$) und „E-Learning empfinde ich als hilfreich, da es meine eigene Lerngeschwindigkeit berücksichtigt.“ ($p < 0,0001$).

Zur Lernerfolgskontrolle wurde nach jedem Lernkurs ein Multiple-Choice-Test durchgeführt. Die Gesamtbestehensrate der Studierenden lag bei allen 4 Lernkursen (äußerer Hals [I], Rachen/Kehlkopf [II], Nase [III], Ohr [IV]) bei 100%. Das durchschnittliche prozentuale Ergebnis lag für [I] bei 91,5%, [II] bei 95,5%, [III] bei 89,4%, [IV] bei 91,8%. Das durchschnittliche prozentuale Ergebnis aller Studierenden der 4 Multiple-Choice-Tests lag bei 92% richtig beantworteter Fragen.

Diskussion

Aufgrund der digitalen Transformation der Lehre erscheint der Präsenzunterricht als traditionelle Lehrmethode allein nicht mehr zeitgemäß [1, 4, 8, 12]. Die Digitalisierung wird bereits seit mehreren Jahren propagiert und politisch gefördert [13]. Während im klinischen Alltag die digitale Transformation bereits stattfindet und integriert ist, erfolgte die Umsetzung in der Lehre bisher nur partiell. Angetrieben durch die aufgrund der anhaltenden COVID-19-Pandemie eingesetzten Präsenzbeschränkungen wurde innerhalb der letzten Monate ein digitales Lehrangebot für die Studierenden im Fachbereich der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde geschaffen [4, 14]. Die COVID-19-Pandemie hat die Entwicklung von der analogen zur digitalen Lehre folglich zwar nicht begründet, aber beschleunigt. Digitale Lehrformate haben in den letzten Jahren insbesondere im Hinblick auf international einheitliche Standards zusätzlich an Bedeutung gewonnen, und eine Überlegenheit gegen-

Tab. 2 Deskriptive Statistik der Antworten der Studierenden vor Durchführung der elektronischen Lernkurse

Aussage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Studierende (n)	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
Minimum	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0
25%-Perzentile	1,0	1,0	2,0	1,0	3,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0
Median	2,0	2,0	3,0	2,0	3,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0	3,0	2,0	3,0
75%-Perzentile	3,0	3,0	4,0	3,0	4,0	2,0	3,0	2,0	3,0	1,0	4,0	3,0	4,0
Maximum	6,0	6,0	6,0	4,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	3,0	6,0	5,0	6,0
Spannweite	5,0	5,0	5,0	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	2,0	5,0	4,0	4,0
Mittelwert	2,1	2,3	3,2	2	3,3	2	2,5	1,6	1,9	1,2	2,6	2,5	3,3
SD	1,1	1,4	1,4	0,8	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	0,6	1,3	1,1	1,1

Tab. 3 Deskriptive Statistik der Antworten der Studierenden nach Durchführung der elektronischen Lernkurse

Aussage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Studierende (n)	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
Minimum	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25%-Perzentile	1,0	1,0	2,0	1,0	3,0	1,0	1,0	3,0	3,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0
Median	1,0	2,0	2,0	2,0	4,0	1,0	2,0	3,0	4,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	3,0
75%-Perzentile	2,0	3,0	3,0	2,0	5,0	2,0	3,0	4,0	5,0	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	4,0	2,0	2,0	4,0
Maximum	4,0	6,0	6,0	4,0	6,0	4,0	5,0	6,0	6,0	4,0	5,0	5,0	5,0	4,0	6,0	4,0	4,0	5,0
Spannweite	3,0	5,0	5,0	3,0	5,0	3,0	4,0	5,0	5,0	3,0	4,0	4,0	4,0	3,0	5,0	3,0	3,0	4,0
Mittelwert	1,6	2,2	2,5	1,8	3,6	1,6	2,1	3,3	4,0	1,5	2,5	2,0	2,2	1,8	2,4	1,3	1,5	2,9
SD	0,8	1,3	1,0	0,8	1,2	0,8	0,9	1,2	1,0	0,6	0,9	1,0	1,0	0,8	2,1	0,6	0,7	0,8

über traditioneller Lehrmethoden wird diskutiert [15, 16]. Moderne Konzepte, die die Digitalisierung in Ausbildung von Studierenden in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde implementieren, zeigen insgesamt ein hohes Interesse und eine positive Akzeptanz des Themas [17]. Dennoch erfordert das Format des elektronischen Lernens eine gute Konzeptualisierung, um einen kritischen Informationsgehalt nicht zu überschreiten [23]. In der Literatur wird eine Gleichwertigkeit bezüglich der Effektivität von traditionellem Präsenzunterricht und modernen digitalen Formaten beschrieben [17–19].

Die Wissensinhalte für das Fachgebiet der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde sind aufgrund der exzellenten Visualisierungsmöglichkeiten besonders geeignet. Web-Content-Management-Systeme (elektronische Inhaltsverwaltungssysteme) stellen besonders für diese Inhalte sehr gut geeignete Lernplattformen dar. ILIAS, als kostenloses, von vielen Hochschulen eingesetztes System, bietet die Möglichkeit, den Kursinhalt standardisiert und automatisiert den Studierenden zur Verfügung zu stellen und sorgt für die Vereinheitlichung und Sicherstellung der Lehrqualität bei ver-

schiedenen Dozenten und unterschiedlichem didaktischen Vorgehen. Dozenten können die Inhalte nicht nur einfach und schnell überarbeiten, sondern auch den zu vermittelnden Inhalt anpassen und ansprechend sowie hochwertig präsentieren [4]. Letzteres ist besonders für Fächer wie die Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, welche im Vergleich zu den großen klinischen Fächern im Vorlesungsplan geringer repräsentiert sind, wichtig [4, 20, 21].

Die Studierenden haben die Kontrolle über den Inhalt, die Lernsequenz, das Lerntempo und die Fraktionierung der Lerninhalte, wodurch sie ihre Erfahrungen so anpassen können, dass sie die persönlichen Lernziele erfüllen können. Das elektronische Lernen ist im Sinne der Effizienz als vorteilhaft einzustufen [4, 22]. Die automatisierte Verfolgung und Berichterstattung der Aktivitäten der Studierenden verringert den Verwaltungsaufwand der Fakultät. Darüber hinaus kann das elektronische Lernen so gestaltet werden, dass es eine Ergebnisbewertung umfasst, um festzustellen, ob ein Lernerfolg stattgefunden hat. Die Studierenden sehen und wünschen sich elektronische Lehre nicht als Ersatz für die

traditionelle Präsenzlehre, sondern insbesondere als Ergänzung dazu [4, 23]. Diese Kombination ist Teil einer „Blended-Learning-Strategie“ [22]. „Blended learning“ oder „integriertes Lernen“ bezeichnet eine Lernform, die eine didaktisch sinnvolle Verknüpfung von traditionellen Präsenzveranstaltungen und modernen Formen von elektronischem Lernen anstrebt. Das Konzept verbindet die Effektivität und Flexibilität von elektronischen Lernformen mit den sozialen Aspekten der „Face-to-Face-Kommunikation“ sowie dem praktischen Erlernen von Tätigkeiten. Innovationen bei Technologien für die elektronische Lehre deuten auf eine Revolution in der Bildung hin, die es ermöglicht, das Lernen zu individualisieren (adaptives Lernen), die Interaktion der Studierenden mit anderen zu verbessern (kollaboratives Lernen) und die Rolle des Dozenten zu verändern [22].

Konventionelle Wissensaneignung mit Lehrbuch und bibliothekarischem Lernen ist abhängig von der Selbstmotivation und der Fähigkeit zu lernen sowie finanziell herausfordernd. Obwohl das elektronische Lernen den Studierenden zeitliche und örtliche Ungeboundenheit

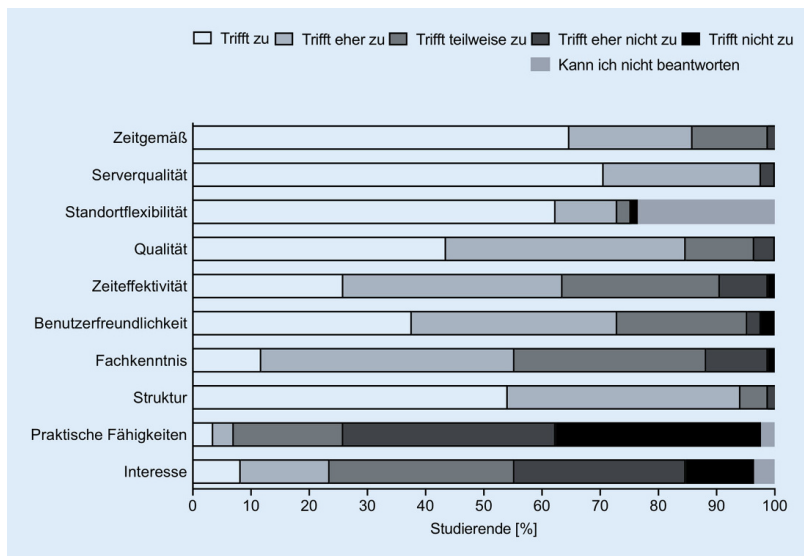


Abb. 3 ▶ Übersicht der Bewertung der Fragen 8 bis 17 nach Durchführung der elektronischen Lernkurse durch die Studierenden ($n = 85$). Die Balken zeigen die Verteilung der vollständigen Übereinstimmung (weißer Balken) bis zur Nichtübereinstimmung (schwarzer Balken) in Prozent an

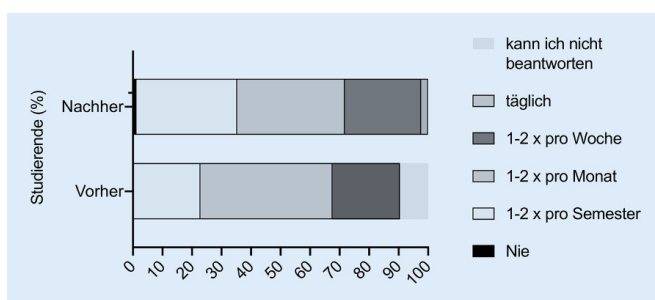


Abb. 4 ▶ Übersicht der Bewertung vor (Frage 13) und nach (Frage 18) Durchführung der elektronischen Lernkurse durch die Studierenden ($n = 85$) im Vergleich. Die Balken zeigen die Verteilung bezüglich einer täglichen Nutzung (hellgrauer Balken) und gar keiner Nutzung (schwarzer Balken)

bietet und wesentliche der o.g. Nachteile abmildert, fühlen sich die Studierenden häufig isoliert [4]. Besonders der persönliche Austausch, welcher insbesondere beim Lernen gegenseitige Diskussionen anzuregen vermag, fehlt.

Nur im Praktikum mit tatsächlicher Präsenz können Patientengespräche und Untersuchungen selbstständig durchgeführt werden. Elektronisches Lernen eignet sich nicht, um die kommunikative Kompetenz in der Arzt-Patienten-Beziehung, speziell aber auch zwischenmenschliche Fähigkeiten zu vermitteln bzw. diese zu verbessern [23]. Einblicke

in den echten Klinikalltag sind für die Entwicklung der Studierenden unerlässlich.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich vonseiten der Studierenden eine hohe Akzeptanz und Bereitschaft zur Teilnahme an Kursen und am elektronischen Lernen zeigt. Eine durchweg positive Beurteilung der Lerngeschwindigkeit und Fachkenntnis kann festgestellt werden.

In dieser Studie wurde ein Modell zur Konzeptualisierung durch die Erzeugung eines innovativen elektronischen Lernprogramms mit hochauflösendem

Videomaterial vorgestellt. Insgesamt wurde das Programm von den Studierenden positiv aufgefasst und regelmäßig genutzt. Die Evaluation lässt darauf schließen, dass durch die Nutzung von digitalen Ressourcen und neuen Medien eine moderne und innovative Methode zur Erweiterung der Lehre und Verfügbarkeit von Informationsvermittlung entsteht [18]. Entwicklungen im Bereich des elektronischen Lernens bilden zukünftig die Grundlage für eine Revolutionierung im Bildungssystem [22]. Elektronisches Lernen steht somit nicht in Konkurrenz zur Präsenzlehre in den Einrichtungen der Krankenversorgung, sondern ersetzt vielmehr konventionelle Lehrbücher und die Wissensvermittlung außerhalb der Universitätsklinik.

Limitationen

Diese Studie ist limitiert durch den fehlenden Vergleich zu einer Kontrollgruppe. In den vergangenen Semestern wurde keine Zwischenabfrage des erlernten Wissens vorgenommen, welche einen unmittelbaren Vergleich des im elektronischen Lernprogramm generierten Wissens zum bisherigen Anwesenheitspraktikum zulässt. Durch die

Einschränkungen der Präsenzlehre im Sommersemester 2020 konnte die Bewertung der elektronischen Lernmodule und Beantwortung der Multiple-Choice-Tests am Ende des Semesters lediglich an den Studierenden überprüft werden, welche ausschließlich das elektronische Lernprogramm absolvierten. Um die Effektivität des elektronischen Lernens gegenüber dem konventionellen Anwesenheitspraktikum zu untersuchen, ist eine weitere prospektive Evaluation, inklusive Vergleich zu den Studierenden, welche das konventionelle Praktikum mit und ohne elektronisches Lernprogramm absolvieren, vorgesehen. Außerdem erfolgte neben dem Ausbau des elektronischen Lernprogramms der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde auch in anderen Kliniken der Universitätsmedizin die Erweiterung von verschiedenen Lernprogrammen. Aus diesem Grund wurden einige Aussagen der Evaluationsbögen bewusst offen formuliert, um die allgemeine Kenntnis und bisherige Auseinandersetzung mit dem Thema abzufragen. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Antworten der Studierenden nicht allein auf das Angebot der Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde fokussiert waren, sondern auch durch das insgesamt gewachsene Angebot an digitalen Lehrmethoden mit beeinflusst wurden. Nichtsdestotrotz wurde neben der insgesamt positiven Beurteilung durch die fachspezifisch formulierten Multiple-Choice-Fragen auch der Inhalt der Kurse abgefragt und eine gute Fachkenntnis der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde festgestellt.

Fazit für die Praxis

- ILIAS bietet die Möglichkeit, Texte, Bilddateien und Videos dem Studierenden in einem definierten Lernkontext zur Verfügung zu stellen.
- Der Studierende kann das erworbene Wissen durch Multiple-Choice-Tests selbstständig überprüfen und bekommt direkt ein Feedback zur eigenen Leistung.
- Das elektronische Lernen kann das herkömmliche Blockpraktikum für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde nicht

vollständig ersetzen, bietet aber eine gute Alternative bei Ausgangsbeschränkungen im Rahmen von Erkrankungen oder Pandemien (COVID-19-Pandemie).

- Als zusätzliches Angebot zum Anwesenheitspraktikum wird elektronisches Lernen von den Studierenden stark geschätzt.
- Die Resultate lassen auf eine große Akzeptanz bei den Studierenden sowie auf eine standort- und zeitunabhängige Verwendung schließen.
- Elektronisches Lernen steht nicht in Konkurrenz, sondern ist komplementär zur Präsenzlehre in den Einrichtungen der Krankenversorgung.

Korrespondenzadresse

Nora M. Weiss

Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“, Universitätsmedizin Rostock
Doberaner Str. 137–139, 18057 Rostock, Deutschland
nora-magdalena.weiss@med.uni-rostock.de

Funding. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. R. Mlynski ist Mitglied des Clinical Advisory Boards bei Munich Medical Imaging, S.M. van Bonn, J.S. Grajek, W. Großmann, H.E. Bernd, S. Rettschlag und N.M. Weiss geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Ma-

terials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Clark RC, Mayer RE (2016) E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning. Wiley, Hoboken
- Sandars J, Lakhani M, Banks I (2016) E-learning for GP educators. CRC Press, Boca Raton
- Kaur M (2013) Blended learning—its challenges and future. *Procedia—social and behavioral Sciences* 93:612–617. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.09.248>
- Offergeld C, Neudert M, Emerich M, Schmidt T, Kuhn S, Giesler M (2020) Vermittlung digitaler Kompetenzen in der curricularen HNO-Lehre: abwartende Haltung oder vorausseilender Gehorsam? *HNO* 68:257–262. <https://doi.org/10.1007/s00106-019-00745-8>
- Gaupp R, Fabry G, Körner M (2018) Self-regulated learning and critical reflection in an e-learning on patient safety for third-year medical students. *Int J Med Educ* 9:189–194. <https://doi.org/10.5116/ijme.5b39.d5a8>
- Tarpada SP, Hsueh WD, Gibber MJ (2017) Resident and student education in otolaryngology: a 10-year update on e-learning. *Laryngoscope* 127:E219–E224. <https://doi.org/10.1002/lary.26320>
- Vaona A, Banzi R, Kwag KH, Rigon G, Cereda D, Pecoraro V et al (2018) E-learning for health professionals. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011736.pub2>
- Güzer B, Caner H (2014) The past, present and future of blended learning: an in depth analysis of literature. *Procedia Soc Behav Sci* 116:4596–4603. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.992>
- Cook DA, Levinson AJ, Garside S, Dupras DM, Erwin PJ, Montori VM (2008) Internet-based learning in the health professions: a meta-analysis. *JAMA* 300:1181–1196. <https://doi.org/10.1001/jama.300.10.1181>
- Weiss NM, Schneider A, Hempel JM, Uecker FC, van Bonn SM, Schraven SP et al (2020) Evaluating the didactic value of 3D visualization in otosurgery. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06171-9>
- Funke K, Bonrath E, Mardin A, Becker C, Haier J, Senninger N et al (2013) Blended learning in surgery using the Inmedea Simulator. *Langenbecks Arch Surg* 398:335–340. <https://doi.org/10.1007/s00423-012-0987-8>
- Stöver T, Dazert S, Hoffmann TK, Plontke SK, Zenk J (2020) Auswirkungen der SARS-CoV-2-Pandemie auf die universitäre Hals-Nasen-Ohrenheilkunde im Bereich der Krankenversorgung. *Laryngorhinootologie*. <https://doi.org/10.1055/a-1232-4911>
- BMBF <https://www.bmbf.de/de/digitalisierung-in-der-medizin-2897.html>. Zugriffen: 2. Dez. 2020
- von Sass PF, Scheckenbach K, Wagenmann M, Klenzner T, Schipper J, Chaker A (2015) Taking a fresh look at the skull base in otorhinolaryngology with web-based simulation: Student's Interactive .Skull-Base Trainer (SISTer). *JAMA Otolaryngol*

- Head Neck Surg 141:154–159. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2014.3041>
15. Lau F, Bates J (2004) A review of e-learning practices for undergraduate medical education. *J Med Syst* 28:71–87. <https://doi.org/10.1023/b:joms.0000021522.30587.ff>
16. Chumley-Jones HS, Dobbie A, Alford CL (2002) Web-based learning: sound educational method or hype? A review of the evaluation literature. *Acad Med* 77:S86–S93. <https://doi.org/10.1097/00001888-200210001-00028>
17. Wormald BW, Schoeman S, Somasunderam A, Penn M (2009) Assessment drives learning: an unavoidable truth? *Anat Sci Educ* 2:199–204. <https://doi.org/10.1002/ase.102>
18. Daubenfeld T, Kromeier J, Heermann S et al (2020) Tradition vs. Moderne: Möglichkeiten und Limitationen eines neuen Vorlesungskonzepts in der curricularen HNO-Lehre. *HNO* 68:263–271. <https://doi.org/10.1007/s00106-020-00834-z>
19. Ikonne U, Campbell AM, Whelihan KE, Bay RC, Lewis JH (2018) Exodus from the classroom: student perceptions, lecture capture technology, and the inception of on-demand preclinical medical education. *J Am Osteopath Assoc* 118:813–823. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2018.174>
20. Kottasz R (2005) Reasons for student non-attendance at lectures and tutorials: an analysis. *Investig Univ Teach Learn* 2:5–16
21. Desalegn AA, Berhan A, Berhan Y (2014) Absenteeism among medical and health science undergraduate students at Hawassa University, Ethiopia. *BMC Med Educ* 14:1–11. <https://doi.org/10.1186/1472-6920-14-81>
22. Ruiz JG, Mintzer MJ, Leipzig RM (2006) The impact of E-learning in medical education. *Acad Med* 81:207–212. <https://doi.org/10.1097/00001888-200603000-00002>
23. Petrarca CA, Warner J, Simpson A, Petrarca R, Douiri A, Byrne D, Jackson TL (2018) Evaluation of eLearning for the teaching of undergraduate ophthalmology at medical school: a randomised controlled crossover study. *Eye (Lond)* 32:1498–1503. <https://doi.org/10.1038/s41433-018-0096-1>

Hier steht eine Anzeige.





Interactive live-stream surgery contributes to surgical education in the context of contact restrictions

Sara M. van Bonn¹ · Jan S. Grajek¹ · Armin Schneider^{2,3} · Tobias Oberhoffner¹ · Robert Mlynski¹ · Nora M. Weiss¹

Received: 3 May 2021 / Accepted: 13 July 2021 / Published online: 23 August 2021
© The Author(s) 2021

Abstract

Background Attendance teaching is the predominant teaching method at universities but needs to be questioned in the context of digital transformation. This study establishes and evaluates a method to accomplish electronic learning to supplement traditional attendance courses.

Materials and methods Surgery was transmitted in real-time conditions via an online live stream from the surgical theater. Visualization was transferred from a fully digital surgical microscope, an endoscope or an environmental camera in high definition quality. Students were able to participate at home from their personal computer. After following the surgery, they participated in an online-evaluation.

Results A total of 65 students participated in the live stream. The majority of students (61.54%) indicated a significant subjective increase in knowledge after participation. The majority of students (53.85%) indicated that live surgeries should be offered as a permanent component in addition to classroom teaching. Likewise, a broader offer was desired by many students (63.08%).

Conclusions Live streaming of surgery is a promising approach as an alternative or supplement to traditional attendance teaching. An expansion of digital teaching can be explicitly supported on the basis of this study.

Keywords E-Learning · Medical education · Live surgery · Otorhinolaryngology · Communication · COVID-19

Introduction

Electronic learning (e-learning) is a comprehensive concept for self-determined and computer-supported teaching and learning processes [1]. Teaching materials that are available electronically have become increasingly important in recent years [2, 3]. E-learning offers the possibility to use different terms of visualization. Another advantage is that learning may be individualized to personal needs and learning

requirements and also offers a large flexibility since it is not locally bound [4, 5].

In the context of the current Covid-19 pandemic, e-learning has gained additional importance due to the limitations of attendance teaching. The evolution from analog to digital teaching has accelerated [6, 7]. Universities have been confronted with significant challenges to provide regular teaching online in a very short transition period. In the graduate medical education environment, this circumstance was further complicated by the requirement to provide practical and theoretical instructions at the patient's bedside [8]. When testing new innovative teaching materials and methods the evaluation of subjective benefits in addition to objective procedures, such as exams, is also important [9, 10].

In surgical subjects, anatomical knowledge and anatomical training is provided by lectures using various forms of presentation (e.g. videos, images) but still, attendance courses in the surgical theater with an interaction between students and surgeon play a major role. Consequently, these skills and methods are particularly neglected in distance learning.

✉ Nora M. Weiss
nora-magdalena.weiss@med.uni-rostock.de

¹ Department of Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery, Otto Körner", Rostock University Medical Center, Doberaner Strasse 137-139, D-18057 Rostock, Germany

² Munich Surgical Imaging GmbH, Türkenstraße 89, 80799 Munich, Germany

³ Research Group Minimally Invasive Interdisciplinary Therapeutic Intervention (MITI), Klinikum Rechts Der Isar", Technical University Munich (TUM), Munich, Germany

Recent reviews show that digital teaching formats have great potential for medical education and are not inferior to traditional lectures [9, 11]. Interactive computer-based methods combined with hands-on teaching have shown great potential in general anatomy education [7, 12]. Furthermore, it has been described that medical students using electronic learning programs are subjectively more satisfied with their learning experience than students using traditional learning methods [4, 13]. However, the advantages of attendance teaching may not be waived in medical education since they offer the opportunity to communicate on the current content of the lesson, e.g. the surgical steps and specialties. For this reason, transforming the advantage of practical surgical courses into a digital context is challenging but promising for future educational concepts.

For this reason, it was the aim of this study to establish and to evaluate interactive live surgery as a new method for anatomical and surgical teaching in the context of contact restrictions that may be included into e-learning programs.

Methods

Prior surgery, patients gave written informed consent for the anonymized transmission of surgical imaging for educational purposes.

A live stream in high definition (HD) quality from the surgical theater was offered to students from 7th and 8th year on several days by prior announcement. Within the surgical theater, surgery and surroundings were recorded by a fully digital surgical microscope (Arriscope Evo2 ENT, MSI, Munich, Germany), standard functional endoscopic sinus surgery endoscopes with HD camera (Aida, Storz, Tuttlingen, Germany), and an environmental camera (EVI-HD7V, Sony, Tokyo, Japan), respectively. The surgeon was equipped with a digital wireless bodypack sound

transmitter (Shure GLXD1, Niles, USA) that was connected to a rack mount receiver (Shure GLXD4R, Niles, USA). The microphone was sensitive enough to transmit the intraoperative discussions and decision making of the entire team to the students. Audio track from the rack mount receiver as well as the video track from the surgical microscope and the endoscope were connected with a broadcast switcher (ATEM Mini, Blackmagic Design Pty Ltd, Victoria, Australia) that was linked to a conferencing room system (Avaya Scopia XT7100, Avaya, Santa Clara, CA, USA). Audio track and video footage were transferred to a media service provider (Pripare, Munich, Germany) via Local area network (LAN) interface. The data was transformed by the service provider and then transferred online in 4 K-high-definition quality with a chat function via a dedicated channel on YouTube (Google LLC, Mountain View, USA) alternatively on Vimeo (Vimeo LLC, NY, USA). Figure 1 shows the transmission setup. Students were able to access the stream from any location in Germany as well as worldwide via common terminals after receiving an individual and daily changing password. The students were able to ask questions concerning the surgical procedures via a chat function. The questions were passed by one of the staff members to the surgeon and answers were given by the surgeon so that they could be heard and discussed by the complete audience. However, since the students were muted and questions were only asked via the chat function, a disruption of the surgeon and the surgical team was avoided and the discussion could be terminated to less critical parts of the surgery. In this pilot-study various ear, nose and throat (ENT) surgeries were transmitted to the students.

At the end of the live surgery, students were asked to complete an evaluation questionnaire provided on the online platform ILIAS (Table 1). The open-source product ILIAS is a free hypertext transfer protocol that is used by many universities (ILIAS open-source e-Learning e.V., Cologne,

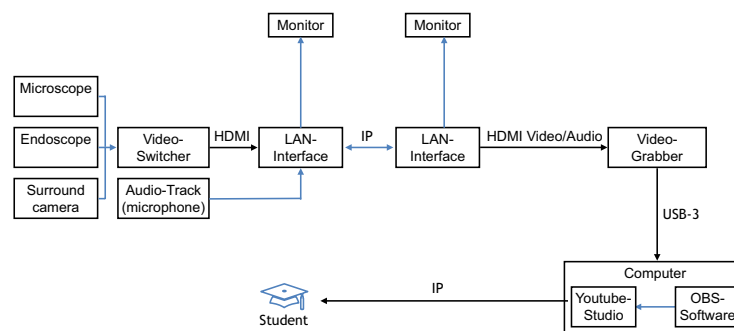


Fig. 1 Scheme of the transmission setup

Table 1 Evaluation questionnaire after participation in a live surgery

Evaluation questionnaire (Response options: “full agreement”, “agreement”, “indecisive”, “rather no agreement”, “no agreement” and the option “no response possible”)

- 1 The live streaming surgeries gave me a great increase in knowledge
- 2 Live surgeries should be an integral part of teaching
- 3 The live video format offers a good alternative to traditional surgical teaching
- 4 The offer of live surgeries at the University Medical Center Rostock should be increased
- 5 My hardware (tablet, PC, cell phone, etc.) was able to replay the live video without any problems
- 6 The live-chat module was a useful way to interact with the surgeon
- 7 The obligation to have a Google account to use the chat function was annoying
- 8 I would agree to pay money to follow the live surgeries

Rating scale (Response options “very good”, “good”, “satisfactory”, “sufficient”, “non-sufficient”, “deficient” and the option “no response possible”)

- 9 Video transmission quality
- 10 Audio transmission quality
- 11 Stability of the connection to the channel
- 12 Comprehensibility of intraoperative processes
- 13 Possibility of interaction with the surgeon

Open questions

- 14 I used the following hardware during the live stream (e.g. cell phone, Tablet, Computer, Laptop)
- 15 I used the following browser for streaming (e.g. Firefox, Opera, MS-Explorer, Safari, Google Chrome)

Germany) for the internet-based provision of teaching and learning materials. The first eight questions had to be answered on a 5-point Likert scale (full agreement = 1 points; agreement = 2 points; indecisive = 3 points; rather no agreement = 4 points; no agreement = 5 point, no response possible = 6 points), six statements had to be evaluated by a rating scale with gradings from very good to deficient and two questions were open-ended for response.

Statistical analyses were performed using Prism (version 8, GraphPad Software, La Jolla, CA, USA). If not otherwise specified, data are presented as median with 95% confidence interval (95%CI) or as absolute numbers with percentages

comprehensibility of the intraoperative processes as insufficient. Only 3% considered the interactivity inadequate. The answers from the students to the evaluation questions are shown in Fig. 2, 3. To participate in the live surgery, 46 students (71.88%) used a laptop, 9 students (14.06%) a tablet, 7 students (10.94%) a computer and 2 students (3.13%) a mobile phone. As internet browser, 24 students (37.5%) used Google Chrome, 23 students (35.94%) used Safari, 12 students (18.75%) used Firefox, 4 students (6.25%) used Microsoft Edge and one student (1.56%) used Ecosia.

Discussion

Digital transformation of teaching has gained importance within the last years. Digital learning formats have even been politically promoted by the Federal Ministry of Education and Research in Germany in recent years. An improved digital infrastructure enabling a better knowledge exchange is desirable [14]. However, according to an analysis conducted by Saß et al., in which 18 departments and 29 teaching staff members from German university hospitals were surveyed regarding the use of e-learning in the curriculum of otolaryngology, a low level of implementation was found regardless of the location [15].

To ensure student training even under contact restrictions due to the ongoing Covid-19 pandemic, a digital teaching offer had to be created within the last year [4, 16].

Results

65 students participated in the live surgeries and completed the evaluation. 64 students completed the rating scale. The evaluation questionnaires are shown in Table 1. The descriptive statistic responses to the questionnaires are shown in Table 2 and Table 3. A total of 61.5% of the students reported a subjective gain of knowledge after watching the live-stream (“totally applies”, “applies”), 83% stated, that live-surgery should be an integral part of teaching and 64.6% stated, that the live-stream offers an alternative to traditional teaching methods. Only 3% reported a rather insufficient quality and 89.2% asked for an increased offer of live-stream surgery. None of the students rated either the quality of audio, video, the stability of the connection or the

Table 2 Descriptive statistics of statement 1 to 8

Statement	1	2	3	4	5	6	7	8
Number of values	65	65	65	65	65	65	65	65
Minimum	1	1	1	1	1	1	1	1
25% percentile	2	1	1	1	1	1	2	4
Median	2	1	2	1	1	1	4	4
75% percentile	3	2	3	2	1.5	2	5	5
Maximum	6	6	6	6	6	6	6	6
Range	5	5	5	5	5	5	5	5

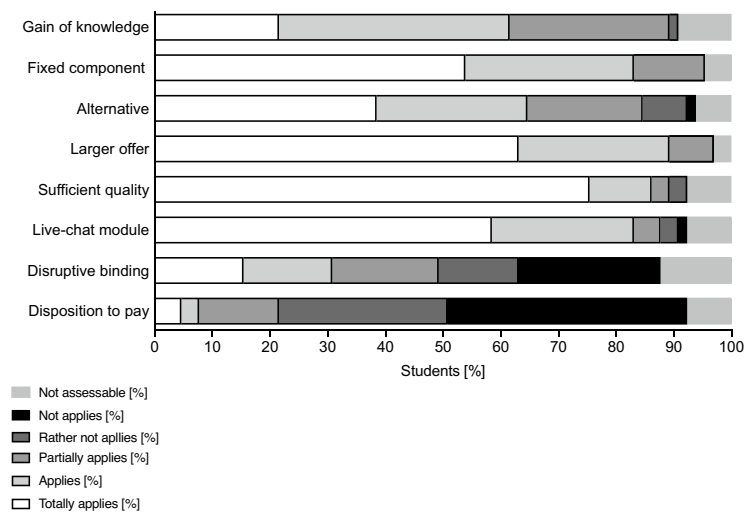
Table 3 Descriptive statistics of statement 9 to 13

Statement	9	10	11	12	13
Number of values	64	64	64	64	64
Minimum	1	1	1	1	1
25% percentile	1	1.25	2	2	1
Median	2	2	2	2	2
75% percentile	2	2	3	3	3
Maximum	4	4	4	4	5
Range	3	3	3	3	4

E-learning-based teaching approaches currently show a growing popularity and are increasingly focused in university medical education [15]. This study attempted to present a method of broad and comprehensive assessment of surgical contents by the creation and transmission of high-definition video material with the opportunity of interaction between students and surgeon.

In a recent study, a high demand for additional instruction and teaching content especially for audio-material and videos is reported [17]. With the opportunity to ask questions and receive immediate response, in this study, the participation was even more interactive compared to passive viewing of recorded videos only. Thus, the setup may improve surgical education and explanation of special procedures. Since the majority of participants reported an increase in knowledge, an integration of the presented method into digital learning may be recommended.

The use of digital elements in medical education not only supports traditional teaching, but also offers a variety of possibilities for medical didactics. Innovative teaching components such as live-surgery contribute to flexible and user-orientated learning strategies. The superiority of electronic learning programs over traditional teaching methods has been discussed, especially with regard to internationally uniform standards [18]. An equivalent effectiveness and

**Fig. 2** Answers to the evaluation questions of statement 1 to 8

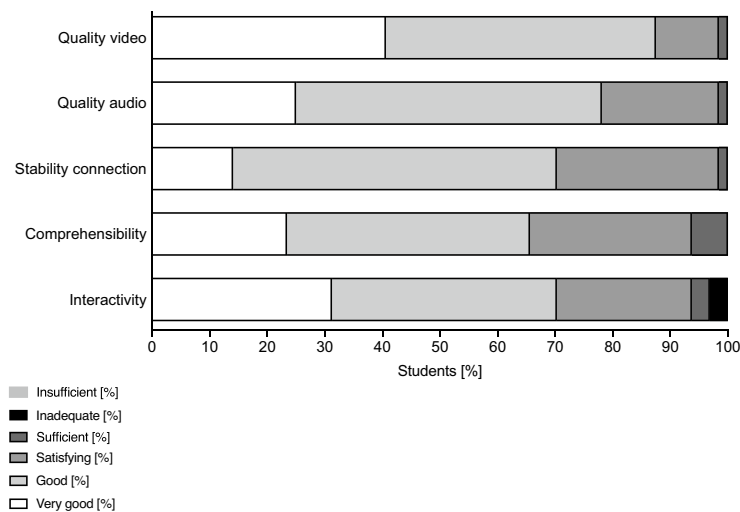


Fig. 3 Answers to the evaluation questions of statement 9 to 13

efficiency of traditional teaching and modern digital formats is assumed [19–21].

The visualization and transmission of surgical content may also be applied in other surgical specialties and is an interesting supplement for surgical education that even enables a temporary substitution of presence. The opportunity to reach many students without disruptions in the surgical theatre is considered an advantageous innovation in the education of medical students. The established setup may also be applied to demonstrate preparation procedures from anatomical courses, the demonstration of radiologic imaging and may provide additional explanation from nursing or physiotherapy. Furthermore, a larger number of students can be reached compared to clinical courses with presence in clinics, surgical theaters or classrooms. The students show a high level of interest in modern concepts for the implementation and further development of digitalization in teaching and positive acceptance of the topic [19]. Consequently, a good motivation with regular use of the format may be expected.

Future learning concepts should be able to offer the opportunity to be used digital, mobile and accessible at any time. Although classic learning methods such as lectures and practical courses cannot entirely be replaced by electronic media, they are increasingly used in combination with each other [17, 22]. The presented setup has great potential, for

future application even after the Covid-19 pandemic. Direct feedback and mentoring are possible despite contact restrictions. These innovations may also be used to expand interdisciplinary or international co-education and collaboration, especially in terms of sustainability, resource conservation or even development aid. The international exchange of expertise, especially in remote areas with limited resources is an important basis for scientific collaborations and the transfer of knowledge. In this case, live streaming of surgeries is considered as a complementary teaching tool. Especially the combined use of surgical microscopes, endoscopes, as well as surrounding cameras provide promising opportunities to enrich surgical training. Developments in the field of electronic learning may contribute to a revolution in the education system in the future [11, 15, 23].

The method is limited by the requirement of stable internet connection. However, the quality of the video and audio transmission as well as the stability of the connection was consistently rated as good by the students. Furthermore, the study is limited by the fact that it is not possible to draw conclusions about the additional learning success by the use of live-stream surgery. Recording learning success depends, among other things, on the individual knowledge of the respective students. However, the presented study was rather designed in the sense of a methodological approach. Future studies should be dedicated to the individual gain of knowledge using digital teaching methods and live surgery.

Conclusions

The results of this study show that live streaming of surgical procedures is a promising approach as supplement to traditional learning. It is a valuable alternative approach for surgical education, especially for the application of already acquired anatomical knowledge. It enables an approximation to attendance courses despite contact restrictions. An implementation of this method into digital teaching is recommended.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL. The author(s) received financial support for the research from the German “Stifterverband”.

Declarations

Conflict of interest The authors declare no conflict of interest.

Consent to participate Written informed consent was obtained.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

References

- Clark RC, Mayer RE (2016) E-learning and the science of instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning. Wiley, Hoboken
- Offergeld C, Neudert M, Emerich M, Schmidt T, Kuhn S, Giesler M (2020) Mediation of data literacy in curricular education in otorhinolaryngology: watch and wait or anticipatory obedience? HNO 68:257–262. <https://doi.org/10.1007/s00106-019-00745-8>
- Gaupp R, Fabry G, Körner M (2018) Self-regulated learning and critical reflection in an e-learning on patient safety for third-year medical students. Int J Med Educ 9:189–194. <https://doi.org/10.5116/ijme.5b39.d5a8>
- Tarpada SP, Hsueh WD, Gibber MJ (2017) Resident and student education in otolaryngology: a 10-year update on e-learning. Laryngoscope 127:E219–E224. <https://doi.org/10.1002/lary.26320>
- Vaona A, Banzi R, Kwag KH, Rigon G, Cereda D, Pecoraro V et al (2018) E-learning for health professionals. Cochrane Database Syst Rev 1:CD011736. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011736.pub2>
- Stöver T, Dazert S, Hoffmann TK, Plontke SK, Zenk J (2020) Effects of the SARS-CoV-2 pandemic on the otorhinolaryngology university hospitals in the field of medical care. Laryngorhinootologie. <https://doi.org/10.1055/a-1232-4911>
- Weiss NM, Schneider A, Hempel JM, Uecker FC, van Bonn SM, Schraven SP et al (2020) Evaluating the didactic value of 3D visualization in otosurgery. Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06171-9>
- Offergeld C, Ketterer M, Neudert M, Hassepaß F, Weerda N, Richter B et al (2020) “Online from tomorrow on please”: comparison of digital framework conditions of curricular teaching at national university ENT clinics in times of COVID-19: digital teaching at national university ENT clinics. HNO. <https://doi.org/10.1007/s00106-020-00939-5>
- Faiz T, Marar O, Kamel MK, Vance S (2020) Teaching operative surgery to medical students using live streaming during COVID-19 pandemic. Surg Innov. <https://doi.org/10.1177/1553350620967242>
- Bechstein M, Elsheikh S, Wodarg F, Taschner CA, Hanning U, Buhk J-H et al (2020) Interhospital teleproctoring of endovascular intracranial aneurysm treatment using a dedicated live-streaming technology: first experiences during the COVID-19 pandemic. BMJ Case Rep. <https://doi.org/10.1136/bcr-2020-016722>
- Jack MM, Gattozzi DA, Camarata PJ, Shah KJ (2021) Live-streaming surgery for medical student education—educational solutions in neurosurgery during the COVID-19 pandemic. J Surg Educ 78:99–103. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2020.07.005>
- Stanford W, Erkonen WE, Cassell MD, Moran BD, Easley G, Carris RL, Albanese MA (1994) Evaluation of a computer-based program for teaching cardiac anatomy. Invest Radiol 29:248–252. <https://doi.org/10.1097/00004424-199402000-00022>
- Funke K, Bonrath E, Mardin A, Becker C, Haier J, Senninger N et al (2013) Blended learning in surgery using the inmedea simulator. Langenbeck Arch Surg 398:335–340. <https://doi.org/10.1007/s00423-012-0987-8>
- BMBF-Internetredaktion. Digital media in vocational training - BMBF. 2019. <https://www.bmbf.de/de/digitale-medien-in-der-bildung-1380.html>. Accessed 21 Mar 2021.697Z.
- von Saß PF, Klentzner T, Scheckenbach K, Chaker A (2017) E-learning in ENT: usage in university medical centers in Germany. Laryngorhinootologie 96:175–179. <https://doi.org/10.1055/s-0042-117640>
- Güzer B, Caner H (2014) The past, present and future of blended learning: an in depth analysis of literature. Procedia Soc Behav Sci 116:4596–4603. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.992>
- Shabli S, Heuermann K, Leffers D, Kriesche F, Abrams N, Yilmaz M et al (2019) Survey on the need for an e-learning-platform for ENT residents. Laryngorhinootologie 98:869–876. <https://doi.org/10.1055/a-1025-2024>
- Lau F, Bates J (2004) A review of e-learning practices for undergraduate medical education. J Med Syst 28:71–87. <https://doi.org/10.1023/b:joms.0000021522.30587.ff>
- Wormald BW, Schoeman S, Somasunderam A, Penn M (2009) Assessment drives learning: an unavoidable truth? Anat Sci Educ 2:199–204. <https://doi.org/10.1002/ase.102>
- Ikonen U, Campbell AM, Whelihan KE, Bay RC, Lewis JH (2018) Exodus from the classroom: student perceptions, lecture capture technology, and the inception of on-demand preclinical medical education. J Am Osteopath Assoc 118:813–823. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2018.174>
- Stanford W, Erkonen WE, Cassell MD, Moran BD, Easley G, Carris RL, Albanese MA (1994) Evaluation of a computer-based program for teaching cardiac anatomy. Invest Radiol. <https://doi.org/10.1097/00004424-199402000-00022>
- Koch GK, Sethi RKV, Kozin ED, Bergmark RW, Gray ST, Metson R (2017) Online teaching tool for sinus surgery: trends toward

- mobile and global education. *OTO Open*. <https://doi.org/10.1177/2473974X17729812>
23. von Sass PF, Scheckenbach K, Wagenmann M, Klenzner T, Schipper J, Chaker A (2015) Taking a fresh look at the skull base in otorhinolaryngology with web-based simulation: student's interactive skull-base trainer (SISTer). *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 141:154–159. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2014.3041>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

HNO
<https://doi.org/10.1007/s00106-024-01436-9>
 Angenommen: 22. Januar 2024

© The Author(s) 2024



Interaktive elektronische Visualisierungsformate in der studentischen Ausbildung

Sara M. van Bonn · Jan S. Grajek · Stefanie Rettschlag · Sebastian P. Schraven · Robert Mlynski

Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“, Universitätsmedizin Rostock, Rostock, Deutschland

Zusammenfassung

Hintergrund: Im Rahmen von Kontaktbeschränkungen wird die herkömmliche Lehre derzeit optimierungs- und ausbaufähig. Das Angebot an digitalen Lehrformaten in der studentischen Ausbildung ist sehr heterogen und die Effektivität ungewiss. Diese Studie zielt darauf ab zu untersuchen, inwieweit eine elektronische Visite als Alternative zum herkömmlichen HNO-Anwesenheitspraktikum genutzt werden kann und ob der Einsatz von elektronischen Lehrformaten einen Einfluss auf die Qualität der Lehre ausübt.

Material und Methoden: Anstelle regulärer Anwesenheitspraktika erfolgte einmal wöchentlich der Unterricht am Krankenbett in Echtzeit als Videostream via Tablet. In die prospektive Studie wurden 43 Studierende des 7. Semesters (WS 2020/2021) einbezogen. Mithilfe von Evaluationsbögen wurde der subjektive didaktische Wert verschiedener Visualisierungsformate für die Studierenden untersucht. Vergleichend hinzugezogen wurden die Klausurergebnisse der Vorjahre.

Ergebnisse: Die Mehrheit der Studierenden gaben an, einen Wissenszugewinn durch die elektronische Visite zu haben (93,02 %) und dass diese eine gute Alternative zum herkömmlichen Anwesenheitspraktikum darstellte (69,77 %). Die Qualität der Video- und Audioübertragung sowie Verständlichkeit der gezeigten Fallbeispiele wurde durchgehend als gut bis sehr gut bewertet. Die Klausurergebnisse der Studierenden waren im Testsemester tendenziell leicht schlechter als in den Kontrollsemestern.

Schlussfolgerungen: Die Integration innovativer interaktiver Visualisierungsmöglichkeiten in die Lehre zeigt vielversprechende Perspektiven als Ergänzung zum herkömmlichen Präsenzunterricht. Die Ergebnisse dieser Studie können dazu beitragen, die digitale Lehre weiter auszubauen. Eine Skalierung dieses Modells könnte insbesondere in Ländern mit begrenzter Verfügbarkeit von Präsenzlehrplätzen in Betracht gezogen werden.

Schlüsselwörter

Simulationstraining · Medizinstudierende · Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde · Digitale Technologie · Lehre

Digitale Technologien und Lehrmethoden

Die Vermittlung von Kompetenzen und Wissen hat sich in den letzten Jahren aufgrund der COVID-19-Pandemie drastisch verändert. Die elektronische Umsetzung und erfolgreiche Implementierung erfolgten auf verschiedenen didaktischen Wegen. Aufgrund der Beschränkungen von Präsenzveranstaltungen gewannen

computergestützte digitale Formate an Bedeutung und eröffneten zahlreiche neue Möglichkeiten [1–3]. Allerdings stellte die COVID-19-Pandemie die universitären Einrichtungen vor große Herausforderungen. Eine schnelle Umstellung der analogen zur digitalen Lehre war erforderlich. Dies war im medizinischen Alltag, gerade bei den Anwesenheitspraktika, zusätzlich erschwert, da häufig direkte praktische und theoretische Vor-Ort-Un-



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Published online: 23 February 2024

HNO 1

terweisungen durchgeführt wurden [4]. Trotz dieser Herausforderungen konnten innovative Lösungen zur Aufrechterhaltung und Sicherung der studentischen Ausbildung entwickelt werden, wie beispielsweise E-Learning und Live-Online-Streaming von Vorlesungen oder Operationen. Diese Maßnahmen zeigen nicht nur eine hohe Flexibilität, sondern auch ein beträchtliches innovatives Potenzial in der universitären HNO-Lehre in Deutschland [5–7]. Bei der Testung neuer digitaler Technologien und Lehrmethoden ist es von entscheidender Bedeutung, neben objektiven Verfahren auch den subjektiven Erfolg durch Evaluierungen zu bewerten. Letztere haben vorrangig das Ziel, die Qualität auf Grundlage des erhaltenen Feedbacks zu verbessern, insbesondere im Kontext von Praktika [8–13].

Die Digitalisierung der Lehre hat sich bereits jetzt als ein nützliches Instrument in der medizinischen Ausbildung herausgestellt, da sie v. a. herkömmlichen Lehrmitteln (wie z. B. traditionellen Vorlesungen) nicht unterlegen ist, individualisiert angeboten werden kann und große Flexibilität für die Lernenden ermöglicht [14, 15]. Vorherige Studien haben gezeigt, dass elektronische Lernprogramme und der Einsatz neuartiger Technologien und Visualisierungsformate dazu geführt haben, dass die Studierenden subjektiv zufriedener mit ihren Lernerfahrungen sind. Digitale Tools können vielseitig eingesetzt werden und auch komplexe Lerninhalte vermitteln [1–3, 16]. Zudem zeigten Untersuchungen, dass Studierende in der HNO-Heilkunde auf von Dozenten ausgegebene Materialien als einzige Lernquelle zurückgreifen. Die Bereitstellung digitaler Lehrmethoden und die Anwendung durchdachter digitaler Lehrstrategien bieten die Chance, dem Überfluss an Informationen aus teilweise unklaren Quellen im Internet entgegenzuwirken [17].

Auch die Lehrenden haben durch den Einsatz digitaler Formate die Möglichkeit, bestehende Lehr- und Lernstrukturen neu zu gestalten. Allerdings existieren nur wenige große Studien über die Anwendbarkeit der digitalen Lehre im klinischen studentischen Alltag. Digitale Medien sind weiterhin noch kein flächendeckender Bestandteil der medizinischen Lehre [18, 19].

Ziel dieser Studie war die Evaluation, inwiefern die digitale Transformation der Lehre die Qualität der Lehre beeinflusst. Hierfür wurde den Studierenden anstelle von Präsenzunterricht am Krankenbett, welcher zu diesem Zeitpunkt nicht möglich war, neben den regulären wöchentlichen Online-Vorlesungen, Live-Videostreaming verschiedener Operationen und Online-Lernkursen die Teilnahme an einer elektronischen Visite ermöglicht. Anschließend wurde die elektronische Visite evaluiert und die Klausurergebnisse der Vorjahre miteinander verglichen.

Methodik

Während des Wintersemesters 2020/2021 wurde das digitale Lehr- und Lernprogramm der medizinischen Fakultät eines universitären Maximalversorgers ausgeweitet. Die Studie wurde in einem prospektiven Design als Single-Center-Studie durchgeführt. Aufgrund der gemäß Coronaschutzverordnungen der Landesregierung und Weisungen des Rektors der Universität geltenden Einschränkungen für den Präsenzunterricht war das reguläre Anwesenheitspraktikum ausgesetzt. Anstatt dessen wurde den Studierenden, neben regulären wöchentlichen Online-Vorlesungen, Live-Videostreaming von verschiedenen Operationen und Online-Lernkursen, die Teilhabe an einer elektronischen Visite ermöglicht.

Studierende des 7. Semesters, welche für das Blockpraktikum im Wintersemester 2020/2021 eingeteilt waren, wurden über das Projekt informiert und über die Teilnahme an der anschließenden freiwilligen Evaluation aufgeklärt. Die Studierenden konnten nach Erhalt eines individuellen und wöchentlich wechselnden Passworts von jedem Ort in Deutschland sowie weltweit über Zoom (Fa. Zoom Video Communications Inc., San Jose, CA, USA) auf den Stream zugreifen und an der elektronischen Visite teilhaben. Pro Gruppe nahmen 7–10 Studierende an der elektronischen Visite teil. Der digitale Unterricht am Krankenbett erfolgte einmal wöchentlich für jeweils eine Gruppe zu einem vorher festgelegten Termin. Die Gruppen wechselten wöchentlich. Der Mentor/die Mentorin hat die Zoom-App auf einem iPad der 9. Generation (Fa. Apple Inc., Cupertino, CA, USA)

genutzt und mit diesem gefilmt. Der Inhalt der etwa 60 min langen elektronischen Visite richtete sich nach den unterschiedlichen Krankheitsbildern der Patienten, welche zu diesem Zeitpunkt stationär waren. Je nach Krankheitsbild der Patienten erfolgte die Patientenvorstellung durch den jeweiligen Arzt/die jeweilige Ärztin bzw. wurde auch selber von den Studierenden in direkter Interaktion mit den Patienten erhoben. Die klinische Untersuchung bzw. der Verbandswechsel erfolgte durch den Arzt/die Ärztin. Klinisch interessante Befunde wurde mit einer Kamera am Ohrmikroskop bzw. an den Endoskopen aufgenommen und den Studierenden auf einem Bildschirm gezeigt. Vor der elektronischen Visite gaben die Patienten ihr schriftliches Einverständnis für die anonymisierte Übertragung von Anamnese sowie Krankheitsbildern zu Ausbildungszwecken. Die Studierenden konnten zwischendurch zu jeder Zeit Fragen stellen oder die Chatfunktion nutzen, sodass sie vom gesamten Publikum diskutiert werden konnten. Die elektronische Visite erfolgte datenschutzkonform.

Nach Ende der elektronischen Visite wurden die Studierenden per E-Mail informiert und gebeten, einen Bewertungsfragebogen auszufüllen, der auf der Online-Plattform ILIAS (ILIAS open-source e-Learning e. V., Köln, Deutschland) bereitgestellt wurde (Tab. 1). Das Open-Source-Produkt ILIAS ist ein freies Hypertext-Transfer-Protokoll, das für die internetbasierte Bereitstellung von Lehr- und Lernmaterialien genutzt wird. Die ersten 12 Fragen waren auf einer 5-stufigen Likert-Skala zu beantworten (trifft zu = 6 Punkte; trifft eher zu = 5 Punkte; trifft teilweise = 4 Punkte; trifft eher nicht zu = 3 Punkte; trifft nicht zu = 2 Punkte, kann ich nicht beantworten = 1 Punkt), 5 Aussagen waren anhand einer Ratingskala mit Abstufungen von sehr gut (1) bis ungenügend (6) zu bewerten und 2 Fragen waren offen zu beantworten. Eine Evaluation der die durchführenden Ärzte/Ärztinnen erfolgte nicht.

Wie in den Jahren zuvor wurde zum Abschluss des Semesters eine Verbundklausur geschrieben. Die Ergebnisse des Wintersemesters 2020/2021 wurden mit den Ergebnissen der Vorjahre, in welchen die Lehre ohne Kontaktbeschränkungen regulär vollzogen wurde, verglichen. Die

Tab. 1 Evaluationsbogen nach Teilnahme an der elektronischen Visite	
<i>Evaluationsbogen: Antwortmöglichkeiten: „trifft zu“, „trifft eher zu“, „trifft teilweise zu“, „trifft eher nicht zu“, „trifft nicht zu“ und die Option „kann ich nicht beantworten“</i>	
1.	Die E-Visite brachte mir einen großen subjektiven Wissenszugewinn.
2.	Die E-Visite bietet eine gute Alternative zum herkömmlichen Anwesenheitspraktikum.
3.	Die Möglichkeit zur E-Visite sollte vermehrt angeboten werden.
4.	Meine zur Verfügung stehende Hardware (Tablet, PC, Handy etc.) konnte die E-Visite problemlos abspielen.
5.	Das Live-Chat-Modul empfinde ich als eine sinnvolle Möglichkeit zur Interaktion mit dem Arzt.
6.	Eine direkte Interaktion ist während der E-Visite möglich.
7.	Ich wäre bereit, für die dauerhafte mögliche Teilnahme an der E-Visite Geld zu zahlen.
8.	Die Teilnahme an der E-Visite von zu Hause aus ermöglicht mir, meinen Studienplan flexibler zu gestalten.
9.	Das Fach HNO-Heilkunde eignet sich gut für den Einsatz einer E-Visite.
10.	Die studentische Ausbildung in der HNO-Heilkunde setzt einen direkten (vor Ort) Arzt-Studierenden-Kontakt voraus.
11.	Ich wünsche mir im Allgemeinen ein größeres Angebot für elektronische Lernformate.
12.	Ich würde gerne, auch zu einem späteren Zeitpunkt, erneut auf die Daten der E-Visite zurückgreifen.
<i>Bewertungsskala: Antwortmöglichkeiten „sehr gut“ (1), „gut“ (2), „befriedigend“ (3), „ausreichend“ (4), „nicht ausreichend“ (5), „mangelhaft“ (6)</i>	
13.	Qualität der Videoübertragung
14.	Qualität der Audioübertragung
15.	Stabilität der Verbindung zum Channel
16.	Verständlichkeit der gezeigten Fallbeispiele
17.	Interaktionsmöglichkeit mit dem Arzt
<i>Offene Fragen</i>	
18.	Ich habe für die E-Visite folgende Hardware genutzt: bspw. Mobiltelefon, Tablet, PC, Laptop
19.	Zum Streamen habe ich folgenden Browser genutzt: bspw. Firefox, Opera, MS-Explorer, Safari, Google Chrome

Bewertung der Klausuren ist anhand von Schulnoten erfolgt (sehr gut – 1, gut – 2, befriedigend – 3, ausreichend – 4, mangelhaft – 5, ungenügend – 6).

Die statistischen Analysen wurden mit Prism (Version 8, GraphPad Software, La Jolla, CA, USA) durchgeführt. Es wurde der Mann Whitney-Test durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgesetzt. Wenn nicht anders angegeben, werden die Daten als Mittelwerte mit Standardabweichung (SD) oder als absolute Werte mit Prozenten angegeben.

Ergebnisse

Von im Wintersemester 2020/2021 242 eingeschriebenen Studierenden waren 102 zur Teilnahme am Praktikum in der HNO verpflichtet. Von den 102 Studierenden, welche an der elektronischen Visite teilnahmen, füllten nur 43 Studierende den Evaluationsbogen (■ Tab. 1) vollständig aus. Somit lag die Rücklaufquote nur bei 42,16 %. Die Antworten der Studierenden auf den Evaluationsbogen sind in ■ Abb. 1 und 2 dargestellt.

Wissenszugewinn

Der Aussage, dass die E-Visite einen großen subjektiven Wissenszugewinn brachte, stimmten 6 Teilnehmer (13,95 %) voll und ganz zu (6 Punkte). Dieser Aussage stimmten 21 Teilnehmer (48,84 %) zu (5 Punkte), und 13 Teilnehmer (30,23 %) waren unentschlossen (4 Punkte).

Alternative zum herkömmlichen Anwesenheitspraktikum

Der Aussage, dass die E-Visite eine gute Alternative zum herkömmlichen Anwesenheitspraktikum ist, stimmten 5 Teilnehmer (11,63 %) voll und ganz zu (6 Punkte). Dieser Aussage stimmten 13 Teilnehmer (30,23 %) zu (5 Punkte), 12 Teilnehmer (27,91 %) waren unentschlossen (4 Punkte), 11 Teilnehmer (25,58 %) stimmten dieser Aussage eher nicht zu (3 Punkte), und 2 Teilnehmer (4,65 %) stimmten dieser Aussage nicht zu (2 Punkte).

Mehrangebot der elektronischen Visite

Der Aussage, dass die Möglichkeit zur E-Visite vermehrt angeboten werden sollte, stimmten 18 Teilnehmer (41,86 %) voll und ganz zu (6 Punkte). Dieser Aussage stimmten 14 Teilnehmer (32,56 %) zu (5 Punkte), und 11 Teilnehmer (25,58 %) waren unentschlossen (4 Punkte).

Technisches Handling

Der Aussage, dass die ihnen zur Verfügung stehende Hardware die E-Visite problemlos abspielen konnte, stimmten 37 Teilnehmer (86,05 %) voll und ganz zu (6 Punkte). Dieser Aussage stimmten 4 Teilnehmer (9,30 %) zu (5 Punkte), und 2 Teilnehmer (4,65 %) stimmten dieser Aussage eher nicht zu (3 Punkte).

Live-Chat-Modul

Der Aussage, dass das Live-Chat Modul als eine sinnvolle Möglichkeit zur Interaktion mit dem Arzt empfunden wurde, stimmten 24 Teilnehmer (55,81 %) voll und ganz zu (6 Punkte). Dieser Aussage stimmten 12 Teilnehmer (27,91 %) zu (5 Punkte), 3 Teilnehmer (6,98 %) waren unentschlossen (4 Punkte), und 4 Teilnehmer (9,30 %) stimmten dieser Aussage eher nicht zu (3 Punkte).

Interaktionsmöglichkeit

Der Aussage, dass eine direkte Interaktion während der E-Visite möglich ist, stimmten 21 Teilnehmer (48,84 %) voll und ganz zu (6 Punkte). Dieser Aussage stimmten 11 Teilnehmer (25,58 %) zu (5 Punkte), 8 Teilnehmer (18,60 %) waren unentschlossen (4 Punkte), 2 Teilnehmer (4,65 %) stimmten dieser Aussage eher nicht zu (3 Punkte), und ein Teilnehmer (2,33 %) stimmte der Aussage nicht zu (2 Punkte).

Zahlungsbereitschaft

Ein Teilnehmer (2,33 %) stimmten der Aussage voll und ganz zu (6 Punkte), dass die Bereitschaft, für eine dauerhafte Teilnahme an der E-Visite Geld zu zahlen, da ist, 4 Teilnehmer (9,30 %) waren unentschlossen (4 Punkte).

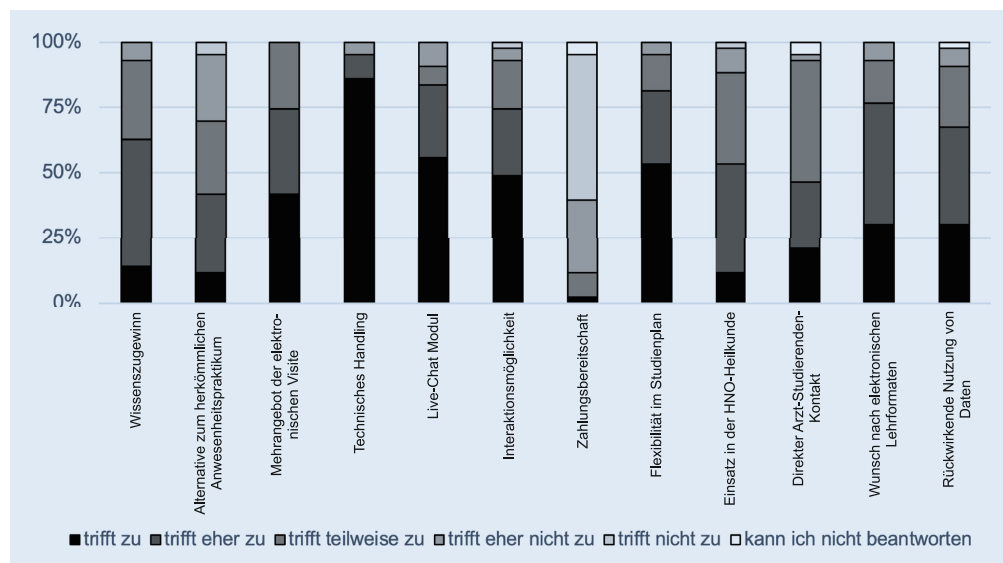


Abb. 1 ▲ Antworten des Evaluationsbogens (Aussage 1–12)

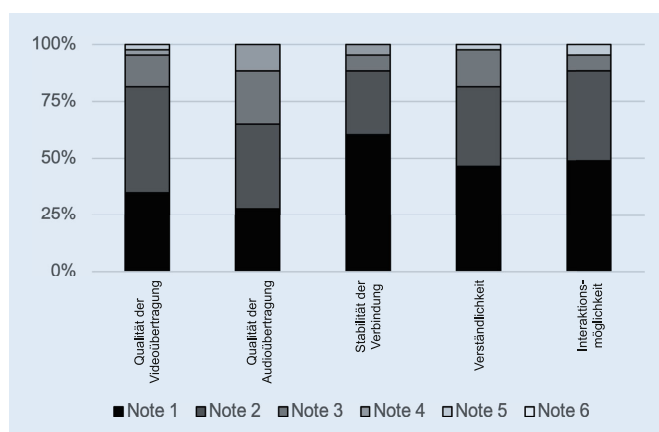


Abb. 2 ▲ Antworten des Evaluationsbogens (Aussage 13–17)

sen (4 Punkte), 12 Teilnehmer (17,91 %) stimmten dieser Aussage eher nicht zu (3 Punkte), 24 Teilnehmer (55,81 %) stimmten der Aussage nicht zu (2 Punkte), und 2 Teilnehmer (4,65 %) konnten keine Aussage treffen (1 Punkt).

Flexibilität im Studienplan

Der Aussage, dass die Teilnahme an der E-Visite von zu Hause aus es ermöglicht, den Studienplan flexibler zu gestalten, stimmten 23 Teilnehmer (53,49 %) voll und ganz zu (6 Punkte). Dieser Aussage stimmten 12 Teilnehmer (27,91 %) zu (5 Punkte), 6 Teilnehmer (13,95 %) waren unentschieden (4 Punkte), und 2 Teil-

nehmer (4,65 %) stimmten dieser Aussage eher nicht zu (3 Punkte).

Einsatz in der HNO-Heilkunde

Der Aussage, dass das Fach HNO-Heilkunde gut geeignet ist für den Einsatz einer E-Visite, stimmten 5 Teilnehmer (11,63 %) voll und ganz zu (6 Punkte). Dieser Aussage stimmten 18 Teilnehmer (41,86 %) zu (5 Punkte), 15 Teilnehmer (34,88 %) waren unentschieden (4 Punkte), 4 Teilnehmer (9,3 %) stimmten dieser Aussage eher nicht zu (3 Punkte), ein Teilnehmer (2,33 %) stimmte dieser Aussage nicht zu (2 Punkte).

Direkter Arzt-Studierenden-Kontakt

Der Aussage, dass die studentische Ausbildung in der HNO-Heilkunde einen direkten (vor Ort) Arzt-Studierenden-Kontakt voraussetzt, stimmten 9 Teilnehmer (20,93 %) voll und ganz zu (6 Punkte). Dieser Aussage stimmten 11 Teilnehmer (25,58 %) zu (5 Punkte), 20 Teilnehmer (45,51 %) waren unentschieden (4 Punkte), ein Teilnehmer (2,33 %) stimmten dieser Aussage eher nicht zu (3 Punkte), und 2 Teilneh-

Tab. 2 Deskriptive Statistik der Klausurergebnisse				
Aussagen	WS 2017/18	WS 2018/19	WS 2019/20	WS 2020/21
Studierende (n)	226	231	209	242
Minimum	1	1	1	1
25%-Perzentile	2	2	2	2
Median	2	2	2	3
75%-Perzentile	3	3	3	3
Maximum	5	5	5	5
Spannweite	4	4	4	4
Mittelwert	2,21	2,5	2,172	2,82
Standardabweichung	0,82	0,75	0,85	0,99

mer (4,65 %) konnten keine Aussage treffen (1 Punkt).

Wunsch nach elektronischen Lernformaten

Der Aussage, dass ein größeres Angebot für elektronische Lernformate gewünscht ist, stimmten 13 Teilnehmer (30,23 %) voll und ganz zu (6 Punkte). Dieser Aussage zu (5 Punkte) stimmten 20 Teilnehmer (45,51 %), 7 Teilnehmer (16,28 %) waren unentschieden (4 Punkte), und 3 Teilnehmer (6,98 %) stimmten dieser Aussage eher nicht zu (3 Punkte).

Rückwirkende Nutzung von Daten

Der Aussage, dass das Zurückgreifen auf die Daten der E-Visite zu einem späteren Zeitpunkt gewünscht ist, stimmten 13 Teilnehmer (30,23 %) voll und ganz zu (6 Punkte). Dieser Aussage stimmten 16 Teilnehmer (37,21 %) zu (5 Punkte), 10 Teilnehmer (23,26 %) waren unentschieden (4 Punkte), 3 Teilnehmer (6,98 %) stimmten dieser Aussage eher nicht zu (3 Punkte), und ein Teilnehmer (2,33 %) konnte keine Aussage treffen (1 Punkt).

Qualitätskriterien

Die Qualität der Videoübertragung bewerteten 35 Teilnehmer (81,39 %) mit gut bis sehr gut. Die Qualität der Audioübertragung bewerteten 28 Teilnehmer (65,12 %) mit gut bis sehr gut. Die Stabilität der Verbindung zum Channel bewerteten 38 Teilnehmer (88,38 %) mit gut bis sehr gut. Die Verständlichkeit der gezeigten Fallbeispiele bewerteten 35 Teilnehmer (81,39 %) mit gut bis sehr gut. Die Interaktionsmöglich-

keit mit dem Arzt bewerteten 38 Teilnehmer (88,37 %) mit gut bis sehr gut.

Hardware

Zur Teilnahme an der Live-Operation nutzten 34 Studierende (79,07 %) einen Laptop, ein Studierender (2,33 %) ein Tablet, 6 Studierende (13,95 %) einen Desktop Computer und 2 Studierende (4,65 %) ein Mobiltelefon. Als Internetbrowser verwendeten 16 Studierende (37,21 %) Google Chrome, 11 Studierende (25,58 %) Safari, 13 Studierende (30,23 %) Firefox, 2 Studierende (4,65 %) Microsoft Edge und ein Studierender (2,33 %) Opera.

Klausurergebnisse

Es zeigte sich im Wintersemester 2020/2021, dass 39,6 % der Studierenden die Note 1 und 2 erhalten haben. In den Jahren zuvor waren es 65,92 % (2017/2018), 52,81 % (2018/2019) und 68,89 % (2019/2020). Im Wintersemester 2017/2018 ($n = 226$) haben 42 Studierende die Note 1, 107 Studierende die Note 2, 65 Studierende die Note 3 und 11 Studierende die Note 4 erhalten. Im Wintersemester 2018/2019 ($n = 231$) haben 13 Studierende die Note 1, 109 Studierende die Note 2, 91 Studierende die Note 3 und 16 Studierende die Note 4 erhalten. Im Wintersemester 2019/2020 ($n = 209$) haben 44 Studierende die Note 1, 100 Studierende die Note 2, 51 Studierende die Note 3 und 13 Studierende die Note 4 erhalten. Im Wintersemester 2020/2021 ($n = 242$) haben 17 Studierende die Note 1, 79 Studierende die Note 2, 93 Studierende die Note 3 und 37 Studierende die Note 4 erhalten. Der Gesamtdurchschnitt der Klausurergebnisse lag 2017/2018 bei

2,21; 2018/2019 bei 2,5; 2019/2020 bei 2,17 und 2020/2021 bei 2,81. Insgesamt sind in den 4 Jahren 20 Studierende durchgefallen (16 Studierende davon im Wintersemester 2020/2021).

Die Klausurergebnisse des Wintersemesters 2020/2021 sind im Durchschnitt signifikant schlechter im Vergleich zu den Vorjahren mit Präsenzlehre (2019/2020: $p < 0,0001$; 2018/2019: $p = 0,0004$; 2017/2018: $p < 0,0001$). Zudem zeigte sich die Benotung im Wintersemester 2018/2019 im Durchschnitt signifikant schlechter im Vergleich zu 2019/2020 ($p < 0,0001$) und 2017/2018 ($p = 0,0001$). Die deskriptive Statistik ist in [Tab. 2](#) und die Auflistung der Klausurergebnisse ist [Abb. 3](#) zu entnehmen.

Diskussion

Durch den Einsatz neuer Bildungstrends im Rahmen eines raschen technologischen Wandels entwickelt sich die Gesundheitsversorgung, aber auch die medizinische Aus- und Weiterbildung stetig fort. Vorangetrieben u.a. durch die COVID-19-Pandemie wurde die Umstellung der analogen auf digitale Lehre und somit die Integration von Zukunftstrends in der medizinischen Ausbildung. Aufgrund von Einschränkungen des Präsenzunterrichts mussten zunächst aus der Not heraus zu Beginn der Pandemie schnell digitale Lehrangebote geschaffen werden [11, 19, 20]. Doch haben digitale Lehrangebote den gleichen pädagogischen Wert wie Präsenzformate?

Lernumfeld

Die Studierenden sind in einer Welt mit digitalem Einfluss aufgewachsen. Sie sind anders vernetzt als frühere Generationen und haben ein anderes Verständnis für die Integration von digitalen Medien im Sinne eines kontextbezogenen und angewandten Lernens [21, 22]. Außerdem hat sich auch das Lernumfeld gewandelt. Künftige Ärzte werden mit komplexeren Gesundheitsproblemen in der Gesellschaft und heterogeneren Patientengruppen konfrontiert sein [23, 24]. Viele erwerben ihre Erfahrungen im Bereich des passiven digitalen Lernens durch das wiederholte Absolvieren von Online-Prüfungen, wobei das Prinzip „assessment drives learning“ Anwendung findet

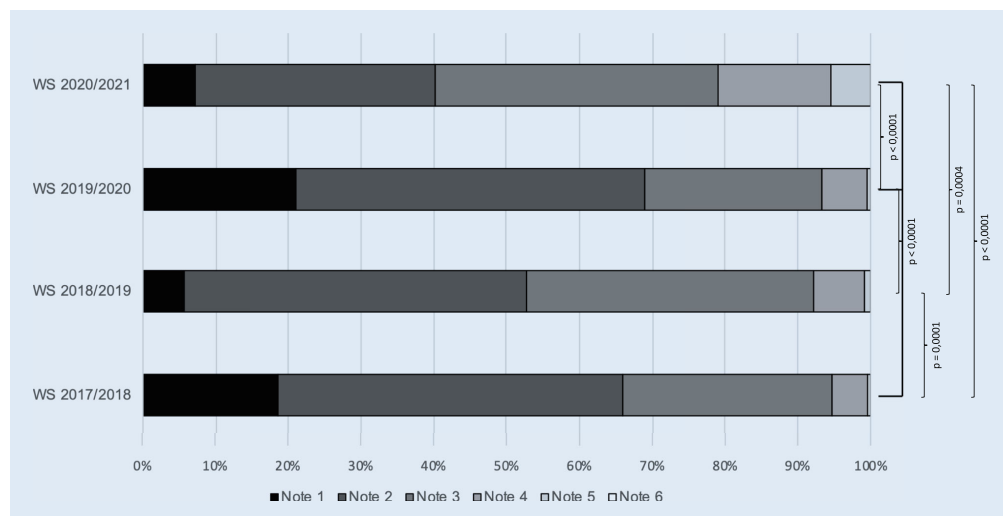


Abb. 3 ▲ Klausurergebnisse der Abschlussklausuren im Wintersemester 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 und 2020/2021. Statistisch signifikante Ergebnisse markiert

[25]. Die herkömmliche Art der Wissensaneignung durch Lehrbücher und bibliothekarisches Lernen ist veraltet und zudem stark von Selbstmotivation und Lernfähigkeit abhängig. Da die HNO-Heilkunde ein im Lehrplan eher unterrepräsentiertes Fach darstellt, soll durch den Einsatz neuer Visualisierungsmethoden ein Lernanreiz geschaffen und das Interesse gesteigert werden. Denn besonders aufgrund fortschrittlicher Visualisierungsmöglichkeiten ist das Fachgebiet der HNO eine ausgezeichnete Grundlage für die Entwicklung neuer Bildungsressourcen [5, 7].

Aktuelle verfügbare Angebote digitaler Lehr- und Lernformate sind sehr heterogen und kommen im Studienalltag bisher nur punktuell zum Einsatz. Häufig stehen den Studierenden klassische Formate, wie z. B. E-Learning-Tools zu Verfügung [25]. Weitere interaktive audio- und videobasierte Modelle mit unterschiedlichen Visualisierungsmöglichkeiten sind stark hinterfragt und würden bestehende Lehrmethoden unterstützen [7]. Nachweislich steigert die Anwendung digitaler Medien die Motivation und bietet somit die Möglichkeit, das Verständnis für die Patientenversorgung zu vertiefen [21, 22]. Die subjektive Wahrnehmung des Lernprozesses gilt als ent-

scheidender Indikator für den individuellen Lernerfolg [2, 26].

Wissensvermittlung

Die vorliegende Studie zeigt, dass ein Großteil der Studierenden (62,79 %) einen subjektiven Wissenszugewinn empfinden und sich einen vermehrten Einsatz digitaler Lehrmethoden wünschen (74,42 %). Die direkte Interaktion mit dem Arzt konnte während der elektronischen Visite problemlos erfolgen (83,72 %), und auch das technische Handling war für die Studierenden mehr als zufriedenstellend (95,35 %). Der Datenschutz darf allerdings nicht außer Acht gelassen werden, denn die Plattform für die virtuelle Visite muss eine sichere Verschlüsselungstechnologie verwendet werden, um die Vertraulichkeit von Patientendaten zu gewährleisten. Besonders die örtliche Ungebundenheit und Flexibilität im Stundenplan (81,4 %) empfanden die Studierenden als angenehm.

Neben regulären wöchentlichen Online-Vorlesungen, Live-Videostreaming verschiedener Operationen und Online-Lernkursen über die Lernplattform ILIAS nahmen die Studierenden an der elektronischen Visite teil [1]. Zur objektiven Beurteilung der Effektivität wurden die Klausurergebnisse der Vorjahre miteinander verglichen. Die gestellten Multiple-Choice-Fragen waren vom Anforderungsniveau in den 4 Jahren in etwa gleich. Zudem war der Ersteller der Klausuren in den Wintersemestern 2017/2018 bis 2020/2021 ein und dieselbe Person, sodass hierdurch auch von einer besseren Vergleichbarkeit auszugehen ist. Die Benotung im Wintersemester 2020/2021 ist statistisch signifikant schlechter ausgefallen als bei den Kontrollgruppen in den vorangegangenen Jahren mit Präsenzlehre. Allerdings ist auch das Wintersemester 2018/2019 statistisch im Vergleich zum Wintersemester 2017/2018 und 2019/2020 schlechter ausgefallen. Im Vergleich kann somit eventuell von einer normalen Fluktuation ausgegangen werden. Die Umstellung auf die digitale Lehre ist somit nicht die einzige veränderte Variable im Vergleich zu den Vorjahren gewesen. Die Umstände haben sich sowohl global als auch vor Ort massiv geändert und sind mit erheblichen Einschränkungen der privaten und studentischen Bereiche einhergegangen (wie bspw. das Schreiben der Klausur unter kontakt eingeschränkten Bedingungen). Die Ergebnisse lassen vermuten, dass die digitale Umsetzung der Lehre zwar die fehlende, v. a. praktische Aus-

bildung gut überbrücken kann und ein innovatives Lerninstrument darstellt, die herkömmliche Lehre, insbesondere Vor-Ort-Unterweisungen aber nicht ersetzt. Die Umstellung auf elektronische Lehrformate hatten keinen massiven negativen didaktischen Einfluss auf die Qualität der Lehre. Eine Fortführung der Studie wird zeigen, ob die Ergebnisse ein jahrgangsspezifisches Problem oder ein Problem des Lehrformats ist.

Grundsätzlich zielte die interaktive elektronische Visite als Ersatz für das herkömmliche Blockpraktikum darauf ab, die Anamneseführung, somit Grundlagen der Befunderhebung, und verschiedene Krankheitsbilder kennenzulernen. Ein praktisches Erlernen von Arztgesprächen, die direkte Wahrnehmung emotionaler Regungen des Patienten während der Interaktion und der Körperkontakt bei der klinischen Untersuchung von Patienten kann so nur bedingt trainiert werden. In der virtuellen Visite wurden den Studierenden Untersuchungstechniken erläutert und demonstriert, konnten jedoch nur auf theoretischer Ebene vermittelt werden. Ziel der elektronischen Visite war es somit nicht, praktische Fertigkeiten im Sinne von HNO-spezifischen Untersuchungstechniken zu üben und zu festigen. Die Handhabung und das Üben der Untersuchungstechniken erfolgte bereits einige Semester vorher im Untersuchungskurs. Die Durchführung von HNO-spezifischen Untersuchungstechniken erfordert ein gewisses Maß an praktischen Fertigkeiten, welches nur durch mehrfaches Wiederholen gegeben und sehr erfahrungsabhängig ist [27]. Trotz des fehlenden praktischen Anteils sahen 41,86 % der Studierenden die elektronische Visite als eine gute Alternative zum Anwesenheitspraktikum.

Vermittlung praktischer Fähigkeiten

Eine Überprüfung praktischer Fähigkeiten z. B. im Rahmen der mündlich-praktischen Abschlussprüfung OSCE (Objective Structured Clinical Examination) war nicht möglich, da diese aufgrund der bestehenden Kontakteinschränkungen nicht erfolgen durfte. Zudem fokussiert derzeit die OSCE inhaltlich auf die „großen“ Fachbereiche (Notfallmedizin, innere Medizin und Allgemeinchirurgie). Die HNO-

Heilkunde ist lediglich ein kleiner Teil und kann somit aufgrund der geringen Präsenz des Fachbereichs nur eingeschränkt zur Beurteilung klinisch praktischer Fähigkeiten herangezogen werden. Es existieren allerdings Untersuchungen, welche belegen, dass praktische Fähigkeiten, nach entsprechender sorgfältiger Planung und Strukturierung, auch im Rahmen von digitalen Lehrveranstaltungen effektiv vermittelt werden können [28]. Zweifel bleiben diesbezüglich hinsichtlich der Effektivität, da u. a. das klinische Setting fehlt und zumeist die passenden Untersuchungsmaterialien nicht vorhanden sind.

Ein bekanntes Hindernis für die Umsetzung digitaler Lehr- und Lernformate war bisher der erhöhte Zeitaufwand, welcher für die Erstellung digitaler Materialien notwendig war, und die mangelnde technische Ausstattung [26, 29]. In dieser Studie gab der für die elektronische Visite verantwortliche Arzt/Ärztin keinen relevanten Mehraufwand für den studentischen Unterricht im Arbeitsalltag im Vergleich zum herkömmlichen Anwesenheitspraktikum an. Tatsächlich können durch einen Arzt/eine Ärztin in derselben Zeit mehr Studierende betreut werden. Diese Skalierung des Unterrichts stellt eine Alternative bei knappen Ressourcen und/oder Personalmangel dar. Zudem ist die Umsetzung des elektronischen Lehrformats mit einfachen verfügbaren Mitteln in vernünftiger Qualität gegeben, wie Aussagen 13–17 zeigten.

Evaluation

Limitierend für diese Studie ist, dass die Teilnahme an der Evaluation auf freiwilliger Basis erfolgte und somit die Teilnehmerquote nur bei 42,16 % lag. Es besteht deshalb die Möglichkeit einer Verzerrung des Ergebnisses, da die Motivation für die Teilnahme nicht erfasst wurde. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass lediglich Studierende mit hoher Motivation ein Feedback gegeben haben [12]. Zukünftige Studien sollten deshalb die Stichprobengröße besser berücksichtigen und Fragen zur Teilnahmemotivation inkludieren. Durch die Einschränkungen der Präsenzlehre im Wintersemester 2020/2021 konnte die subjektive Evaluation nur additiv, wöchentlich bei einer Gruppe an Studie-

renden, geprüft werden. Eine Fortsetzung der elektronischen Visite erfolgte phasenweise, da in den folgenden Jahren teilweise die Einschränkungen für den Präsenzunterricht aufgehoben wurden. Geeignete Daten aus den Vorjahren zum Vergleich waren naturgemäß nicht erhoben worden. Eine objektive Überprüfung des Lernerfolgs war deshalb an die Auswertung der Klausurergebnisse gekoppelt. Die Auswertung der Klausuren kann als Ergänzung zu dem subjektiven Evaluationsbogen allerdings nur bedingt genutzt werden, da lediglich ein Teil des Semesters (102 Studierende) das Praktikum elektronisch absolviert hat. Somit war der andere Teil des Semesters (137 Studierende) auf die regulären wöchentlichen Online-Vorlesungen, Live-Videostreaming verschiedener Operationen und Selbststudium durch Online-Lernkurse über die Lernplattform ILIAS angewiesen. Hierdurch kommt es zu einer Verzerrung und eingeschränkter Beurteilbarkeit der Ergebnisse. Der Vergleich mit den Klausurergebnissen sollte daher eher als richtungsweisend gewertet werden.

Eine qualitative und quantitative Evaluation neu implementierter Formate ist essenziell, da die Strategien der digitalen Lehre ein sich schnell wandelnder und steter Anpassungsprozess sind und auf technologischen Fortschritten beruhen [17, 30]. In strukturschwachen Ländern mit eingeschränktem Angebot für Präsenzunterricht dürften skalierbare, strukturierte, digitale Lehrkonzepte zudem von besonderer Bedeutung sein. Generell kann die Implementierung neuer digitaler Lehrformate die herkömmliche Lehre ergänzen und sollte daher generell in das Lehrkonzept integriert werden. Der Patientenkontakt und auch die Vermittlung praktischer Fähigkeiten können hierdurch allerdings nicht ersetzt werden.

Fazit für die Praxis

- Die Verwendung neuer interaktiver Visualisierungsmöglichkeiten in der Lehre stellt einen vielversprechenden Ansatz als Alternative (insbesondere in Zeiten der Pandemie) oder Ergänzung zum traditionellen Präsenzunterricht dar.
- Ein Ausbau der digitaler Lehr- und Lernkonzepte kann auf Basis dieser Studie unterstützt werden.
- Eine weitere Förderung und systematische Aufarbeitung von Erfahrungen mit

dem Einsatz digitaler interaktiver Lehr- und Lernkonzepte ist erforderlich, um grundlegende Möglichkeiten von innovativen Neuerungen im Lehrplan und dem gezielten Einsatz virtueller Elemente zu implementieren.

- Hybride Formate stellen die Zukunft dar.
- In strukturschwachen Ländern mit eingeschränktem Angebot für Präsenzunterricht dürften skalierbare, strukturierte, digitale Lehrkonzepte von besonderer Bedeutung sein.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Sara M. van Bonn

Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“, Universitätsmedizin Rostock
Doberaner Straße 137, 18057 Rostock, Deutschland
saramaria.vanbonn@med.uni-rostock.de

Funding. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. S.M. van Bonn, J.S. Grajek, S. Rettschlag, S.P. Schraven und R. Mlynski geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Interactive electronic visualization formats in student teaching

Background: In the context of contact restrictions, conventional teaching is currently in need of optimization and expansion. The range of digital teaching formats in student training is very heterogeneous and their effectiveness uncertain. This study aims to investigate the extent to which an electronic ward round can be used as an alternative to the conventional ENT attendance practical course, and whether the use of electronic teaching formats has an influence on the quality of teaching.

Materials and methods: Instead of regular attendance practicals, bedside teaching took place once a week in real time as a video stream via tablet. A total of 43 students in the seventh semester (winter semester 2020/2021) were included in the prospective study. Evaluation forms were used to examine the subjective didactic value of different visualization formats for the students. Examination results from previous years were used for comparison.

Results: The majority of students reported knowledge gain from the electronic rounds (93.02%) and that they were a good alternative to the traditional attendance clerkship (69.77%). The quality of the video and audio transmission as well as the comprehensibility of the case studies presented were consistently rated as good to very good. The students' examination results tended to be slightly worse in the test group compared to the control students of previous years.

Conclusion: Integration of innovative interactive visualization options into teaching shows promising prospects as a supplement to conventional face-to-face teaching. The results of this study can contribute to the further expansion of digital teaching. Scaling up this model could be considered especially in countries with limited availability of face-to-face teaching.

Keywords

Simulation training · Medical students · Otorhinolaryngology · Digital technology · Teaching

Literatur

1. van Bonn SM, Grajek JS, Großmann W, Bernd HE, Rettschlag S, Mlynski R, Weiss NM (2021) Elektronisches Lernen für Studenten in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde durch Nutzung des Content-Management-Systems ILIAS. HNO 69:642–649. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01008-1>
2. van Bonn SM, Grajek JS, Schuldt T, Schraven SP, Schneider A, Rettschlag S et al (2022) Interaktive intraoperative Annotation chirurgischer Anatomie in der studentischen Ausbildung zur Unterstützung der Lerneffizienz und -motivati-on. HNO 70:609–617. <https://doi.org/10.1007/s00106-022-01187-5>
3. van Bonn SM, Grajek JS, Schneider A, Oberhoffner T, Mlynski R, Weiss NM (2022) Interactive live-stream surgery contributes to surgical education in the context of contact restrictions. Eur Arch Otorhinolaryngol 279:2865–2871. <https://doi.org/10.1007/s00405-021-06994-0>
4. de Boer IR, Wesselink PR, Vervorm JM (2016) Student performance and appreciation using 3D vs. 2D vision in a virtual learning environment. Eur J Dent Educ 20:142–147. <https://doi.org/10.1111/eje.12152>
5. Seiwert H, Bartel S, Herzog M, Schumann G, Pein MK, Gey A, Plontke SK (2022) Ausbildung in COVID-19-Pandemie-Zeiten: Wie bewerten Medizinstudierende einen interaktiven, video-basierten Distanzunterricht am Patienten im Fach Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde? HNO 70:140–147. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01117-x>
6. Stöver T, Dazert S, Plontke SK, Kramer S, Ambrosch P, Arens C et al (2021) Auswirkungen der SARS-CoV-2-Pandemie auf die universitäre Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde im Bereich der Forschung, Lehre und Weiterbildung. HNO 69:633. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01001-8>
7. Speck I, Hagge D, Knopf A, Arndt S, Offergeld C (2022) Erstellung einer virtuellen HNO-Ambulanz in der Lehre während der COVID-19-Pandemie. Laryngorhinootologie 101:729–735. <https://doi.org/10.1055/a-1714-8947>
8. Chou P-Y, Hallac RR, Shih E, Trieu J, Penumatcha A, Das P et al (2018) 3D-printed models of cleft lip and palate for surgical training and patient education. Cleft Palate Craniofac J 55:323–327. <https://doi.org/10.1177/1055665617738998>
9. Kleinert R, Wahba R, Chang D-H, Plum P, Hölscher AH, Stippel DL (2015) 3D immersive patient simulators and their impact on learning success: a thematic review. J Med Internet Res 17:e91. <https://doi.org/10.2196/jmir.3492>
10. Weiss NM, Schneider A, Hempel JM, Uecker FC, van Bonn SM, Schraven SP et al (2021) Evaluating the didactic value of 3D visualization in otosurgery. Eur Arch Otorhinolaryngol 278:1027–1033. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06171-9>
11. Kyaw BM, Posadzki P, Paddock S, Car J, Campbell JJ, Tudor C et al (2019) Effectiveness of digital education on communication skills among medical students: systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. J Med Internet Res 21(8):e12967. <https://doi.org/10.2196/12967>
12. Krambeck A, Loth AG, Leinung M, Syed-Ali A, Filmann N, Kramer S et al (2022) Hat die SARS-CoV-2-Pandemie die Lehre verbessert? – Virtueller Unterricht im Fach HNO-Heilkunde aus Sicht der

- Studierenden. HNO 70:655. <https://doi.org/10.1007/s00106-022-01192-8>
13. Daniel H-D, Mittag S, Bornmann L (2016) Evaluation von Studium und Lehre an Hochschulen. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-10886-1>
 14. Cook DA, Levinson AJ, Garside S, Dupras DM, Erwin PJ, Montori VM (2008) Internet-based learning in the health professions: a meta-analysis. JAMA 300:1181–1196. <https://doi.org/10.1001/jama.300.10.1181>
 15. Kyaw BM, Posadzki P, Dunleavy G, Semwal M, Divakar U, Hervatis V, Tudor Car L (2019) Offline digital education for medical students: systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. J Med Internet Res 21:e13165. <https://doi.org/10.2196/13165>
 16. Krahe AM, Ketterer MC, Offergeld C, Hildenbrand T (2022) Evaluation eines strukturierten E-Learning-basierten Ansatzes zur Vermittlung der CT-Anatomie der Nasennebenhöhlen bei Medizinstudierenden. HNO 70:468–475. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01141-x>
 17. Dombrowski T, Dazert S, Volkenstein S (2019) Digitale Strategien in der Lehre. Laryngorhinootologie 98:S197–S219. <https://doi.org/10.1055/a-0803-0218>
 18. Persike M, Friedrich, JD (2016) Lernen mit digitalen Medien aus Studierendenperspektive. Arbeitspapier Nr. 17. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung
 19. Offergeld C, Ketterer M, Neudert M, Hassepaß F, Weerda N, Richter B et al (2021) „Ab morgen bitte online“: Vergleich digitaler Rahmenbedingungen der curricularen Lehre an nationalen Universitäts-HNO-Kliniken in Zeiten von COVID-19. HNO 69:213–220. <https://doi.org/10.1007/s00106-020-00939-5>
 20. Dombrowski T, Dazert S, Volkenstein S (2019) Digitale Strategien in der Lehre. Laryngorhinootologie 98:S197–S219. <https://doi.org/10.1055/a-0803-0218>
 21. O'Neill SM, Henschen BL, Unger ED, Jansson PS, Unti K, Bortoletto P et al (2013) Educating future physicians to track health care quality: feasibility and perceived impact of a health care quality report card for medical students. Acad Med 88:1564–1569. <https://doi.org/10.1097/ACM.0b013e3182a36bb5>
 22. de Boer A, Melchers D, Vink S, Dekker F, Beaat L, de Jong Z (2011) Real patient learning integrated in a preclinical block musculoskeletal disorders. Does it make a difference? Clin Rheumatol 30:1029–1037. <https://doi.org/10.1007/s10067-011-1708-3>
 23. Han E-R, Yeo S, Kim M-J, Lee Y-H, Park K-H, Roh H (2019) Medical education trends for future physicians in the era of advanced technology and artificial intelligence: an integrative review. BMC Med Educ 19:460. <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1891-5>
 24. Chastonay P, Zesiger V, Klohn A, Soguel L, Mpinga EK, Vu NV, Bernheim L (2013) Development and evaluation of a community immersion program during preclinical medical studies: a 15-year experience at the University of Geneva Medical School. Adv Med Educ Pract 4:69–76. <https://doi.org/10.2147/AMEP.S41090>
 25. Kuhn S, Frankenhäuser S, Tols D (2018) Digitale Lehr- und Lernangebote in der medizinischen Ausbildung. Bundesgesundheitsbl 61:201–209. <https://doi.org/10.1007/s00103-017-2673-z>
 26. Verse T, Verse JM, Meyer JE, Grundmann T, Kulkens C, Berger B (2022) Unterricht in der Hals-
 - Nasen-Ohren-Heilkunde in Zeiten der COVID-19-Pandemie. Wie gut können digitale Formate die Präsenzlehre ersetzen? HNO 70:666–674. <https://doi.org/10.1007/s00106-022-01200-x>
 27. Franzen AM, Sykora H, Hauptmann M, Coordes A (2022) Einsatz von Instrumenten bei der klinischen Untersuchung in deutschen HNO-Abteilungen und Privatpraxen heutzutage. HNO 70:125–132. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01096-z>
 28. Krauss F, Giesler M, Offergeld C (2022) Zur Effektivität der digitalen Vermittlung praktischer Fertigkeiten in der curricularen HNO-Lehre. HNO 70:287–294. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01107-z>
 29. O'Doherty D, Dromey M, Loughed J, Hannigan A, Last J, McGrath D (2018) Barriers and solutions to online learning in medical education—an integrative review. BMC Med Educ 18:1–11. <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1240-0>
 30. von Schnakenburg P, Heermann S, Kromeier J, Offergeld C (2023) Einsatz von Virtual Reality in der HNO-Lehre: eine Alternative zum konventionellen Anatomiemodell. HNO 71:106–113. <https://doi.org/10.1007/s00106-022-01252-z>

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

HNO
<https://doi.org/10.1007/s00106-024-01427-w>
 Angenommen: 12. Januar 2024

© The Author(s) 2024



Multidimensionale Formate chirurgischer Anatomie in der studentischen Ausbildung der HNO-Heilkunde – ein Effektivitätsvergleich

Jan S. Grajek¹ · Stefanie Rettschlag¹ · Armin Schneider² · Sebastian P. Schraven¹ · Robert Mlynski¹ · Sara M. van Bonn¹

¹ Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“, Universitätsmedizin Rostock, Rostock, Deutschland

² Jade Hochschule, Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Wilhelmshaven, Deutschland

Zusammenfassung

Hintergrund: Der technologische Wandel im Gesundheitswesen und die digitale Transformation der Lehre erfordern Neuerungen in der studentischen Lehre im Bereich der Medizin. Neue Technologien sind nötig, um die Bereitstellung und Nutzung diverser Lehr- und Lernformate von Bildungseinrichtungen unabhängig von Zeit und Ort zu ermöglichen. Ziel der Studie ist die Analyse der Effektivität verschiedener multidimensionaler Formate in der studentischen Lehre in der chirurgischen HNO-ärztlichen Anatomie.

Material und Methoden: Während des Sommersemesters 2022 und des Wintersemesters 2022/2023 wurde das digitale Lehr- und Lernprogramm ausgeweitet, indem mit Studierenden unterschiedliche Visualisierungsformate (3-D-Brillen, Cardboards oder VR-Brille) im Rahmen eines hochstandardisierten Operationsverfahrens, der Cochleaimplantation, getestet wurden. Prä- und postinterventionell wurde in allen Gruppen eine Wissensstandserhebung und im Anschluss daran eine Evaluation durchgeführt.

Ergebnisse: Von 183 Studierenden nahmen 91 Studierende vollständig an der Studie teil. Die postinterventionelle Wissensstandserhebung ergab unabhängig vom Visualisierungsformat einen signifikanten Anstieg der korrekten Antworten. Im direkten Vergleich antwortete die Operationssaal(OP)-Gruppe signifikant häufiger richtig als die Cardboard-Gruppe ($p = 0,0424$). Ein Großteil der Studierenden wünscht sich 3-D-Lehre als festen Bestandteil im Lehrprogramm (87,9 %) und ein größeres Streamingangebot von Live-Operationen (93,4 %). Sie sehen die Anwendung der verschiedenen Technologien als sehr gute Ergänzung zur herkömmlichen chirurgischen Lehre (72,5 %), da bei guter Anschaulichkeit (89 %) die Merkfähigkeit (74,7 %) und Motivation (81,3 %) steigt.

Schlussfolgerungen: Der Einsatz und die Nutzung neuer Visualisierungstechnologien im klinischen Alltag ist ein vielversprechender Ansatz zur Erweiterung der studentischen Ausbildung. Mobile, interaktive und personalisierte technische Formate sind an das Lernverhalten von Studierenden anpassbar. Nicht zuletzt wird durch den Einsatz neuer Medien die Lernmotivation beeinflusst. Eine Erweiterung digitaler Lehr- und Lernformate kann auf der Basis dieser Studie ausdrücklich empfohlen werden.

Schlüsselwörter

Virtual Reality · Computersimulation · Medizinstudierende · Digitale Gesundheit · Lehre



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Published online: 07 February 2024

HNO 1

„Digital natives“ und „virtual reality“

Der technologische Wandel im Gesundheitswesen und die digitale Transformation in der Lehre erfordern ein Überdenken und eine Überarbeitung von Bildungsformen und -methoden. Der Stellenwert des Themas „digitale Kompetenzen im Studium“ rückt immer mehr in den Mittelpunkt. Nicht zuletzt die COVID-19-Pandemie hat gezeigt, dass die Entwicklungen digitaler Lehr- und Lernformate in verschiedenen medizinischen Bereichen hochrelevant sind. Es gilt, Studierende auf zukünftige Eventualitäten im beruflichen Alltag vorzubereiten, da der Gebrauch von digitalen Daten („data literacy“) von einigen Autoren bereits zu den entscheidenden und notwendigen Fähigkeiten im 21. Jahrhundert gezählt wird [1, 2]. Die Studierenden, als „digital natives“, sind in einer digitalen Welt mit verschiedenen Technologien aufgewachsen [3]. Von Kindheit an sind diese mit digitalen Technologien vertraut, und diese werden auch als selbstverständlich im Leben angesehen. Typischerweise bezieht sich der Begriff auf diejenigen, die in den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts und zu Beginn des 21. Jahrhunderts geboren wurden. Es ist allerdings wichtig zu beachten, dass der Begriff „digital natives“ keine homogene Gruppe beschreibt, da die Erfahrungen und das Maß an technologischer Kompetenz innerhalb dieser Generation variieren können. Kuhn et al. beschreiben, dass trotz des Aufwachsens als „digital natives“ die Nutzung digitaler Technologien nicht unbedingt einen systematisierten Gebrauch im medizinischen Alltag bedingt [4]. Loda et al. vermerken jedoch auch positive Zusammenhänge diesbezüglich [1, 5]. Heutige Studierende sind Multitasking gewöhnt und erwarten somit auch, dass ihnen die Bereitstellung und Nutzung verschiedener Lehr- und Lernformate von Bildungseinrichtungen unabhängig von Zeit und Ort ermöglicht wird [6].

Im Medizinstudium sind klinische Unterrichtseinheiten eine zentrale Methode zur Vermittlung praktischer Fertigkeiten [1]. Im Rahmen der COVID-19-Pandemie wurden bereits zahlreiche innovative Lösungen zur Aufrechterhaltung und Sicherung der studentischen Ausbildung

als Alternative zum Präsenzunterricht geschaffen (beispielsweise E-Learning, Live-Online-Streaming von Vorlesungen oder Operationen). Diese haben sich bewährt und zeigten zumeist eine gute Akzeptanz, eine hohe Motivation und Nutzungsbereitschaft [7–10]. Es gilt, die universitäre Lehre flexibler zu gestalten, denn verkürzte Liegezeiten von Patienten, eine hohe Arbeitsbelastung in der Patientenversorgung, steigende Studierendenzahlen und wechselnde Dozierende erschweren einen strukturierten und qualitativ hochwertigen Unterricht [1]. Ziel ist es, Wissen einheitlich und gezielt übermitteln zu können, hierbei aber neue innovative Lehr- und Lernmethoden nicht außer Acht zu lassen. Doch inwiefern kann die Anwendung neuartiger Technologien sich als fester Bestandteil im Gesundheitswesen und der medizinischen studentischen Ausbildung etablieren oder sind digitale Lehr- und Lernformate nur Forschungsprojekte ohne Zukunftsaussichten?

„Virtual reality“ (VR) hat in der Medizin bereits einen großen Anklang und eine Vielzahl von Anwendungen gefunden. Durch immersive und interaktive Erfahrungen wird sie zunehmend als wirksames Werkzeug zur Verbesserung von Diagnostik und Behandlung, aber auch zur Weitervermittlung von Lehrinhalten eingesetzt. Im Rahmen der studentischen Ausbildung erschafft die virtuelle Realität eine neue und alternative, digitalisierte Welt, indem sie das Lernen auf eine interaktive Ebene hebt und es so u. a. ermöglicht, virtuelle Strukturen räumlich zu betrachten [11]. Hierfür verwendete VR-Brillen können komplexe 3-D-Welten darstellen, aber auch als 3-D-Visualisierungs-Tool und beispielsweise zur Übertragung von komplexen Operationen, dienen. Dies kann das Verständnis für die menschliche Anatomie im Sinne einer richtigen Einschätzung von Verhältnissen dreidimensionaler Strukturen vorteilhaft sein [12]. Zudem wird angenommen, dass durch den Einsatz neuartiger Technologien die Lernmotivation und -erfahrung steigt [7, 13, 14].

Ziel dieser Studie ist es, die Analyse der Effektivität verschiedener multidimensionaler Formate in der studentischen Lehre im Bereich der chirurgischen HNO-ärztlichen Anatomie zu analysieren. Hierfür erfolgte die Beurteilung bzw. der Vergleich

von Akzeptanz und subjektivem Nutzen durch die Studierenden, die Untersuchung von Qualitätsmerkmalen solcher neuartiger Lehrmethoden und die Überprüfung der Effektivität anhand von Wissensstandserhebungen und Effektivitätsanalysen.

Methodik

Studiendesign

Während des Sommersemesters 2022 und des Wintersemesters 2022/2023 wurde das digitale Lehr- und Lernprogramm an der medizinischen Fakultät einer Universitätsmedizin erweitert. Diese Studie wurde in einem prospektiven Design als Single-Center-Studie durchgeführt. Während regulärer Blockpraktika wurden die Studierenden, nach vorheriger Ankündigung und Vorstellung der Studie, zufällig 3 verschiedenen Gruppen zugewiesen: 3-D-Gruppe, Cardboard-Gruppe oder VR-Brillen-Gruppe.

Bei der Cochleaimplantation, einem hochgradig standardisierten Eingriff, erfolgen die Präparationen anhand speziell definierter chirurgisch-anatomischer Landmarken an Patienten mit anatomisch-topografisch gesunden Felsenbeinen. Aufgrund von wiederkehrenden anatomischen Bezugspunkten eignet sich dieser Eingriff besonders gut für die Wissensstandserhebungen. Vor Beginn der Operation (Op.) gaben die betroffenen Patienten ihr schriftliches Einverständnis für die anonymisierte Übertragung von Op.-Videos zu Ausbildungszwecken.

3-D-Gruppe

Die 3-D-Gruppe verfolgte die mikrochirurgische Op. direkt im Operationssaal (OP). Wie bereits in vorangegangenen Arbeiten der Autoren beschrieben, wurde innerhalb des Saals die Op. mit einem voll digitalen Op.-Mikroskop (ARRISCOPE Evo2 ENT, Fa. MSI, München, Deutschland) mit der Fähigkeit, ein 2-D- und ein 3-D-Bild zu übertragen, demonstriert. Operateur und Studierende betrachteten den exakt identischen Bildausschnitt des Op.-Felds. Während der Operation die Sicht durch ein digitales Binokular hat, wurden den Studierenden die Live-Bilder auf 65-Zoll-3-D-Displays (LG 65EF9509, Fa. LG Electro-

Tab. 1 Evaluationsbogen nach Abschluss der Op.	
	Evaluationsbogen
1	Das OP-Streaming brachte mir einen großen Wissenszugewinn
2	Die angewandte Lernmethode ist anschaulich
3	Gezeigte Strukturen konnte ich mir durch die angewandte Methode besser merken
4	Durch das OP-Streaming (mit Tool) ist mein Interesse am Fachgebiet der HNO-Heilkunde gewachsen
5	Die eingesetzte Lernmethode motiviert mich und macht Spaß
6	OP-Streaming sollte fester Bestandteil der Lehre sein
7	Ich würde gerne mehr Operationen mit dem angewandten Tool sehen
8	Das OP-Streaming bietet eine gute Alternative zur herkömmlichen Op.-Lehre an
9	Das Angebot an OP-Streaming an der UMR sollte vermehrt erhöht werden
10	Besonders für distanzorientiertes Lernen eignet sich das OP-Streaming mit dem durchgeführten Tool besonders gut
11	Ich wäre bereit, für das OP-Streaming mit dem angewandten Tool Geld zu bezahlen
12	Qualität der Videoübertragung
13	Qualität der Audioübertragung
14	Verbindungsstabilität zum Stream
15	Verständlichkeit der intraoperativen Prozesse
16	Interaktionsmöglichkeiten mit dem Operateur
OP Operationssaal, Op. Operation	

Tab. 2 Deskriptive Statistik der korrekt erkannten anatomischen Strukturen vor und nach der 3-D-Intervention durch die Studierenden						
	OP prä	OP post	CB prä	CB post	VR prä	VR post
Studierende (n)	24	24	30	30	37	37
Minimum	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0	2,0
25%-Perzentile	2,0	6,0	2,0	4,0	1,5	4,0
Median	3,0	7,5	3,0	6,5	3,0	7,0
75%-Perzentile	4,8	9,8	4,0	8,0	4,0	9,5
Maximum	10,0	11,0	10,0	10,0	9,0	11,0
Spannweite	10,0	9,0	10,0	9,0	9,0	9,0
Mittelwert	3,8	7,5	3,3	6,0	3,2	6,7
SD	2,4	2,5	2,1	2,4	2,3	3,0
n = 91; maximal erreichbares Ergebnis: 11 Punkte Gruppeneinteilung: OP 3-D-Gruppe, CB Cardboard-Gruppe oder VR VR-Brillen-Gruppe OP Operationssaal, SD Standardabweichung, VR „virtual reality“						

nics, Seoul, Republik Korea) präsentiert. Die Displays waren so positioniert, dass alle Studierenden einen direkten Blick, ohne Blickwinkelverzerrungen, auf den Bildschirm hatten. Alle Teilnehmer sahen die chirurgischen Eingriffe in 3-D mit 4-K-Qualität durch passive, polarisierte 3-D-Brillen (Fa. Schleiter & Jauernig, Hamburg, Deutschland) in audiovisueller Echtzeit [7, 10].

Cardboard- und VR-Brillen-Gruppe

Die Cardboard- und VR-Brillen-Gruppe verfolgten die zuvor aufgezeichnete mikrochirurgische Op. in High-Definition(HD)-

Qualität. Im OP wurde der Eingriff mit einem volligitalen 3-D-Op.-Mikroskop (ARRISCOPE Evo2 ENT, MSI, München, Deutschland) aufgezeichnet. Der Chirurg war mit einem digitalen drahtlosen Taschensender (GLXD1, Fa. Shure, Niles, USA) ausgestattet, der mit einem Rackmount-Empfänger (GLXD4R, Fa. Shure, Niles, USA) verbunden war. Das Mikrophon war empfindlich genug, um die intraoperativen Diskussionen und Entscheidungsfindungen des gesamten Teams an die Studierenden zu übertragen. Die Audiospur des Rackmount-Empfängers sowie die Videospur des Op.-Mikroskops wurden mit einem Broadcast-Switcher

(ATEM Mini, Fa. Blackmagic Design Pty Ltd, Victoria, Australien) verbunden, der an ein Konferenzraumsystem (Avaya Scopia XT7100, Fa. Avaya, Santa Clara, CA, USA) angeschlossen war. Tonspur und Videomaterial wurden über eine LAN-Schnittstelle („local area network“) an einen Mediendienstleister (Fa. Pripare, München, Deutschland) übertragen. Die Daten wurden vom Dienstleister umgewandelt und anschließend in 4-K-HD-Qualität über einen eigenen Kanal im 3-D-Format („side-by-side“) auf YouTube (Fa. Google LLC, Mountain View, USA) online gestellt [7, 10]. Die Studierenden der Cardboard- und VR-Brillen-Gruppe konnten die zuvor aufgezeichnete Op. in selbstausgewählter Geschwindigkeit sehen und hatten die Möglichkeit, das Video zu unterbrechen, um Abschnitte zu wiederholen.

Der Cardboard-Gruppe wurde ein faltbares Cardboard-VR-Headset (Fa. Silicon Foldable VR, Guangzhou, China) ausgeteilt, welches aus einem Plastikrahmen mit einem Smartphone-Einschub, der vor 2 optischen konvexen Linsen eingebracht ist, besteht. Das Smartphone fungiert als Bildschirm mit Bewegungssensoren (Gyroskope und Beschleunigungssensoren). Eine Smartphone-App erkennt die 3-D-Quelle aus dem OP-Stream und stellt diese als Side-by-Side-Bild dar. Der Benutzer schaut durch die Linsen und bekommt ein vergrößertes Bild für jedes Auge separat angezeigt. Durch die Darstellung der 2 leicht divergierenden Bilder aus der mikroskopischen Aufnahme entsteht eine stereoskopische Wahrnehmung der Umgebung und damit ein 3-D-Bild.

Die Studierenden der VR-Brillen-Gruppe erhielten eine Brille während der Lehrereinheit (Pico G2 4K, Fa. ByteDance, Peking, China). Das Funktionsprinzip der VR-Brille ist mit dem des Cardboards vergleichbar, wobei Bildschirm, Bewegungssensoren sowie die Audioquellen in der Brille fest verbaut sind und eine freihändige Bedienung sowie Interaktion mit der virtuellen Umgebung mit einer Fernbedienung möglich ist. Die VR-Brille wird in dieser Studie nicht im eigentlichen VR-Sinn, sondern als 3-D-Visualisierungs-Tool verwendet.

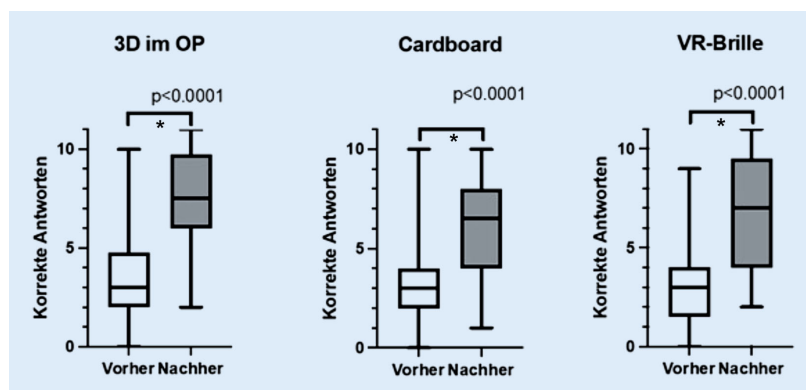


Abb. 1 ◀ Anzahl der korrekt identifizierten anatomischen Strukturen vor und nach der Lehreinheit mit einem 3-D-Medium, in Boxplots dargestellt. Asterisk Signifikante Unterschiede im Wilcoxon-Test ($\alpha < 0,05$)

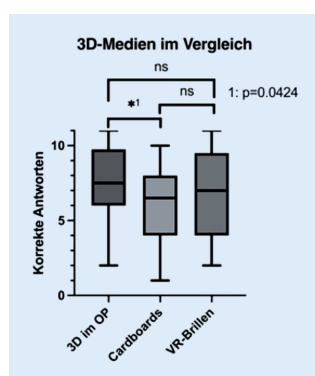


Abb. 2 ▲ Anzahl der korrekt identifizierten anatomischen Strukturen nach der Lehreinheit mit einem 3-D-Medium im Vergleich, in Boxplots dargestellt. Asterisk Signifikante Unterschiede im Mann-Whitney-Test ($\alpha < 0,05$)

Wissensstandserhebung

Zur Ermittlung des Wissensstands mussten alle Studierenden vor der Teilnahme an der Studie (präinterventionell) 11 anatomische Strukturen an Op.-Bildern mit Multiple-Choice-Fragen richtig zuordnen. Die Op.-Bilder wurden auf der Online-Plattform ILIAS (ILIAS Open Source E-learning e.V., Köln, Deutschland) bereitgestellt. Das Open-Source-Produkt ILIAS ist ein frei verfügbares Learning-Management-System für die internetbasierte Bereitstellung von Lehr- und Lernmaterialien und ist sowohl im universitären Bereich wie auch von Unternehmen etabliert. Nach Ermittlung des Wissensstands nahmen

die Studierenden an der Op. mit dem zuvor jeweils zufällig zugeteilten Tool teil. Anschließend erfolgte nach Abschluss der Op. (postinterventionell) die Wissensstandskontrolle durch erneute Zuordnung der 11 anatomischen Strukturen an den gleichen Op.-Bildern wie vor der Op. Zu den zu kennzeichnenden anatomischen Strukturen gehörten: Mastoidzellen, horizontaler Bogengang, Sinus sigmoideus, Dura zur mittleren und hinteren Schädelgrube, Chorda-fazialis-Winkel, Verlauf des N. facialis, Chorda tympani, rundes Fenster, Amboss, Promontorium und Eminentia pyramidalis.

Evaluation

Nach Abschluss der auf dem jeweiligen Tool gezeigten Op. wurden die Studierenden gebeten, einen Evaluationsbogen auszufüllen, der ebenso auf ILIAS bereitgestellt wurde (Tab. 1). Die 11 Fragen waren auf einer 5-Punkte-Likert-Skala zu beantworten (1: „trifft zu“, 2: „trifft eher zu“, 3: „trifft teilweise zu“, 4: „trifft eher nicht zu“, 5: „trifft nicht zu“ und 6: „keine Antwort möglich“). Die Überprüfung der Qualitätsmerkmale (Video, Audio, Verbindungstabilität zum Stream, Verständlichkeit der intraoperativen Prozesse und Interaktionsmöglichkeit mit dem Operateur) erfolgte durch eine Ratingskala mit Abstufungen von sehr gut (1) bis mangelhaft (6).

Statistik

Die statistischen Analysen erfolgten mit Prism (Version 10, Fa. GraphPad Software, La Jolla, CA, USA). Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgesetzt. Die Normalverteilung wurde grafisch mit Quantile-Quantile-Plots sowie statistisch mit dem D'Agostino-&-Pearson-Test überprüft. Die Ergebnisse wurden, wenn nicht anders angegeben, als Median mit Quartilen sowie als absolute Werte mit Prozenten angegeben. Der Wilcoxon-Test wurde durchgeführt, um Unterschiede zwischen den korrekt identifizierten anatomischen Strukturen vor und nach der Lehreinheit zu untersuchen. Der Mann-Whitney-Test wurde zum Vergleich der Bewertung der Qualitätsmerkmale der 3-D-Medien und der Anzahl der korrekt identifizierten anatomischen Strukturen nach der Lehreinheit mit einem 3-D-Medium verwendet.

Ergebnisse

Es nahmen 183 Studierende an der präinterventionellen Wissensstandserhebung teil. Nach Verwendung der 3-D-Medien beantworteten 91 Studierende vollständig die postinterventionelle Wissensstandserhebung und nahmen an der Evaluation teil. Die Rücklaufquote betrug somit 49,7%. Es haben 24 Studierende mit einer passiven 3-D-Brille im OP teilgenommen, 30 die Cardboards verwendet und 37 eine VR-Brille. Die deskriptiven statistischen Ergebnisse der Wissensstandserhebungen sind vergleichend in Tab. 2 dargestellt und

Tab. 3 Deskriptive Statistik der Antworten der Studierenden nach Durchführung der Lehreinheit mit einem 3-D-Medium											
Aussage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Studierende (n)	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91
Minimum	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25%-Perzentile	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0
Median	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0	4,0
75%-Perzentile	3,0	2,0	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,0	2,0	2,0	5,0
Maximum	4,0	4,0	6,0	6,0	5,0	4,0	5,0	6,0	4,0	6,0	6,0
Spannweite	3,0	3,0	5,0	5,0	4,0	3,0	4,0	5,0	3,0	5,0	5,0
Mittelwert	2,1	1,6	2,0	2,5	1,8	1,5	2,0	2,2	1,4	1,7	3,8
SD	0,9	0,7	1,0	1,2	0,9	0,8	1,1	1,5	0,7	1,3	1,2
5-stufige Likert-Skala von 1 („trifft zu“) bis 5 („trifft nicht zu“). 6 entspricht „kann ich nicht beantworten“											
SD Standardabweichung											

in der **Abb. 1** visualisiert. Bei der Verwendung der 3 untersuchten 3-D-Medien wurde ein signifikanter Anstieg der postinterventionell korrekt beantworteten Fragen ($p < 0,0001$; $\alpha < 0,05$) festgestellt. Der Median erhöhte sich bei der Verwendung der passiven 3-D-Brillen im OP von 3,0 (Q₁: 2,0; Q₃: 4,8) auf 7,5 (Q₁: 6,0; Q₃: 9,8), bei den Cardboards von 3,0 (Q₁: 2,0; Q₃: 4,0) auf 6,5 (Q₁: 4,0; Q₃: 8,0) und bei den VR-Brillen von 3,0 (Q₁: 1,5; Q₃: 4,0) auf 7,0 (Q₁: 4,0; Q₃: 9,5). Die mediane Differenz betrug im prä- zu postinterventionellen Vergleich bei der Verwendung der passiven 3-D-Brillen im OP 4,5 und bei den Cardboards und VR-Brillen 3,0.

Bei der Betrachtung der postinterventionellen Wissensstandserhebungen (**Abb. 2**) wurde bei der Verwendung von Cardboards im Vergleich zu 3-D-Brillen im OP durch die Studierenden signifikant seltener die korrekte Antwort gewählt ($p = 0,0424$; $\alpha < 0,05$). Im Vergleich zwischen 3-D- und VR-Brillen sowie zwischen Cardboards und VR-Brillen wurde kein statistisch signifikanter Unterschied in der Leistung festgestellt.

Der Fragebogen der Evaluation ist aus der **Tab. 1** zu entnehmen. Die deskriptiven statistischen Ergebnisse sind in **Tab. 3** dargestellt und in der **Abb. 3** visualisiert. Die Aussagen 1–10 wurden mehrheitlich mit hohen Zustimmungswerten (Median 1,0 und 2,0; „trifft zu“ oder „trifft eher zu“) beantwortet. Lediglich bei der Aussage 11 „Ich wäre bereit, für das OP-Streaming mit den angewandten Tools Geld zu bezahlen“ wurde mehrheitlich ablehnend (Median 4,0; „trifft eher

nicht zu“) votiert. Es wurde kein statistisch signifikanter Unterschied in der Beantwortung zwischen den Untergruppen (3-D-Gruppe, Cardboard-Gruppe oder VR-Brillen) festgestellt.

Die deskriptiven statistischen Ergebnisse der Evaluation zu den Qualitätsmerkmalen Video, Audio, Verbindungsstabilität zum Stream, Verständlichkeit der intraoperativen Prozesse und Interaktionsmöglichkeit mit dem Operateur sind in der **Tab. 4** nach Untergruppen geordnet und in der **Abb. 4** dargestellt.

Im Vergleich zeigen sich signifikante Unterschiede bei der Videoqualität zwischen der Verwendung von passiven 3-D-Brillen im OP und Cardboards (Median 2,0; Q₁: 1,0; Q₃: 2,0 vs. Median 2,0; Q₁: 2,0; Q₃: 3,0; $p = 0,0127$) sowie den passiven Brillen und VR-Brillen (Median 2,0; Q₁: 1,0; Q₃: 2,0 vs. Median 2,0; Q₁: 2,0; Q₃: 3,0; $p = 0,085$). Zudem wurde ein signifikanter Unterschied bei der Interaktionsmöglichkeit mit dem Operateur zwischen der Verwendung der passiven 3-D-Brillen und Cardboards (Median 2,0; Q₁: 1,0; Q₃: 3,0 vs. Median 5,5; Q₁: 3,0; Q₃: 6,0) sowie zwischen den passiven 3-D-Brillen und VR-Brillen (Median 2,0; Q₁: 1,0; Q₃: 3,0 vs. Median 6,0; Q₁: 3,0; Q₃: 6,0) festgestellt. Insgesamt wurde die *Videoqualität* in den Untergruppen mit „gut“ (Median 2,0), die *Audioqualität* mit „sehr gut“ (Median 1,0 und 1,5) die *Verbindungsstabilität* mit „sehr gut“ (Median 1,0), die *Verständlichkeit der intraoperativen Prozesse* mit „gut“ (Median 2,0) und die *Interaktionsmöglichkeit mit dem Operateur* in der Untergruppe 3-D mit „gut“ (Median 2,0) in den Untergrup-

pen Cardboard und VR-Brillen mit „mangelhaft“ und „ungenügend“ (Median 5,5 und 6,0) bewertet.

Diskussion

Die digitale Transformation des Gesundheitssystems und der medizinischen Aus- und Weiterbildung ist ein fortlaufender Veränderungsprozess und bezieht sich auf den umfassenden Einsatz von digitalen Technologien und Tools, um das Bildungswesen und den Lernprozess zu verbessern. Neue technologische Innovationen zielen darauf ab, traditionelle Unterrichtsmethoden und Lernumgebungen zu erweitern und zu bereichern, indem digitale Ressourcen, Plattformen und Technologien genutzt werden [15]. Zudem wird durch den Einsatz der elektronischen Lehre ein Wechsel von lehrergelenktem Unterricht zum sog. Flipped-Classroom-Modell beschleunigt. Hierbei steht die digital-virtuelle Lehre nicht mehr in Konkurrenz zur klassischen Präsenzlehre, sondern als sinnvolle Ergänzung. Denn im Sinne der Blended-Learning-Strategie gilt es, kollaborative Tools einzusetzen, um das Lehrangebot und die Zugänglichkeit zu Lerninhalten durch die Verwendung neuer Technologien zu verbessern und zu erweitern [14]. Es muss eine Verbindung zwischen Effektivität und Flexibilität elektronischer Lehrformate mit den sozialen Aspekten der Interaktion zwischen mehreren Personen („face-to-face“) und dem praktischen Erlernen von Tätigkeiten geschaffen werden [8]. Die Entwicklung virtueller Realitäten erlauben durch eine neue Lehrgestaltung verschiedene neue Möglichkeiten der Wissensvermittlung [14]. Gleichzeitig erfordert der Einsatz neuer Technologien eine sorgfältige Planung, Schulung von Lehrpersonal und die Gewährleistung der Datensicherheit und des Datenschutzes.

Die curriculare Lehre der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde an medizinischen Fakultäten ist in Deutschland unterrepräsentiert [16, 17]. Obwohl sie ein interdisziplinär und funktionell bedeutsames Fach ist, werden HNO-ärztliche Themen in der Ausbildung der Studierenden weniger priorisiert, und es werden vergleichsweise wenig Lehrzeiten eingeräumt [18]. Aufgrund der komplexen Kopf-Hals-Anatomie ist die Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde enger Partner- und

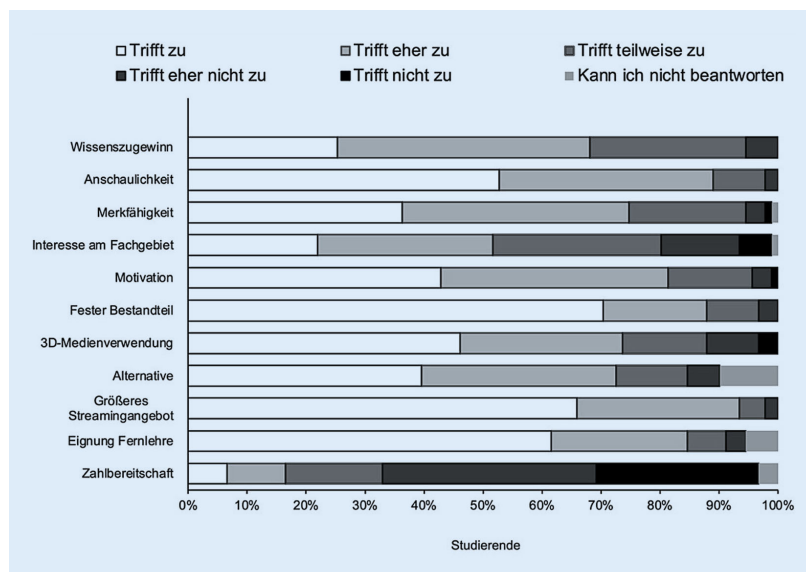


Abb. 3 ◀ Übersicht der Bewertung der Aussagen 1–11 nach Teilnahme an der 3-D-Lehre durch die Studierenden ($n = 91$). Verteilung der vollständigen Übereinstimmung (weißer Balken) bis zur Nichtübereinstimmung (schwarzer Balken) in Prozent

ler Fachdisziplinen, um eine ganzheitliche Versorgung von Patienten sicherzustellen. Für die Sicherstellung des Wissenstransfers wird deutlich, dass alternative Lehrmethoden, die zum einen keine zusätzlichen personellen Ressourcen belasten und zum anderen finanzierbar sind, etabliert werden müssen [15].

Die Digitalisierung der studentischen Lehre in den Bereichen der chirurgischen Medizin ist mittlerweile nicht mehr wegzudenken. Sie hat einen hohen Stellenwert, denn die Studierenden als „digital natives“ bewegen sich auf der „Consumer-Ebene“ [4, 19]. Dies bedeutet, dass Menschen, die als „digital natives“ gelten, in erster Linie als Konsumenten digitaler Technologien agieren. Die Consumer-Ebene bezieht sich auf die Rolle als Nutzer und Verbraucher von digitalen Produkten und Dienstleistungen, anstatt auf die Schöpfung oder Produktion solcher Technologien. Die Feststellung, dass „digital natives“ sich auf der Consumer-Ebene bewegen, betont, dass ihre Hauptinteraktion mit Technologie oft auf der Verbraucherseite liegt, indem sie digitale Inhalte konsumieren, mit Apps interagieren und von den Möglichkeiten der digitalen Welt als Endverbraucher profitieren. Dieser Wandlungsprozess und die Nutzung digitaler Technologien auf der

Verbraucherebene haben auch einen Einfluss auf die medizinische Lehre und das zukünftige Berufsbild der Ärzte. Der Erfolg kann bisher allerdings nicht abgeschätzt werden. Weder im Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalog (NKLM) aus dem Jahr 2015 noch im Masterplan Medizinstudium 2020 werden die Aspekte der digitalen Transformation in die Planung der Lehre detailliert einbezogen bzw. diese adressiert [4, 20, 21]. Bisher ist eine Integration digitaler Lehrmethoden und die Förderung bzw. der Ausbau spezifischer, die digitale Transformation fördernde Strukturen nur eingeschränkt vorhanden. Häufig werden bisher digitale Lehrmethoden, wie Lehrvideos, medizinische Apps oder kollaborative Online-Plattformen für den Wissensaustausch, in Eigenregie durch die Studierenden genutzt [22]. Die COVID-19-Pandemie hat die Notwendigkeit, aber auch die Machbarkeit der Integration digitaler Technologien im Medizinstudium deutlich gemacht. Viele der digitalen Lehrmethoden, die während der Pandemie eingeführt wurden, konnten auch in der Zeit danach erhalten bleiben und in den Lehrplan ergänzend integriert werden [8, 22, 23].

Vor- und Nachteile der Visualisierungssysteme

Boeker und Klar beschrieben als Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung von digitaler Lehre und Simulation die allumfängliche und sofortige Integration dieser Formate in die Curricula der Lehrereinrichtungen [24]. Betrachtet man dieses Postulat im Kontext der Verwendung von virtueller Realität und 3-D-Visualisierungssystemen, so zeigt sich eine durch strukturelle Versäumnisse der Vergangenheit entstandene Diskrepanz zwischen den formulierten Zielen der Schaffung einer digitalen Lehrumgebung und den Kapazitäten der Lehrereinrichtungen, solche in ausreichend großem Format und Qualität in den Lehralltag frühzeitig zu integrieren [25]. Zwar hat die COVID-19-Pandemie als Katalysator die digitale Transformation vorangetrieben, aber der Rückschritt zum „business as usual“ in der Lehre ist weiterhin sehr verlockend. Daher spielen VR-Simulationen und 3-D-Systeme zwar zunehmend eine Rolle, jedoch kommen diese aktuell flächendeckend über den Status singulärer Lehrprojekte bisher nicht hinaus [4, 26]. Entscheidungsträger müssen evident von der Notwendigkeit der Verwendung solcher Systeme unter Einhaltung des Prinzips

Tab. 4 Deskriptive Statistik der Bewertung der Qualitätsmerkmale der 3-D-Medien im Vergleich															
Aussage	1 OP	1 CB	1 VR	2 OP	2 CB	2 VR	3 OP	3 CB	3 VR	4 OP	4 CB	4 VR	5 VR	5 CB	5 OP
Studierende (n)	24	30	37	24	30	37	24	30	37	24	30	37	24	30	37
Minimum	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25%-Perzentile	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,8	1,0	1,0	3,0	3,0
Median	2,0	2,0	2,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	5,5	6,0
75%-Perzentile	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	6,0	6,0
Maximum	3,0	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,0	6,0	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0	6,0
Spannweite	2,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	5,0	2,0	3,0	3,0	4,0	5,0	5,0
Mittelwert	1,7	2,3	2,4	1,9	1,5	1,4	1,7	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	4,5	4,5
SD	0,7	1,0	1,1	1,0	0,8	0,7	0,9	0,6	1,0	0,8	0,7	0,9	1,3	1,7	1,8
Die Bewertung erfolgte entsprechend Schulnoten von 1 („sehr gut“) bis 6 („ungenügend“) Nummerierung der Aussagen: 1: Video, 2: Audio, 3: Verbindung zum Stream, 4: Verständlichkeit der intraoperativen Prozesse und 5: Interaktion mit dem Operateur Gruppeneinteilung: OP 3-D-Gruppe, CB Cardboard-Gruppe oder VR VR-Brillen-Gruppe OP Operationssaal, SD Standardabweichung, VR „virtual reality“															

der finanziellen Verhältnismäßigkeit überzeugt werden. Betrachtet man daher die in dieser Studie verwendeten VR-/3-D-Visualisierungssysteme, erscheint die genauere Analyse der Vor- und Nachteile im direkten Vergleich von zentraler Bedeutung. Die Verwendung von 3-D über passive Brillen im OP kann in dieser Studie als eine statische Methode verstanden werden, da es das Paradigma des Unterrichts in der Klinik unangetastet belässt. Die Studierenden benötigen hierbei keine eigene Hardware, und die Einweisung in die Technologie ist für die Zuschauenden selbsterklärend. Einschränkungen ergeben sich hierbei v. a. durch die personellen Kapazitäten des OP und die vorhandene Menge an 3-D-Brillen. Zudem muss sichergestellt werden, dass die Zuschauer in einem entsprechenden (limitierten) Betrachtungswinkel den Monitor einsehen können, um eine perfekte 3-D-Visualisierung zu gewährleisten, was wiederum die Anzahl der Betrachter einschränken kann.

VR-Brillen sowie Cardboards sind im Vergleich mobile Systeme, die für eine große Anzahl an Studierenden örtlich sowie zeitlich flexibel angeboten werden können. Die Möglichkeit der selbstständigen Unterbrechung der Videos und der mehrfachen Wiederholung ist ein großer Vorteil der beiden Gruppen. Aktuelle Studien bestätigen gerade die Wichtigkeit einer erfolgreichen Etablierung von digitalen Lehrmethoden, die sich durch Ungebartheit in Ort und Zeit charakterisieren [8, 10, 22, 23]. Die Teilnehmenden der Cardboard-Gruppe haben teils von zu Hau-

se der Op. beigewohnt. Es gab allerdings eine Vielzahl der Studierenden an, dass es ihnen nicht möglich war, die gesamte Op. zu verfolgen. Die Visualisierung führte teils zu Müdigkeit, Kopfschmerzen und Übelkeit, sodass die Teilnahme an der Op. unterbrochen oder sogar vollständig beendet werden musste. Dies war bei den qualitativ hochwertigeren VR-Brillen nicht der Fall, allerdings dauerte hier die Einweisung in die Geräte und die Konfiguration der Netzwerkeinstellungen länger. Dies führte häufig, trotz standardisierter schriftlich verfasster Gebrauchsanleitung, zu Rückfragen und damit Bindung von personellen Ressourcen. Studierende, die VR-Brillen trugen, berichteten außerdem von verstärkter Hitzeentwicklung mit Bildung von Kondensat auf den Linsen, die zur Einschränkung der Bildqualität führte. Whang et al. haben die Auswirkung von Hitzeentwicklung auf das subjektive Wohlbefinden bei Verwendung von VR-Brillen untersucht und stellten einen durchschnittlichen Temperaturanstieg von 7,8 °C mit deutlicher Verschlechterung der Bildleistung durch Kondensat bei Verwendung der Brillen über 45 min fest. Hierbei zeigte sich eine Korrelation zwischen dem Temperaturanstieg und der Abnahme des subjektiven Wohlbefindens der Benutzer [27]. Zieht man hingegen eine Studie der Arbeitsgruppe von Schnakenburg et al. hinzu so gaben von 177 Teilnehmern bei Nutzung einer VR-Brille im Kontext eines Mittelohrmodells in der quantitativen Evaluation insgesamt 2 Studierende Kopfschmerzen an, und 10 berichteten von Übel-

keit oder Schwindel. Die Nutzdauer betrug hierbei lediglich 15 min [14]. Betrachtet man die Nutzungsdauer von etwa 90 min in der vorliegenden Studie, so sind negative Auswirkungen auf die Performance der VR-Brille/Cardboard und das subjektive Wohlbefinden anzunehmen. Die Bewertungen der qualitativen Merkmale der 3 Visualisierungssysteme in der Evaluation bestätigt diese Annahme. So wird die Videoqualität bei den Cardboards und VR-Brillen signifikant schlechter als bei der Verwendung von 3-D-Brillen im OP bewertet. Insgesamt müssen daher die Lehrscheinheiten bei Verwendung dieser mobilen 3-D-Visualisierungssysteme inhaltlich vollständig und zeitlich so kurz wie möglich konzipiert sein, damit die Vorteile der zeitlich und örtlich unabhängigen Verwendung den Nachteilen einer sinkenden Performance bei längerer Nutzungsdauer überwiegen. Dies erscheint als deutlicher Nachteil dieser beiden Systeme im Vergleich zur OP-Gruppe. Die Qualitätskriterien Audioqualität, Verbindung und Verständlichkeit war bei allen 3-D-Medien ähnlich. Bezüglich der Wissensstandserhebung zeigte sich ein signifikanter Anstieg der korrekt identifizierten Strukturen von prä- zu postinterventionell bei allen 3-D-Medien. Auch untereinander zeigten sich keine gravierenden signifikanten Unterschiede postinterventionell. Dies bestätigt, wie bereits auch in verschiedenen vorherigen Untersuchungen in der Klinik der Autoren nachgewiesen, dass sich die Vermittlung von Wissensinhalten für das Fachgebiet der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde aufgrund von exzellenten Visua-

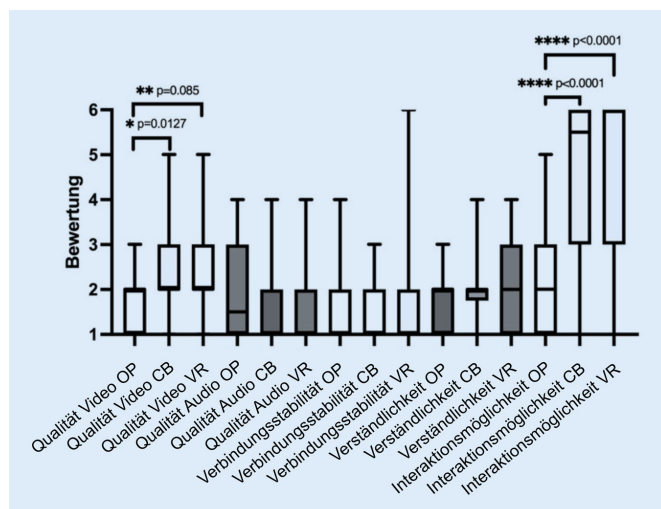


Abb. 4 ▲ Bewertung der Qualitätsmerkmale der 3-D-Medien im Vergleich. Bewertung entsprechend Schulnoten von 1 („sehr gut“) bis 6 („ungenügend“). Asterisk Signifikante Unterschiede im Mann-Whitney-Test ($\alpha < 0,05$)

lisierungsmöglichkeiten trotz der genannten Nachteile mit den mobilen VR-Brillen und Cardboards sehr gut bewerkstelligen lassen [8, 10, 14].

Limitierend bei der Umsetzung dieser hier vorgestellten Lehrmethode ist die fehlende Feedback-Funktion in der VR-/Cardboard-Gruppe zu nennen. Es wurde im Live-Stream die Möglichkeit der Studierenden, während der Op. via Chat-Protokoll mit dem Operateur zu kommunizieren, getestet. Jedoch stellte es sich als nicht praktikabel dar, da durch Wechsel aus dem 3-D-Modus in das Chatfenster die OP-Darstellung unterbrochen wurde. Zudem stellte sich die Schreibfunktion der VR-Brillen mit der Fernbedienung via virtuelle Tastatur als sehr umständlich dar und wurde deshalb nicht verwendet. Dies erklärt die schlechten Ergebnisse bei der Bewertung des Qualitätsmerkmals *Interaktionsmöglichkeit mit dem Operateur*.

Finanzielle Aspekte

Die Einführung digitaler Lehrmethoden kann sowohl finanzielle Herausforderungen als auch Einsparungspotenziale mit sich bringen. Die Kosten für die Cardboards betragen durchschnittlich zwischen 2 und

5 € und liegen für die VR-Brillen im Bereich von 150–600 €. Finanziell ergaben sich somit allein durch die Anschaffungskosten und ggf. Wartungskosten besonders der VR-Brillen messbare Unterschiede im Vergleich zur „konventionellen“ Lehre. In der Evaluation zeigte sich die Zahlungsbereitschaft der Studierenden eher gering. Nur 6,6% der Studierenden wären bereit, für das Streamingangebot der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde mit Cardboards oder VR-Brillen Geld zu zahlen. Es kann vermutet werden, dass bei einer Kohorte mit Studierenden, welche plant, ihre Weiterbildungszeit in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde zu absolvieren, ähnlich wie auch bei bereits aktiven Weiterbildungsassistenten der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, die Zahlungsbereitschaft höher ist, da diese höher motiviert sind und ein spezialisierteres Wissen benötigen, um auch chirurgisch-operative Fähigkeiten erlernen zu können [28]. Die langfristigen Vorteile wie erhöhte Flexibilität, verbesserte Lernerfahrungen, Personalentlastung in der Lehre und die Anpassung an moderne Lehrmethoden könnten die anfänglichen Investitionen und laufenden Kosten rechtfertigen.

Zudem ist anzunehmen, dass bei einem potenziellen zukünftigen Einsatz der Tech-

nologie im Rahmen der kontinuierlichen medizinischen Weiterbildung (CME) eine erhöhte Zahlungsbereitschaft besteht, da sich diese mit Verdienstausschlag bzw. Reisekosten decken würden.

Technische Herausforderungen

Die Einführung digitaler Lehrmethoden kann technische Herausforderungen mit sich bringen, die es zu bewältigen gilt. So müssen eine funktionierende Hardware und eine stabile bzw. zuverlässige Internetverbindung vorhanden sein, um einen reibungslosen Ablauf zu ermöglichen. Datenschutz und Sicherheit sind bei der digitalen Lehre von höchster Bedeutung. Der unangemessene Umgang mit sensiblen Daten kann zu Problemen führen. Lehrinstitute und Lehrende sollten sicherstellen, dass persönliche Informationen der Lernenden, aber v. a. auch Patienten angemessen geschützt werden. Es ist wichtig, die Zustimmung für die Verwendung persönlicher Daten einzuholen und transparent darüber zu sein, welche Daten gesammelt und wie sie verwendet werden. Den Zugang zu digitalen Lernplattformen und -ressourcen gilt es zu kontrollieren, um sicherzustellen, dass nur autorisierte Personen darauf zugreifen können. Bei der Kommunikation zwischen Lehrenden und Studierenden sollten sichere Kanäle verwendet werden, um die Privatsphäre zu schützen. Es sollte eine klare Richtlinie darüber geben, wie lange die gesammelten Daten aufbewahrt werden und wann sie sicher gelöscht werden. Lehrinstitute müssen die Datenschutzgesetze und -vorschriften, die in ihrer Region gelten, genau befolgen. Dies kann die Einhaltung von Gesetzen wie der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) in der Europäischen Union oder anderen regionalen Datenschutzbestimmungen umfassen. Die Bewältigung von technischen Problemen erfordert eine Kombination aus angemessener Schulung, technischer Unterstützung, flexibler Planung und der Auswahl robuster bzw. benutzerfreundlicher Plattformen. Es ist wichtig, dass Bildungseinrichtungen Ressourcen und Strategien bereitstellen, um diese Herausforderungen zu bewältigen und somit eine reibungslose digitale Lehreraufnahme zu gewährleisten [23].

Limitationen

Laut Hodges et al. sind die Grundprinzipien einer erfolgreichen medizinischen Lehre u. a. gekennzeichnet durch klare Struktur, Feedback-Möglichkeiten und Authentizität [29].

Die fehlende Feedback-Funktion in der VR-/Cardboard-Gruppe wurde bereits als Limitation der 3-D-Visualisierungsformate genannt. Für die Einhaltung der von Hodges postulierten Prinzipien müssen daher in Zukunft technische Alternativen evaluiert werden. Hierbei wurden bereits erste erfolgreiche Versuche mit einer Spracherkennungssoftware durchgeführt.

Die Methode ist durch die Notwendigkeit einer stabilen Internetverbindung eingeschränkt. Die Erfassung des Lernerfolgs hängt außerdem von den individuellen Kenntnissen des jeweiligen Studierenden ab. Die Identifizierung von anatomischen Landmarken bei der Durchführung einer Cochlea-implantation eignen sich insgesamt sehr gut für eine standardisierte Wissensstandserhebung. Allerdings handelt es sich hier nur sehr bedingt um Wissen, das von Medizinstudierenden erwartet werden kann. Auch wenn die Studierenden Grundzüge im Vorfeld durch die Vorlesungen oder das E-Learning-Programm übermittelt bekommen haben, ist dies hauptsächlich Wissen für die fachärztliche Weiterbildung und kann als limitierend für diese Studie angesehen werden. Die vorliegende Studie war jedoch eher im Sinne eines methodischen Ansatzes konzipiert.

Ausblick

Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass eine gute Akzeptanz und ein Lernerfolg in allen vorliegenden 3-D-Medien zu verzeichnen war. Der Einsatz neuartiger Technologien bedingt zudem eine erhöhte Arbeitsentlastung des Lehrpersonals. Allerdings ist es wichtig, sich vor Augen zu halten, dass der Einsatz neuer Technologien, speziell VR-Formate in der Lehre und Chirurgie, noch in der Entwicklungsphase sind und weitere Untersuchungen und Validierungen erforderlich sind, bevor diese neuartigen Technologien weit verbreitet eingesetzt werden können. Derzeit ist der Einsatz neuer Technologien im Rahmen

der studentischen Ausbildung noch kein integraler und flächendeckender Bestandteil im Medizinstudium, auch wenn er im Rahmen der curricularen Lehre an Bedeutung gewinnt [4]. Die Nutzung der neuen Technologien kommt bisher nur punktuell zum Einsatz. Sie hat jedoch das Potenzial, den klinischen Alltag und die chirurgische Praxis zu verbessern, indem sie Präzision, Planung, Lehre bzw. Ausbildung und Patientenbeteiligung fördert, da neue Technologien mobile, interaktive und personalisierte Formate darstellen, welche sich an das Lernverhalten der Studierenden anpassen können [4].

Fazit für die Praxis

- Der Einsatz von Virtual-Reality(VR)-Brillen und Cardboards ermöglicht gleichwertige reale Blicke in den Op.-Alltag.
- Die Ergebnisse zeigen eine große Akzeptanz und eine gesteigerte Motivation bei den Studierenden.
- 3-D-Visualisierungen bieten in der studentischen Ausbildung zahlreiche Vorteile und werden zunehmend als leistungstarkes Werkzeug eingesetzt.
- Interaktive digitale Lehrmethoden verbessern und unterstützen bestehende Lehrmethoden und sollten fester und integraler Bestandteil des regulären Lehrplans sein.
- Die vorhandenen technischen Möglichkeiten sind derzeit jedoch nicht geeignet, Präsenzlehre zu ersetzen.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Sara M. van Bonn
Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“, Universitätsmedizin Rostock
Doberaner Str. 137, 18057 Rostock, Deutschland
saramaria.vanbonn@med.uni-rostock.de

Funding. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. J.S. Grajek, S. Rettschlag, A. Schneider, S.P. Schraven, R. Mlynski und S.M. van Bonn geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Seemann RJ, Herbstreit S, Weber M, Erne F, Ansorg J, Back DA (2020) Potenzial der Digitalisierung in Aus-, Fort- und Weiterbildung in Orthopädie und Unfallchirurgie. *Unfallchirurg* 123(11):836–842. <https://doi.org/10.1007/s00113-020-00897-1>
2. Grillenberger A, Romeike R (2019) Vorstudie Hochschulübergreifende Konzepte zum Erwerb von 21st century skills am Beispiel von Data Literacy. Arbeitspapier Nr. 43. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2633091>
3. Ridsdale C, Rothwell J, Smit M, Bliemel M, Dean I, Daniel K et al (2015) Strategies and Best Practices for Data Literacy Education Knowledge Synthesis Report. SSHRC. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1922.5044>
4. Kuhn S, Huettl F, Deutsch K, Kirchgässner E, Huber T, Kneist W (2021) Chirurgische Ausbildung im digitalen Zeitalter – Virtual Reality, Augmented Reality und Robotik im Medizinstudium. *Zentralbl Chir* 146(1):37–43. <https://doi.org/10.1055/a-1265-7259>
5. Loda T, Erschens R, Junne F, Stengel A, Zipfel S, Herrmann-Werner A (2020) Undergraduate medical students' search for health information online: explanatory cross-sectional study. *JMIR Med Inform* 8(3):e16279. <https://doi.org/10.2196/16279>
6. Koopman P, Vervoorn JM (2012) Onderwijsinnovaties voor de digitale student. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 119(6):286–290. <https://doi.org/10.5177/ntvt.2012.06.12104>
7. van Bonn SM, Grajek JS, Schuldt T, Schraven SP, Schneider A, Rettschlag S et al (2022) Interaktive intraoperative Annotation chirurgischer Anatomie in der studentischen Ausbildung zur Unterstützung der Lerneffizienz und -motivation. *HNO* 70(8):609–617. <https://doi.org/10.1007/s00106-022-01187-5>
8. van Bonn SM, Grajek JS, Großmann W, Bernd HE, Rettschlag S, Mlynski R et al (2021) Elektronisches Lernen für Studenten in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde durch Nutzung des Content-Management-Systems ILIAS. *HNO* 69(8):642–649. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01008-1>

9. Weiss NM, Schneider A, Hempel JM, Uecker FC, van Bonn SM, Schraven SP et al (2021) Evaluating the didactic value of 3D visualization in otosurgery. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 278(4):1027–1033. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06171-9>
10. van Bonn SM, Grajek JS, Schneider A, Oberhoffner T, Mlynski R, Weiss NM (2022) Interactive live-stream surgery contributes to surgical education in the context of contact restrictions. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 279(6):2865–2871. <https://doi.org/10.1007/s00405-021-06994-0>
11. Wannemacher K, Tercanli H (2016) Digitale Lernszenarien im Hochschulbereich Im Auftrag der Themengruppe „Innovationen in Lern- und Prüfungsszenarien“ koordiniert vom CHE im Hochschulforum Digitalisierung Vorgelegt von HIS-Institut für Hochschulentwicklung (HIS-HE).
12. Maresky HS, Oikonomou A, Ali I, Dikofsky N, Pakkal M, Ballyk B (2019) Virtual reality and cardiac anatomy: exploring immersive three-dimensional cardiac imaging, a pilot study in undergraduate medical anatomy education. *Clin Anat* 32(2):238–243. <https://doi.org/10.1002/ca.23292>
13. Stepan K, Zeiger J, Hanchuk S, Del Signore A, Shrivastava R, Govindaraj S et al (2017) Immersive virtual reality as a teaching tool for neuroanatomy. *Int Forum Allergy Rhinol* 7(10):1006–1013. <https://doi.org/10.1002/alr.21986>
14. von Schnakenburg P, Heermann S, Kromeier J, Offergeld C (2023) Einsatz von Virtual Reality in der HNO-Lehre: eine Alternative zum konventionellen Anatomiemodell. *HNO* 71(2):106–113. <https://doi.org/10.1007/s00106-022-01252-z>
15. Dombrowski T, Dazert S, Volkenstein S (2019) Digitale Strategien in der Lehre. *Laryngorhinootologie* 98(S 01):S197–S219. <https://doi.org/10.1055/a-0803-0218>
16. Ishman SL, Stewart CM, Senser E, Stewart RW, Stanley J, Stierer KD et al (2015) Qualitative synthesis and systematic review of otolaryngology in undergraduate medical education. *Laryngoscope* 125(12):2695–2708. <https://doi.org/10.1002/lary.25350>
17. Boscoe EF, Cabrera-Muffly C (2017) Otolaryngology in the medical school curriculum: current trends in the United States. *Laryngoscope* 127(2):346–348. <https://doi.org/10.1002/lary.26099>
18. Campisi P, Asaria J, Brown D (2008) Undergraduate otolaryngology education in Canadian medical schools. *Laryngoscope* 118(11):1941–1950. <https://doi.org/10.1097/MLG.0b013e31818208e7>
19. Persike M, Friedrich, JD (2016) Lernen mit digitalen Medien aus Studierendenperspektive. Arbeitspapier Nr. 17. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung.
20. Lernzielkataloge NKLM / NKLZ | Medizinischer Fakultätentag. <https://medizinische-fakultaeten.de/themen/studium/nklm-nklz/>. Zugegriffen: 27. Aug. 2023
21. Bundesministerium für Bildung und Forschung Masterplan Medizinstudium 2020. <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/masterplan-medizinstudium-2020.html>. Zugegriffen: 27. Aug. 2023
22. Offergeld C, Neudert M, Emerich M, Schmidt T, Kuhn S, Giesler M (2020) Vermittlung digitaler Kompetenzen in der curricularen HNO-Lehre: abwartende Haltung oder vorausseilender Gehorsam? *HNO* 68(4):257–262. <https://doi.org/10.1007/s00106-019-00745-8>
23. Offergeld C, Ketterer M, Neudert M, Hassepaß F, Weerda N, Richter B et al (2021) „Ab morgen bitte online“: Vergleich digitaler Rahmenbedingungen

Multidimensional formats of surgical anatomy in otorhinolaryngology student teaching—a comparison of effectivity

Background: Technological change in healthcare and the digital transformation of teaching require innovations in student teaching in medicine. New technologies are needed to enable the delivery and use of diverse teaching and learning formats by educational institutions independent of time and place. The aim of this study is to analyze the effectiveness of different multidimensional formats in student teaching in surgical ENT medical anatomy.

Materials and methods: During the summer semester 2022 and winter semester 2022/2023, the digital teaching and learning program was expanded by testing different visualization formats (3D glasses, cardboards, or VR glasses) with students in the context of a highly standardized surgical procedure, namely cochlear implantation. A pre- and post-intervention knowledge assessment was carried out in all groups, followed by an evaluation.

Results: Of 183 students, 91 students fully participated in the study. The post-intervention knowledge assessment showed a significant increase in correct answers regardless of visualization format. In a direct comparison, the operating room (OR) group answered correctly significantly more often than the cardboard group ($p = 0.0424$). The majority of students would like to see 3D teaching as an integral part of the teaching program (87.9%) and more streaming of live surgeries (93.4%). They see the use of the various technologies as a very good addition to conventional surgical teaching (72.5%), as good visualization (89%) increases retention (74.7%) and motivation (81.3%).

Conclusion: Application and use of new visualization technologies in everyday clinical practice is a promising approach to expanding student training. Mobile, interactive, and personalized technical formats can be adapted to the learning behavior of students. Last but not least, the use of new media influences learning motivation. An expansion of digital teaching and learning formats can be expressly recommended on the basis of this study.

Keywords

Virtual reality · Computer simulation · Medical students · Digital health · Teaching

der curricularen Lehre an nationalen Universitäts-HNO-Kliniken in Zeiten von COVID-19 Digitale Lehre an nationalen Universitäts-HNO-Kliniken. *HNO* 69(3):213–220. <https://doi.org/10.1007/s00106-020-00939-5>

24. Boeker M, Klar R (2006) E-Learning in der ärztlichen Aus- und Weiterbildung. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 49(5):405–411. <https://doi.org/10.1007/s00103-006-1259-y>

25. Wirtschaft und Klimaschutz, BMWK – Bundesministerium für Digitalisierung in Deutschland – Lehren aus der Corona-Krise. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/gutachten-digitalisierung-in-deutschland.html>. Zugegriffen: 27. Aug. 2023

26. Berman NB, Durning SJ, Fischer MR, Huwendiek S, Triola MM (2016) The role for virtual patients in the future of medical education. *Acad Med* 91(9):1217–1222. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000001146>

27. Wang Z, He R, Chen K (2020) Thermal comfort and virtual reality headsets. *Appl Ergon* 85:103066. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103066>

28. Shabli S, Heuermann K, Leffers D, Kriesche F, Abams N, Yilmaz M et al (2019) Umfrage zum Bedarf einer e-Learning-Plattform für Ärzte in der HNO-Facharzt-Weiterbildung. *Laryngorhinootologie*

98(12):869–876. <https://doi.org/10.1055/a-1025-2024>

29. Hodges CB (2004) Designing to motivate: motivational techniques to incorporate in E-learning experiences. *J Interact Online Learn* 2(3). <https://www.ncolr.org/jiol/issues/pdf/2.3.1.pdf>

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

HNO 2022 · 70:609–617
<https://doi.org/10.1007/s00106-022-01187-5>
 Angenommen: 10. Mai 2022
 Online publiziert: 4. Juni 2022
 © Der/die Autor(en) 2022



Interaktive intraoperative Annotation chirurgischer Anatomie in der studentischen Ausbildung zur Unterstützung der Lerneffizienz und -motivation

Sara M. van Bonn¹ · Jan S. Grajek¹ · Tobias Schuldt¹ · Sebastian P. Schraven¹ · Armin Schneider² · Stefanie Rettschlag¹ · Tobias Oberhoffner¹ · Nora M. Weiss³ · Robert Mlynski¹

¹ Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“, Universitätsmedizin Rostock, Rostock, Deutschland

² Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Jade Hochschule, Wilhelmshaven, Deutschland

³ Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie, Head and Neck Surgery, St. Elisabeth Hospital, Ruhr University Bochum, Bochum, Deutschland

Zusammenfassung

Hintergrund: Durch die Entwicklung technologischer Innovationen haben sich nicht nur das gesellschaftliche Leben und das Gesundheitssystem verändert, sondern auch die Anforderungen an die Lehre. Ziel dieser Pilotstudie war es zu evaluieren, ob Studierende bei der Observation eines mikrochirurgischen Eingriffs am Schläfenbein mit Annotation chirurgischer Landmarken ein zusätzliches Verständnis anatomischer Strukturen erlangen, wenn eine Visualisierung verwendet wird, die für Chirurg und Betrachter gleiche 3-D-Ansichten bietet.

Material und Methoden: Während regulärer Anwesenheitspraktika wurden Studierende drei Gruppen randomisiert zugewiesen: Kontroll-, 2-D- oder 3-D-Gruppe. Mithilfe von Evaluationsbögen/intraoperativer Annotation chirurgischer Landmarken des Operationssitus erfolgte die Beurteilung des subjektiv didaktischen Werts verschiedener Visualisierungsformate und daraus resultierender Lernerfahrungen.

Ergebnisse: 47 Studierende konnten in die Studie einbezogen werden. Die Mehrheit der Studierenden gab einen sehr hohen Mehrwert der 3-D-Visualisierung bezüglich der Methode (70%) und der Anschaulichkeit (80%) im Vergleich zur 2-D- und Kontrollgruppe an. 69% der Studierenden stimmten der Aussage voll und ganz zu, dass die 2-D- und 3-D-Visualisierung die Lernmotivation erhöht und sehr gut geeignet ist, Topographie/und Strukturen besser zu erkennen.

Schlussfolgerung: Die Verwendung interaktiver Visualisierungsmöglichkeiten in der Lehre unterstützt die Lerneffizienz und -motivation der Studierenden. Besonders die 3-D-Visualisierung und die intraoperative Annotation des Operationssitus ist ein nützliches Werkzeug in der Lehre und erhöht die Qualität dieser. Sie unterstützt die Wahrnehmung der anatomischen Topographie und ermöglicht eine gezieltere chirurgische Ausbildung.

Schlüsselwörter

3-D-Visualisierung · Medizinische Ausbildung · Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde · Kommunikation · Live-Operation



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

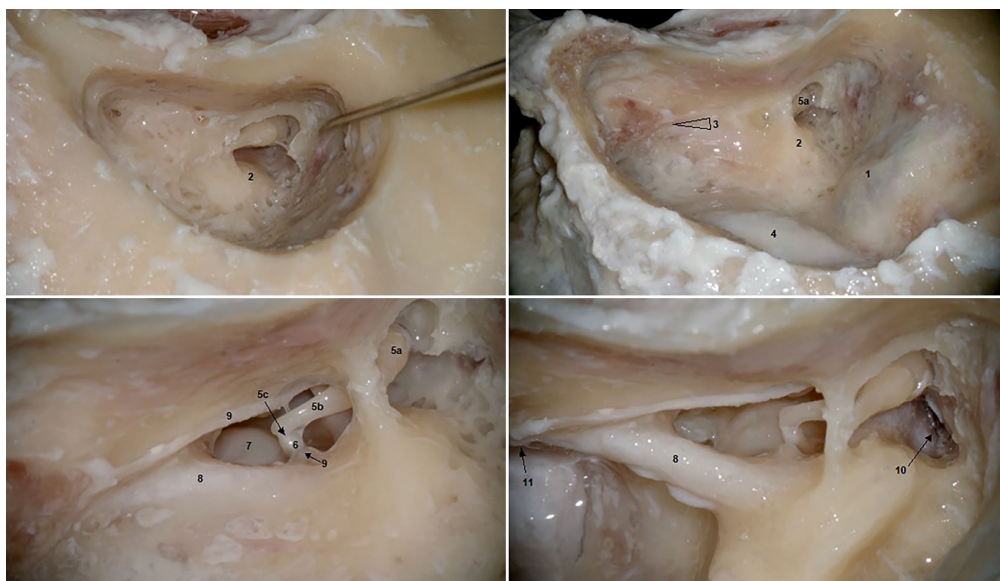


Abb. 1 ▲ Wissensstanderhebung nach Selbststudium für die Kontrollgruppe. (Mod. nach Mlynski et al. [37].) Richtige Antworten: 1 – Dura zur mittleren Schädelgrube, 2 – Horizontaler Bogengang, 3 – Chorda-Fazialis-Winkel, 4 – Sinus sigmoideus, 5a – Ambosskopf, 5b – Langer Ambossfortsatz, 5c – Processus lenticularis, 6 – Stapeskopf, 7 – Promontorium, 8 – N. Facialis, 9 – Chorda tympani, 10 – Ganglion geniculi, 11 – Foramen stylomastoideum

Die zunehmende Digitalisierung, speziell die Entwicklung technologischer Innovationen, hat nicht nur das gesellschaftliche Leben und das Gesundheitssystem verändert, sondern auch die Anforderungen an die Gestaltung der studentischen Lehre. Die Kategorisierung von digitalen Lehr- und Lernmedien erscheint im Kontext der Vielseitigkeit und Heterogenität des Angebots sehr komplex. Zwar ist der alltägliche Umgang mit digitalen Medien in der Freizeit allgegenwärtig und wird zur Informationsfindung und Kommunikation genutzt, für eine breite Verwendung in der Bildung fehlt jedoch die individuelle Erfahrung und ein kritisch-konstruktives Verhältnis [1].

Traditionell werden Anatomie und Operationsschritte in theoretischen Vorlesungen mit bzw. ohne Ergänzung durch verschiedene Medien vermittelt. Die Vermittlung chirurgischer Fähigkeiten und Kenntnisse durch Präparationsübungen am Körperspender oder Tiermodellen erfolgt, u.a. wegen der Kosten [2], typischerweise erst während der Facharzt-ausbildung oder noch später. Anwesenheitspraktika im Operationssaal dienen

Studierenden zur Beobachtung typischer chirurgischer Eingriffe. Allerdings stellen besonders mikroskopische und feinstruktur-chirurgische Eingriffe für das konzeptionelle Verständnis der 3-D-Anatomie für die Studierenden, aber auch für die Lehrenden, eine besondere Herausforderung dar, vor allem dann, wenn Chirurg und Studierende keine identische Ansicht des Operationssitus haben [3, 4]. Insbesondere am Schläfenbein ist das Verständnis der komplexen Anatomie wichtig für Befundung bzw. Therapieauswahl [2].

Eine 3-D-Visualisierung kann demzufolge die Ausbildung verbessern und in der Anatomie das Verständnis von räumlichen Gegebenheiten erleichtern [5–7]. Es hat sich gezeigt, dass Studierende im Anatomieunterricht, die zusätzlich zu konventionellen auch mit interaktiven 3-D-Unterrichtsmethoden arbeiteten, bessere Ergebnisse in Prüfungen erzielten, als Studenten, die nur konventionellen Unterricht erhielten [8]. 3-D-Modelle gewinnen in verschiedenen Disziplinen an Bedeutung: Zum einen können diese in der chirurgischen Ausbildung das anatomische Ver-

ständnis unterstützten bzw. verbessern, zum anderen kann durch den Einsatz virtueller Techniken aber auch die pandemie-bedingte fehlende praktische Ausbildung überbrückt werden [2, 5, 6, 9–12]. Zahlreiche Übersichtsarbeiten zeigten, dass die Verwendung von 3-D-Modellen in der Anatomieausbildung die Leistung der Studierenden verbessert und die kognitive Belastung der Studierenden reduziert [13]. Für die medizinische Fortbildung am Schläfenbein gibt es für Weiterbildungsassistenten virtuelle Übungsmöglichkeiten. Hierbei werden in vorgefertigten Trainingsfällen des Mittelohrs Patient und Instrumente hochauflösend modelliert und auf einem 3-D-Bildschirm visualisiert [2, 14]. Bisher gibt es jedoch nur wenige Untersuchungen zum Einsatz von interaktiver 3-D-Visualisierung in der Operationslehre und zum Einsatz solcher Visualisierung in der Ausbildung von Studierenden im Fachgebiet der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde [3, 8].

Ziel dieser Pilotstudie war es, zur ersten Evaluierung eines Lehrkonzepts festzustellen, ob die Studierenden bei Teil-

Tab. 1 Auflistung der zu erkennenden Strukturen innerhalb der verschiedenen Gruppen: Wissensstanderhebung (10 Strukturen) vs. Kontrollgruppe (11 Strukturen) vs. 2-D/3-D-Gruppe (14 Strukturen)

Wissensstanderhebung	Kontrollgruppe	2-D/3-D-Gruppe
1. Mastoidzellen	1. Dura zur mittleren Schädelgrube	1. Dura zur mittleren Schädelgrube
2. Trommelfell	2. Horizontaler Bogengang	2. Horizontaler Bogengang
3. Rundes Fenster	3. Chorda-Fazialis-Winkel	3. N. Facialis (tymp. Verlauf)
4. Stapes	4. Sinus sigmoideus	4. N. Facialis (mast. Verlauf)
5. Sinus sigmoideus	5. a) Ambosskopf b) Langer Ambossfortsatz c) Processus lenticularis	5. Processus lenticularis
6. Horizontaler Bogengang	6. Stapeskopf	6. Promontorium
7. Posteriorer Bogengang	7. Promontorium	7. Stapeskopf
8. Amboss	8. N. Facialis	8. Sinus sigmoideus
9. N. facialis	9. Chorda tympani	9. Eminentia pyramidalis
10. Hammer	10. Ganglion geniculi	10. Amboss
	11. Foramen stylomastoideum	11. Chorda tympani
		12. Ganglion geniculi
		13. Hammer
		14. Äußeres Fazialisknie

Tab. 2 Evaluationsbogen nach Teilnahme an der Live-Operation bzw. nach Beendigung der Selbstlerneinheit

	Evaluationsbogen
1	Ich kann mit Fakten besser merken, in dem ich sie am Präparat gezeigt bekomme
2	Ich finde es hilfreich, wenn ich zu den gezeigten Bildern eine Erklärung bekomme
3	Mit der eingesetzten Lernmethode kann ich mir Fakten gut merken
4	Ich würde die eingesetzte Lernmethode gerne häufiger nutzen
5	Die eingesetzte Lernmethode motiviert mich und macht Spaß
6	Das Lernziel mit der eingesetzten Lernmethode ist klar definiert
7	Wie bewerten Sie die angewandte Lernmethode insgesamt?
8	Wie bewerten Sie die Anschaulichkeit der angewandten Lernmethode?
9	Wie bewerten Sie Ihren Lernzuwachs durch die angewandte Methode?

nahme an einem mikrochirurgischen Eingriff am Schläfenbein ein zusätzliches Verständnis der anatomischen Strukturen und des chirurgischen Situs erlangen, wenn eine Visualisierung verwendet wird, die für Chirurg und Betrachter identische 3-D-Ansichten bietet, sowie ob eine direkte Annotation des Operationssitus durch die Studierenden möglich ist. Zudem sollte orientierend geprüft werden, ob der Lernerfolg bei Verwendung drei verschiedener didaktischer Prozesse messbar ist und die subjektive Lernmotivation im Vergleich zur herkömmlichen Lehre durch Selbststudium steigt.

Methodik

Die vorliegenden Daten wurden von Studierenden im fünften bis zehnten Semester Humanmedizin erhoben. Während regulärer Anwesenheitspraktika wurden die Studierenden, ohne vorherige Ankündigung, zufällig drei verschiedenen Gruppen zugewiesen: Selbststudium (Kontrollgruppe), 2-D-Gruppe oder 3-D-Gruppe.

Zur Ermittlung des Wissensstands mussten alle Studierenden zehn vorgekennzeichnete anatomische Strukturen im Schläfenbein zu benennen (Tab. 1, Spalte 1; [15]). Im Anschluss wurde Informationsmaterial verteilt, bestehend aus einem Operationsbericht über eine

Cochleaimplantation und dazugehöriges Bildmaterial [15, 16]. Nach Sichtung des Materials (30 min) erfolgte für die Kontrollgruppe nach Selbsterleinerheit die Wissensüberprüfung durch Benennung von elf Strukturen an ausgedruckten intraoperativen Bildern (Tab. 1, Spalte 2; Abb. 1).

Die 2-D- und 3-D-Gruppen verfolgten währenddessen eine mikrochirurgische Operation im Operationssaal. Als Modelloperation wurde die Cochleaimplantation gewählt. Die Operation ist hochgradig standardisiert. Die Präparation erfolgt entlang statischer chirurgisch-anatomischer Landmarken. Die betroffenen Patient*innen haben in der Regel ein anatomisch-topographisch gesundes Schläfenbein, weshalb die Operation für die Überprüfung des Lernzuwachses bei anatomischen Bezugspunkten besonders geeignet erscheint. Innerhalb des Saals wurde die Operation mit einem voll digitalen Operationsmikroskop (Ariscope Evo2 ENT, Fa. MSI, München, Deutschland) mit der Fähigkeit, ein 2-D- und ein 3-D-Bild zu übertragen, demonstriert. Der Bildausschnitt, die Größe und das Operationsfeld waren für Operateur und Beobachter identisch. Die Live-Bilder wurden den Studierenden auf 65-Zoll-3-D-Displays (LG 65EF9509, Fa. LG Electronics, Seoul, Republik Korea) präsentiert. Die zwei Displays waren so positioniert, dass alle Studierenden einen direkten Blick auf die Bildschirme hatten, ohne dass es zu Blickwinkelverzerrungen kam. Alle teilnehmenden Studierenden beobachteten die chirurgischen Eingriffe entweder in 4K-Qualität in 2-D-Ansicht (2-D-Gruppe) oder in 3-D-Ansicht (3-D-Gruppe) mit passiven, polarisierten 3-D-Brillen (Fa. Schleiter & Jauernig, Hamburg, Deutschland) in audiovisueller Echtzeit. Durch eine Touchscreen-Bedienoberfläche am Operationsmikroskop wurde das Betrachten und das grafische Annotieren auf dem Operationsfeld durch die Studierenden zur Markierung anatomischer Strukturen, ermöglicht („assist mode“). Alle Studierenden mussten zehn Strukturen aus dem Operationsfeld benennen (Tab. 1, Spalte 3) und diese kennzeichnen (Abb. 2). Die angezeichneten Strukturen wurden im digitalen Binokular direkt vor den Augen des Chirurgen sichtbar.

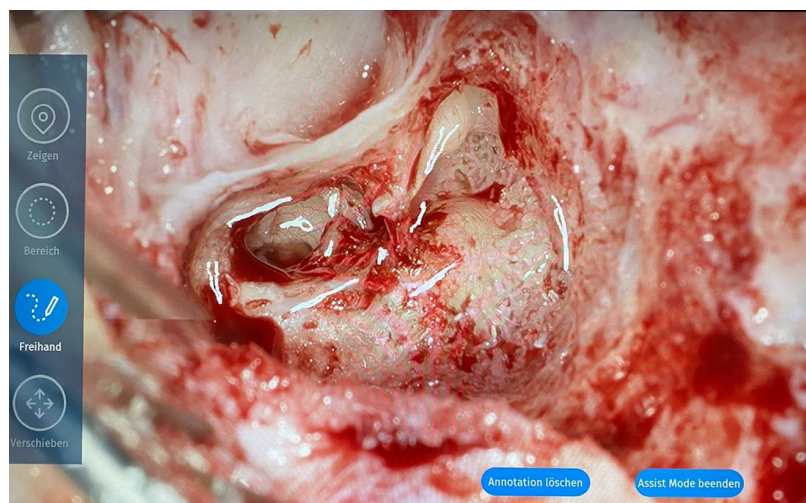


Abb. 2 ◀ Darstellungsbildschirm des durch die Studierenden eingezeichneten anatomischen Strukturen (weiß) im Assistantenmodus des voll digitalen Operationsmikroskops während der Operation

Dieser konnte, ohne sich vom Binokular abwenden zu müssen, eine Aussage über richtig und falsch markierte anatomische Strukturen tätigen. Vor der Operation gaben die Patienten eine schriftliche Einverständniserklärung für die anonymisierte Übertragung der chirurgischen Bildgebung zu Lehrzwecken ab.

Nach Ende der Selbstlerneinheit sowie nach Abschluss der Live-Operation füllten die Studierenden einen Bewertungsfragebogen aus, um den subjektiven Wert der unterschiedlichen Visualisierungsmethoden zu evaluieren. Die ersten acht Fragen waren auf einer 5-Punkte-Likert-Skala zu beantworten (volle Zustimmung = 1 Punkt; Zustimmung = 2 Punkte; unentschieden = 3 Punkte; eher keine Zustimmung = 4 Punkte; keine Zustimmung = 5 Punkte; keine Antwort möglich = 6 Punkte), und drei Aussagen waren mit einer Ratingskala und Abstufungen von sehr gut bis mangelhaft zu bewerten. Die Fragen der Evaluationsbögen sind in **Tab. 2** zu entnehmen. Die Ergebnisse der Auswertung wurden mit der Software Prism (Version 8, Fa. GraphPad Software, La Jolla, CA, USA) deskriptiv ausgewertet. Es wurden die Normalverteilung geprüft, Mittelwerte (M) sowie Standardabweichungen (SD) berechnet und Prozentsätze ermittelt.

Ergebnisse

Insgesamt nahmen 47 Studierende an der Pilotstudie teil, und 45 füllten die Evaluationsbögen aus. Die jeweiligen Antworten sind in **Abb. 3** und **4** zu entnehmen. Alle Studierenden füllten zudem eine Wissensstan- derhebung aus. Nach Aufteilung der Studierenden führten 31 das Selbststudium durch und füllten im Anschluss die Wissensüberprüfung aus. Im Operationsaal nahmen 6 Studierende in 2-D und 10 Studierende in 3-D an einer Cochleaimplantation teil.

Demonstration des Präparats

In der Kontrollgruppe stimmten der Aussage, dass Fakten einprägsamer sind, wenn sie am Präparat gezeigt werden, zwanzig Studierende (68,97 %) voll und ganz zu, sieben Studierende (24,14 %) stimmten zu und ein Studierender (3,45 %) war unentschieden. In der 2-D-Gruppe stimmten der Aussage fünf Studierende (83,3 %) voll und ganz zu, und ein Studierender (16,67 %) stimmte zu. In der 3-D-Gruppe stimmten der Aussage neun Studierende (90 %) voll und ganz zu, und ein Studierender (10 %) stimmte zu.

Erklärung der Bilder

In der Kontrollgruppe stimmten der Aussage, dass es hilfreich ist, wenn man zu gezeigten anatomischen Bildern eine Erklärung bekommt, neunzehn Studierende (65,52 %) voll und ganz zu, und acht (27,58 %) stimmten zu. In der 2-D-Gruppe stimmten der Aussage sechs Studierende (100 %) voll und ganz zu. In der 3-D-Gruppe stimmten der Aussage zehn Studierende (100 %) voll und ganz zu.

Einprägsamkeit von Fakten

In der Kontrollgruppe stimmten der Aussage, dass durch die eingesetzte Lernmethode Fakten einprägsamer sind acht Studierende (27,57 %) zu, elf Studierende (37,93 %) waren unentschieden, sieben Studierende (24,14 %) stimmten eher nicht zu, und drei Studierende (10,24 %) konnten diese Aussage nicht beurteilen. In der 2-D-Gruppe stimmten der Aussage drei Studierende (30 %) voll und ganz zu, und drei Studierende (30 %) stimmten zu. In der 3-D-Gruppe stimmten der Aussage vier Studierende (40 %) voll und ganz zu, und sechs Studierende (60 %) stimmten zu.

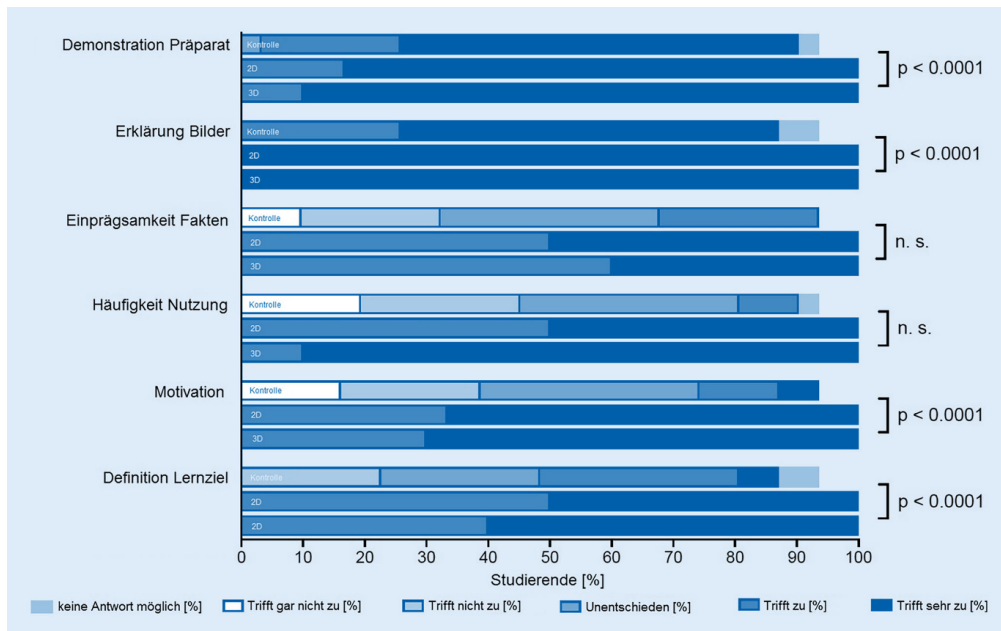


Abb. 3 ▲ Bewertung der Aussagen 1 bis 6 anhand einer 5-Punkte-Likert-Skala (trifft sehr zu = 1 Punkt; trifft zu = 2 Punkte; unentschieden = 3 Punkte; trifft nicht zu = 4 Punkte; trifft gar nicht zu = 5 Punkte, nicht beurteilbar = 6 Punkte)

Häufigkeit der Nutzung

In der Kontrollgruppe stimmten der Aussage, dass die eingesetzte Lernmethode häufiger genutzt werden möchte, drei Studierende (10,24 %) zu, elf Studierende (37,93 %) waren unentschieden, acht Studierende (27,57 %) stimmten eher nicht zu, und sechs Studierende (20,69 %) konnten diese Aussage nicht beurteilen. In der 2-D-Gruppe stimmten der Aussage drei Studierende (30 %) voll und ganz zu, und drei Studierende (30 %) stimmten zu. In der 3-D-Gruppe stimmten der Aussage neun Studierende (90 %) voll und ganz zu, und ein Studierender (10 %) stimmte zu.

Motivation

In der Kontrollgruppe stimmten der Aussage, dass die eingesetzte Lernmethode motivierend sei, fünf Studierende (17,24 %) voll und ganz zu, vier Studierende (13,79 %) stimmten zu, elf Studierende (37,93 %) waren unentschieden, sieben Studierende

(24,14 %) stimmten eher nicht zu, und fünf Studierende (17,24 %) konnten diese Aussage nicht beurteilen. In der 2-D-Gruppe stimmten der Aussage 4 Studierende (66,67 %) voll und ganz zu, und zwei Studierende (33,33 %) stimmten zu. In der 3-D-Gruppe stimmten der Aussage sieben Studierende (70 %) voll und ganz zu, und drei Studierende (30 %) stimmten zu.

Definition des Lernziels

In der Kontrollgruppe stimmten der Aussage, dass das Lernziel mit der eingesetzten Lernmethode klar definiert sei, zwei Studierende (6,89 %) voll und ganz zu, zehn Studierende (34,48 %) stimmten zu, acht Studierende (27,58 %) waren unentschieden, sieben Studierende (24,14 %) stimmten eher nicht zu, und zwei Studierende (6,89 %) konnten diese Aussage nicht beurteilen. In der 2-D-Gruppe stimmten der Aussage drei Studierende (30 %) voll und ganz zu, und 3 Studierende (30 %) stimmten zu. In der 3-D-Gruppe stimmten der Aussage sechs Studierende (60 %) voll

und ganz zu, und vier Studierende (40 %) stimmten zu.

Lernmethode

Die angewandte Methode insgesamt bewerteten in der Kontrollgruppe drei Studierende (10,34 %) Studierende mit gut, vierzehn Studierende (48,28 %) mit befriedigend, sieben Studierende (24,14 %) mit ausreichend, vier Studierende (13,79 %) mit mangelhaft und ein Studierender (3,44 %) mit ungenügend, in der 2-D-Gruppe zwei Studierende (34 %) mit sehr gut, vier Studierende (67 %) mit gut und in der 3-D-Gruppe sieben Studierende (70 %) mit sehr gut, drei Studierende (30 %) mit gut.

Anschaulichkeit

Die Anschaulichkeit der angewandten Methode bewerteten in der Kontrollgruppe zwei Studierende (6,9 %) Studierende mit gut, dreizehn Studierende (44,83 %) mit befriedigend, sieben Studierende

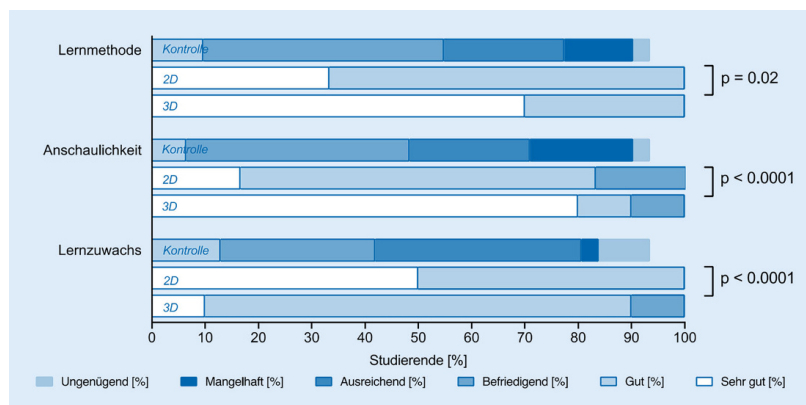


Abb. 4 ◀ Bewertung der Lernmethode, Anschaulichkeit und des Lernzuwachses anhand einer Ratingskala mit Abstufungen von sehr gut bis ungenügend

(24,14%) mit ausreichend, sechs Studierende (13,79%) mit mangelhaft und ein Studierender (3,44%) mit ungenügend, in der 2-D-Gruppe ein Studierender (17%) mit sehr gut, vier Studierende (67%) mit gut, ein Studierender (17%) mit befriedigend und in der 3-D-Gruppe acht Studierende (80%) mit sehr gut, ein Studierender (10%) mit gut und ein Studierender (10%) mit befriedigend.

Lernzuwachs

Den Lernzuwachs durch die angewandte Methode bewerteten in der Kontrollgruppe vier Studierende (13,79%) Studierende mit gut, neun Studierende (31%) mit befriedigend, zwölf Studierende (41,38%) mit ausreichend, ein Studierender (3,45%) mit mangelhaft und drei Studierende (10,34%) mit ungenügend, in der 2-D-Gruppe drei Studierende (50%) mit sehr gut, drei Studierende (50%) mit gut und in der 3-D-Gruppe ein Studierender (10%) mit sehr gut, acht Studierende (80%) mit gut und ein Studierender (10%) mit befriedigend.

Im Vergleich der drei Gruppen zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und der 2-D- sowie 3-D-Gruppe bei den Fragen 1 ($p < 0,0001$), 2 ($p < 0,0001$), 5 ($p < 0,0001$), 6 ($p < 0,0001$), 7 ($p < 0,0001$) und bei den Aussagen 8 ($p = 0,02$), 9 ($p < 0,0001$), und 10 ($p < 0,0001$; **Abb. 3 und 4**).

Wissensstanderhebung vs. Lernerfolgskontrolle

In der Kontrollgruppe haben die Studierenden in der Wissensstanderhebung 180 (58%) richtige und 130 (42%) falsche Antworten gegeben. In der Lernerfolgskontrolle waren 221 (51%) Antworten richtig und 213 (49%) falsch. In der 2-D-Gruppe haben die Studierenden in der Wissensstanderhebung 48 (80%) richtige und 12 (20%) falsche Antworten gegeben. In der Kontrolle am Arriscope wurden 36 (69%) Strukturen richtig und 25 (31%) falsch eingezeichnet. In der 3-D-Gruppe haben die Studierenden in der Wissensstanderhebung 70 (70%) richtige und 30 (30%) falsche Antworten gegeben. In der Kontrolle am Arriscope wurden 47 (47%) Strukturen richtig und 53 (53%) falsch eingezeichnet.

Diskussion

Durch eine zunehmende Digitalisierung hat sich nicht nur das gesellschaftliche Leben, sondern auch die Anforderungen an eine moderne Gesundheitsversorgung und Revolutionierung der Lehre verändert. Innerhalb der letzten Jahre haben neue technologische Innovationen zunehmend die Medizin und Lehre erreicht und somit ebenso die Anforderungen an der Durchführung neuartiger Lehrmethoden verändert [17]. Die konventionelle Wissensaneignung mit Lehrbuch und bibliothekarischem Lernen scheint veraltet. Moderne Lehrformate haben den Anspruch, traditio-

nellen Lehrmethoden überlegen zu sein. Beispielsweise wird durch die Digitalisierung in der Lehre nachweislich die Lernmotivation gesteigert [18, 19]. Bei der Erprobung neuer Lehrmethoden ist neben objektiven Verfahren auch der subjektive Nutzen von großer Bedeutung, da besonders die individuelle Wahrnehmung des Lernens durch die Studierenden als ein Hauptindikator für den Lernerfolg angesehen wird [3, 20, 21]. Das Fachgebiet der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde ist breit gefächert und aufgrund hervorragender Visualisierungsmöglichkeiten besonders gut für die Entwicklung neuer Bildungsressourcen geeignet [22, 23]. Studierende zeigen insgesamt ein hohes Interesse an der Modernisierung und Digitalisierung in der HNO-Ausbildung [23].

Für das konzeptionelle Verständnis der Anatomie ist das Erlernen von 3-D-Beziehungen im Operationsfeld, der Orientierung zwischen Mikrostrukturen und individuellen chirurgischen Proportionen von großer Bedeutung [24, 25]. Studien haben gezeigt, dass digitale 3-D-Modelle eine wertvolle Ergänzung zu bestehenden Lehrmethoden, insbesondere für komplizierte mikrochirurgische Strukturen, sein können [7, 26, 27]. Die Mikrochirurgie des Schläfenbeins setzt ein präzises Arbeiten sowie ein detailliertes anatomisches Wissen zwingend voraus.

Die meisten mikrochirurgischen Eingriffe werden mit konventionellen optischen Operationsmikroskopen durchgeführt, die eine stereoskopische Sicht mit binokularem Sehen für den Operateur durch das

Mikroskop ermöglichen. Die Übertragung der Operation für die Studierenden erfolgt durch einen zusätzlichen Strahlenteiler, entweder monokular oder an eine Kamera gekoppelt, um auf einem separaten Bildschirm die Operation binokular verfolgen zu können. Das binokulare Sehen ist dem monokularen überlegen. Studien zeigen, dass bei Probanden, denen zudem die Möglichkeit der Stereovision fehlt, das binokulare nichtstereoskopische Sehen beim Erlernen chirurgischer Fertigkeiten von Vorteil ist [28]. Für die Studierenden ist es einfacher, die Operationsschritte und Kommentare des Operators nachvollziehen zu können, wenn sie die gleiche Sicht wie der Chirurg auf das Operationsgebiet haben. Die Verbesserung der chirurgischen Visualisierung stellt einen hohen Mehrwert für die Qualität der Lehre dar [3, 7].

80 % der Studierenden bewerteten die Überlegenheit der 3-D-Visualisierung gegenüber der 2-D-Visualisierung hinsichtlich der Wahrnehmung anatomischer Topographie und Strukturen und 70 % der Studierenden die 3-D-Lernmethode mit sehr gut. Auch gaben die Studierenden eine subjektiv gesteigerte Einprägsamkeit gezeigter Strukturen und Lernmotivation an. Für einen messbaren Vorteil im Lernzuwachs für die Benennung anatomischer Landmarken trifft dies allerdings nicht zu. Hinsichtlich der Wissensstanderhebung und Lernkontrolle/Benennung chirurgisch-anatomischer Landmarken im Assistentenmodus zeigten sich unterschiedliche, teils stark variierende und nicht vergleichbare Ergebnisse. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Studierenden verschiedenen Semestern zugehörig waren, sie einen unterschiedlichen Kenntnisstand hatten und die Stichprobengrößen für die Komplexität der Anatomie möglicherweise zu klein sind. Zur Messung des Lernzuwachses in Abhängigkeit von der Methode sind die Testgruppen bezüglich ihres Kenntnisstands vor der Testung bei zukünftigen Studien zu nivellieren. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass der Lernzuwachs bei den Studierenden unterschiedlich und stark von verschiedenen Faktoren (Vorkenntnisse, Eigenmotivation) abhängig ist. Praktische Fertigkeiten für angehende Otorhino-Laryngologen werden nicht vermittelt. Psychomotori-

sche Lernstrukturen sind abhängig von der Anzahl der praktizierten Repetitionen, wie Untersuchungen zu Fertigkeiten bei der HNO-Spiegeluntersuchung zeigen [29]. Als „Outcome-Parameter“ zur Evaluation einer solchen Lehrmethode kann der Lernzuwachs für praktische Fertigkeiten nur bedingt herangezogen werden.

Die Evaluation zeigte richtungsweisend, dass die verwendeten Visualisierungsmöglichkeiten das Interesse der Studierenden steigerten und somit zu einem subjektiv bedeutenden Nutzen und langfristig zu einer Motivationssteigerung führt [18, 20, 30]. Zudem zeigen die Ergebnisse, dass der gefühlte Lernzuwachs für die Studierenden wesentlich höher ist, wenn die gezeigte Operation in persönlicher Interaktion mit dem Operateur und Erklärungen am Bildschirm in hoher Bilddarstellungsqualität erfolgt. Im Vergleich zum Selbststudium zeigten sich die Studierenden der 2-D- und 3-D-Gruppe deutlich zufriedener und damit auch motivierter. Der Zuwachs an didaktischer Qualität ist signifikant höher bei dieser Form der Lehre. Zwischen den beiden interaktiven Gruppen 2-D/3-D lässt sich mit der verwendeten Evaluation kein signifikanter Unterschied in den Ergebnissen der subjektiven Qualität der Lehrmethode nachweisen. Die Vorteile der Verwendung hochauflösender Echtzeit-Bilddarstellung gegenüber papierbasierter Lehre von Operationsverfahren ist möglicherweise derart groß, dass sie viel leichter messbar sind gegenüber den didaktischen Unterschieden der 2-D- und 3-D-Darstellung. Für den Nachweis des didaktischen Vorteils von 3-D- gegenüber 2-D-basierter visueller Lehre sind speziellere Testdesigns für die verblindete Testung und/oder der direkte Vergleich der Visualisierung für die Testpersonen wahrscheinlich geeigneter. Eine weitere Limitation dieser Pilotstudie ist die geringe Anzahl an teilnehmenden Studierenden, besonders bezüglich der 2-D- und 3-D-Gruppen, die in die Untersuchung eingeschlossen werden konnten. Dies ist bedingt durch die Einschränkungen des Präsenzunterrichts und die Reduktion des elektiven Operationsprogramms aufgrund der COVID-19-Pandemie. Um diesen Limitationen zu entgegen, soll in einem nächsten Schritt die Etablierung des multimodalen Lehr-

konzepts der 3-D-Visualisierung anhand einer größeren Gruppe von Studierenden eines gesamten Semesters verglichen werden.

Vor dem Hintergrund der durch die COVID-19-Pandemie resultierenden Einschränkungen des Präsenzunterrichts zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass die Studierenden auch mit privaten Endgeräten von zu Hause aus in 2-D-Ansicht an einer Operation teilnehmen könnten. Neben innovativen Lehrformaten, erzwungen durch Kontaktbeschränkungen, lässt sich schlussfolgern, den technischen Vorteil für zentrale Lehrformate zu nutzen [31–34]. Strukturschwache Länder könnten von der zentralen Ausstrahlung audiovisueller Inhalte mit direkter Interaktion für die Studierenden besonders profitieren [35]. Beispielsweise können seltene oder zentralisierte Operationsverfahren sowie Behandlungen aus Schwerpunkt-kliniken für die Ausbildung transparent gemacht werden. Da sich sowohl für die 2-D- als auch die 3-D-Visualisierung ein positiver Effekt zeigte, gilt es sicherzustellen, dass diese visuellen interaktiven Technologien integraler und zugänglicher Bestandteil regulärer Lehrmethoden werden. Die technische Ausstattung der auszubildenden Klinika und Universitäten ist entsprechend anzupassen. Sie stellt eine effiziente Methode dar, die das umfangreiche Selbststudium unterstützt [19, 36].

Fazit für die Praxis

- Interaktive digitale Modelle und unterschiedliche Visualisierungsmöglichkeiten verbessern und unterstützen bestehende Lehrmethoden.
- Die Resultate zeigen eine große Akzeptanz bei den Studierenden.
- Durch neuartige Visualisierungsmöglichkeiten wird das Interesse der Studierenden gesteigert und führt zu einem subjektiv starken Nutzen und somit langfristig auch zu einer Motivationssteigerung.
- Visuelle interaktive Technologien sollten ein integraler Bestandteil des regulären Lehrplans sein.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Sara M. van Bonn

Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie „Otto Körner“, Universitätsmedizin Rostock
Doberaner Str. 137–139, 18057 Rostock, Deutschland
SaraMaria.vanBonn@med.uni-rostock.de

Funding. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. S.M. van Bonn, J.S. Grajek, T. Scholdt, S.P. Schraven, A. Schneider, S. Rettschlag, T. Oberhoffner und N.M. Weiss geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht. R. Mlynski ist Mitglied des Clinical Advisory Boards bei Munich Surgical Imaging.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Conole G, Dillon T, Polar Consultancy JD (2006) An in-depth case study of students' experiences of e-learning—how is learning changing. The 23rd Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education, Sydney
- Fischer H-G, Zehlick T, Gey A, Rahne T, Plontke SK (2021) Multimodales Weiterbildungskonzept Schläfenbeinchirurgie. HNO 69:545–555. <https://doi.org/10.1007/s00106-020-00924-y>
- Weiss NM, Schneider A, Hempel JM, Uecker FC, van Bonn SM, Schraven SP et al (2021) Evaluating the didactic value of 3D visualization in otosurgery. Eur Arch Otorhinolaryngol 278:1027–1033. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06171-9>
- Krahe AM, Ketterer MC, Offergeld C, Hildenbrand T (2022) Evaluation eines strukturierten E-Learning-basierten Ansatzes zur Vermittlung der CT-Anatomie der Nasennebenhöhlen bei Medizinstudierenden. HNO. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01141-x>
- Chhaya N, Helmy O, Piri N, Palacio A, Schaal S (2018) Comparison of 2D and 3D video displays for teaching vitreoretinal surgery. Retina 38:1556–1561. <https://doi.org/10.1097/IAE.0000000000001743>
- de Boer IR, Wesselink PR, Vervorm JM (2016) Student performance and appreciation using 3D vs. 2D vision in a virtual learning environment. Eur J Dent Educ 20:142–147. <https://doi.org/10.1111/eje.12152>
- Daubenfeld T, Kromeier J, Heermann S, Hildenbrand T, Giesler M, Offergeld C (2020) Tradition vs. Moderne: Möglichkeiten und Limitationen eines neuen Vorlesungskonzepts in der curricularen HNO-Lehre. HNO 68:263–271. <https://doi.org/10.1007/s00106-020-00834-z> ([Traditional vs. modern: possibilities and limitations of the new lecture concept in ENT teaching curricula])
- Tarpada SP, Hsueh WD, Gibber MJ (2017) Resident and student education in otolaryngology: a 10-year update on e-learning. Laryngoscope 127:E219–E224. <https://doi.org/10.1002/lary.26320>
- Wijnen-Meijer M, Gartmeier M, Berberat PO (2020) Übersicht über die Forschung im Bereich der medizinischen Ausbildung. HNO 68:231–237. <https://doi.org/10.1007/s00106-019-00790-3>
- Chou P-Y, Hallac RR, Shih E, Trieu J, Penumatcha A, Das P et al (2018) 3D-printed models of cleft lip and palate for surgical training and patient education. Cleft Palate Craniofac J 55:323–327. <https://doi.org/10.1177/1055665617738998>
- Kleinert R, Wahba R, Chang D-H, Plum P, Hölcher AH, Stippel DL (2015) 3D immersive patient simulators and their impact on learning success: a thematic review. J Med Internet Res 17:e91. <https://doi.org/10.2196/jmir.3492>
- Speck I, Hagge D, Knopf A, Arndt S, Offergeld C (2021) Erstellung einer virtuellen HNO-Ambulanz in der Lehre während der COVID-19 Pandemie. Laryngorhinootologie. <https://doi.org/10.1055/a-1714-8947>
- Pani JR, Chariker JH, Naaz F (2013) Computer-based learning: interleaving whole and sectional representation of neuroanatomy. Anat Sci Educ 6:11–18. <https://doi.org/10.1002/ase.1297>
- Kuppersmith RB, Johnston R, Moreau D, Loftin RB, Jenkins H (1997) Building a virtual reality temporal bone dissection simulator. Stud Health Technol Inform 39:180–186. <https://doi.org/10.3233/978-1-60750-883-0-180>
- Hildmann H, Sudhoff H, Dazert S, Hagen R (2011) Manual of temporal bone exercises. Springer, Berlin, Heidelberg
- Nelson R (1982) Temporal bone surgical dissection manual. House Ear Institute, Los Angeles
- Offergeld C, Neudert M, Emerich M, Schmidt T, Kuhn S, Giesler M (2020) Vermittlung digitaler Kompetenzen in der curricularen HNO-Lehre: abwartende Haltung oder vorausseilender Gehorsam? HNO 68:257–262. <https://doi.org/10.1007/s00106-019-00745-8>
- van Bonn SM, Grajek JS, Großmann W, Bernd HE, Rettschlag S, Mlynski R, Weiss NM (2021) Elektronisches Lernen für Studenten in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde durch Nutzung des Content-Management-Systems ILIAS. HNO. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01008-1> ([Electronic learning for otorhinolaryngology students using the content management system ILIAS])
- van Bonn SM, Grajek JS, Schneider A, Oberhoffner T, Mlynski R, Weiss NM (2021) Interactive live-stream surgery contributes to surgical education in the context of contact restrictions. Eur Arch Otorhinolaryngol. <https://doi.org/10.1007/s00405-021-06994-0>
- Shabli S, Heuermann K, Leffers D, Kriesche F, Abrams N, Yilmaz M et al (2019) Umfrage zum Bedarf einer e-Learning-Plattform für Ärzte in der HNO-Facharzt-Weiterbildung. Laryngorhinootologie 98:869–876. <https://doi.org/10.1055/a-1025-2024> ([Survey on the need for an e-learning platform for ENT residents])
- Nibourg LM, Wanders W, Cornelissen FW, Koopmans SA (2015) Influence of stereoscopic vision on task performance with an operating microscope. J Cataract Refract Surg 41:1919–1925. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.12.066>
- von Sass PF, Scheckenbach K, Wagenmann M, Klenzner T, Schipper J, Chaker A (2015) Taking a fresh look at the skull base in otorhinolaryngology with web-based simulation: Student's Interactive Skull-Base Trainer (SISter). JAMA Otolaryngol Head Neck Surg 141:154–159. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2014.3041>
- von Saß PF, Klenzner T, Scheckenbach K, Chaker A (2017) E-learning in ENT: usage in university medical centers in Germany. Laryngorhinootologie. <https://doi.org/10.1055/s-0042-117640>
- Barber SR, Kozin ED, Naunheim MR, Sethi R, Remenschneider AK, Deschler DG (2018) 3D-printed tracheoesophageal puncture and prosthesis placement simulator. Am J Otolaryngol 39:37–40. <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2017.08.001>
- Wainman B, Aggarwal A, Birk SK, Gill JS, Hass KS, Fenesi B (2020) Virtual dissection: an interactive anatomy learning tool. Anat Sci Educ. <https://doi.org/10.1002/ase.2035>
- Chariker JH, Naaz F, Pani JR (2012) Item difficulty in the evaluation of computer-based instruction: an example from neuroanatomy. Anat Sci Educ 5:63–75. <https://doi.org/10.1002/ase.1260>
- Erolin C (2019) Interactive 3D digital models for anatomy and medical education. Adv Exp Med Biol 1138:1–16. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14227-8_1
- van Mierlo CM, Brenner E, Smeets JBJ (2011) Better performance with two eyes than with one in stereo-blind subjects' judgments of motion in depth. Vision Res 51:1249–1253. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.03.015>
- Polk M-L, Lailach S, Kemper M, Bendas A, Zahnert T, Neudert M (2020) Lernkurve der HNO-Spiegeluntersuchung. HNO 68:238–247. <https://doi.org/10.1007/s00106-020-00829-w>
- Pintrich PR (1999) The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. Int J Educ Res 31:459–470. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00015-4](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00015-4)
- Stöver T, Dazert S, Plontke SK, Kramer S, Ambrosch P, Arens C et al (2021) Auswirkungen der SARS-CoV-2-Pandemie auf die universitäre Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde im Bereich der Forschung, Lehre und Weiterbildung. HNO 69:633–641. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01001-8> ([Effects of the SARS-CoV-2 pandemic on the otolaryngology university hospitals in the field of research, student teaching and specialist training])
- Ahmed H, Allaf M, Elghazaly H (2020) COVID-19 and medical education. Lancet Infect Dis 20:777–778. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30226-7](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30226-7)

33. Ray JM, Wong AH, Yang TJ, Buck S, Joseph M, Bonz JW et al (2021) Virtual telesimulation for medical students during the COVID-19 pandemic. *Acad Med* 96:1431–1435. <https://doi.org/10.1097/ACM.00000000000004129>
34. Plontke SK (2021) COVID-19-Pandemie und Auswirkungen in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie. *HNO* 69:609–610. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01091-4> ([The COVID-19 pandemic and its effects on otorhinolaryngology, head and neck surgery])
35. Turkdogan S, Chen T, McHugh T, Tremblay M, Francoeur D, Daniel SJ (2021) Implementation of interdisciplinary province-wide webinar series during the COVID-19 pandemic by the Federation of Medical Specialists of Quebec (FMSQ): a survey study. *Front Med*. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.728715>
36. Stanford W, Erkonen WE, Cassell MD, Moran BD, Easley G, Carris RL, Albanese MA (1994) Evaluation of a computer-based program for teaching cardiac anatomy. *Invest Radiol* 29:248–252. <https://doi.org/10.1097/00004424-199402000-00022>
37. Mlynski R, Millhan M, Hagen R, Plontke S (Hrsg) (2013) 3D Tutorial Schläfenbeinpräparation

Interactive intraoperative annotation of surgical landmarks in student education to support learning efficiency and motivation

Background: The development of technological innovations has not only changed social life and the healthcare system, but also affects medical education. The aim of this pilot study was to evaluate whether students, when observing a microsurgical procedure of the temporal bone, gain an additional understanding of the anatomical structures and surgical site when visualization is used that provides identical views for the surgeon and viewer in 3D.

Materials and methods: During regular attendance tutorials, students were randomly assigned to three different groups: control group, 2D group, or 3D group. Evaluation questionnaires and intraoperative student annotation of the surgical view were used to assess the subjective didactic value of different visualization formats and resultant learning experiences for the students.

Results: A total of 47 students were included in the investigations during conventional attendance tutorials. The majority indicated a high added value of the 3D visualization in terms of method (70%) and vividness (80%) compared to the 2D group and self-study; 69% of the students fully agreed with the statement that 2D and 3D visualization increases learning motivation and is a very good way to improve recognition of anatomical topography and structures.

Conclusion: New interactive visualization options in teaching promote learning efficiency and motivation among students. Especially 3D visualization and intraoperative annotation of the surgical view by the student is a useful didactic tool and increases the quality of clinical teaching. It supports the perception of anatomical topography and enables more focused surgical training.

Keywords

3D visualization · Medical education · Otorhinolaryngology · Communication · Live surgery



Smartphone-based nystagmus diagnostics: development of an innovative app for the targeted detection of vertigo

Sara M. van Bonn¹ · Sophie P. Behrendt¹ · Bhushan L. Pawar² · Sebastian P. Schraven¹ · Robert Mlynski¹ · T. Schuldt¹

Received: 7 March 2022 / Accepted: 1 April 2022 / Published online: 22 April 2022
© The Author(s) 2022

Abstract

Background In medicine, the symptom of dizziness is one of the most common multidisciplinary causes of emergency medical presentation. Attending physicians are often faced with difficult decisions when evaluating patients with dizziness. A rapid differential diagnostic decision must be made during the initial examination. The goal of this study, was to develop a smartphone-based app that can diagnose and qualify nystagmus. The app should enable differentiation between acute emergencies such as strokes ("central vertigo") and vestibular disorders ("peripheral vertigo") using and recognizing or analyzing the accompanying symptom "nystagmus".

Materials and methods This prospective study was conducted at the Department of Otolaryngology, Head and Neck Surgery "Otto Körner", Rostock (Germany). The experimental study design consisted of two test runs and two control runs. In the two test runs, nystagmus was tracked and evaluated by caloric and optokinetic stimulation, respectively, through a custom-developed app. Sensitivity and correlation were calculated for the app's application performance and compared under different experimental conditions.

Results The patient sample included twenty healthy participants with a mean age of 25.6 years (± 2.2 SD) who participated in the study. The overall sensitivity of detection of nystagmus averaged 82.14% in the optokinetic stimulation test trials. There is no correlation regarding specific subject data and sensitivity.

Conclusions The results of our experimental validation study show that a smartphone-based nystagmus app is a useful tool for vertigo diagnosis. The results of our analyses show that it is possible to diagnose nystagmus and determine shape or direction with the app.

Keywords Digitalization · Healthcare · Diagnostic app · Otorhinolaryngology · Dizziness · Emergency medicine

Introduction

Due to increasing digitalization, not only social life has changed, but also the requirements for modern healthcare. Within the last few years, new technological innovations have increasingly reached medicine and have already drastically changed the healthcare system in some cases. The

intelligent linking of enormous datasets of data through increasingly powerful IT systems holds the possibility of drawing a dynamic and holistic picture of the health of each individual. Individualized therapy through artificial intelligence-supported diagnostic options would be imaginable [1–3].

Due to the development and proliferation of accessible smartphones, they are an integral part of our everyday world [4, 5]. Increasingly, however, they are also a common and rapidly evolving tool in clinical practice. Mobile diagnostic devices can provide medical care at any location and around the clock. Telemedicine systems can be seen both as a resource for an underserved population and as a platform for physicians to consult with their patients remotely. Patients, especially in rural areas can be reached. Affordable diagnostic and or follow-up tools are available. Numerous

✉ Sara M. van Bonn
saramaria.vanbonn@med.uni-rostock.de

¹ Department of Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery, "Otto Körner", Rostock University Medical Center, Doberaner Strasse 137-139, 18057 Rostock, Germany

² Faculty of Computer Science and Electrical Engineering, Institute of Automation, University Rostock, Albert-Einstein-Strasse 22, 18059 Rostock, Germany

applications or medical apps are already available for use on smartphones that also aim to help clinicians perform a variety of tasks at the point of care. Many custom software applications can be used in monitoring disease in particular. In particular, new apps have already proven to be very useful in the specialty of ophthalmology and diabetology [6, 7]. Despite the large number of available programs, the evidence of these is unclear. In particular, the user's interaction with the information obtained raises questions about the regulation, validation, and safety of the different app. However, given the ubiquity and usability of smartphones, health-related apps also provide an exceptional opportunity for data collection and epidemiological studies.

The smartphone and new apps for everyday clinical use can add to the existing wealth of clinical resources by serving as evidence-based decision support tools and can help optimize procedures and reduce errors [3]. However, the integrity of the data collected, transmitted, or calculated is highly dependent on the application and, therefore, must first be tested in scientific studies [8].

The aim of this study was to develop a novel app that reliably supports an initial assessment of the leading symptom of dizziness. In general, numerous studies show that the diagnostic and decision-making process in patients with vertigo is highly error-prone [9, 10].

Physicians, and especially emergency medical services as frequent primary care providers, are often faced with difficult decisions when evaluating patients with dizziness. Deciding on a diagnosis and possible treatment approach for a specific cause is challenging. Often, patients' symptom descriptions are equivocal. Examination findings among possible causes overlap. The app should enable a differentiation between acute emergencies such as strokes ("central dizziness") and vestibular diseases ("peripheral dizziness") using the accompanying symptom "nystagmus" and detecting respectively analyzing it. The clinically clear distinction can have relevant dimensions. In this context, the time that elapses until the decision is made is an important component.

Methods

Study design and patient selection

The prospective study was conducted at the Department of Oto-Rhino-Laryngology, Head and Neck Surgery "Otto Körner", Rostock (Germany). The experimental study design was approved by the Ethics Committee of the Medical University of Rostock (file number A2018-0073). The patient selection included twenty healthy participants between the ages of 20 and 30 years. The participants were informed in detail about the study procedure by the investigator and

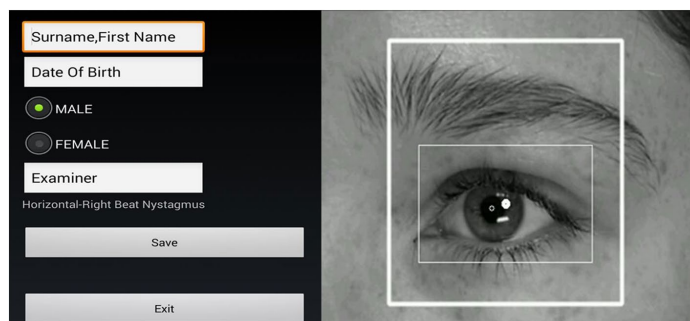
signed an informed consent form to participate in the study. Exclusion criteria are known diseases of the vestibular organ or the central nervous system, visual disorders, tympanic membrane diseases, post-tympanoplasty, congenital nystagmus, physical or cognitive impairment, or tumors in the head region. Socio-demographic data were collected in a medical history interview and reference was made to the exclusion criteria. An ear microscopy for examination and cleaning of the auditory canal was performed. The participant was then positioned on the stretcher. During positioning, care had to be taken to tilt the head forward by 30°. If necessary, interfering factors such as make-up around the eyes were removed.

App

The app was developed in cooperation with the Institute for Computer Science at the University of Rostock. For the hardware of this project, only an Android-based mobile device was used, which is equipped with a good resolution integrated camera. The reason behind choosing the Android OS is the free licenses of the developing tools. The app is based on an eye-tracking algorithm for the Android® operating system. The development of the Android application was performed on a computer with the Android Studio software installed. The used programming languages are Java and C++. The mobile application is built on the top of OpenCV framework which offers both Java and C++ APIs to communicate with the optimized core image processing algorithms. No costs were incurred.

After entering the patient data (surname and first name, date of birth and gender of the patient as well as name of the examiner), the recording and evaluation of the pupil movement data began. The Android-based mobile device was always hand-held by the same examiner in front of the eyes. For data window delimitation, first the side to be examined is selected. Then, a hair cascade classifier is used to detect the region of an eye. To locate the center of an eye, an internal rectangle was positioned relative to the external rectangle for eye detection. The internal rectangle represents the region of the eyeball (Fig. 1). To detect the eye center, the algorithm of Timm and Barth was applied to the defined internal rectangle. The detected eye center is defined as a coordinate point, which is plotted on a line graph using the MP Android graph library. An encoding procedure was then developed to encode this line diagram into a binary format to predict the type of nystagmus. The eye-tracking method used here for low resolution images from web or cell phone cameras is that of Timm and Barth [11]. The algorithm uses the gradients of the image to track the eye. A function is derived that uses only dot products. The maximum of this function is the point where the gradient vectors intersect, which is the center of the eye.

Fig. 1 Data window for entering patient data and for the eye-tracking algorithm with marking of the region of interest



The measured motion data were mapped graphically as a ratio of distance to time. To reduce the amount of data and avoid artifacts, the algorithm is limited to the evaluation of sections with large pupil deflection. Thus, a distinction between horizontal and vertical nystagmus can be made. To evaluate up-beat and down-beat movements, the pupil deflections are coded using a binary code. Thus, it is detectable when a slow component (down-beat movements) in a nystagmus beat is always followed by a fast reset saccade (up-beat movements). The algorithm follows in the last step the command to find just these specific bit patterns to recognize the respective direction of the present nystagmus form and to qualify the nystagmus about it (Fig. 2).

Experimental study design

The experimental study design consisted of two test and two control runs. The first app-test run involved provocation of horizontal nystagmus by irritation of the vestibular organ. This was done by caloric irrigation of both ears

with approximately 47° warm water for 80 s. This was followed by recording the nystagmus over 2.5–4 s with the app, for both the right and left ear. First, the detection of the direction of the nystagmus (right, left, up- or down-beat) and second, the detection of the position/ shape of the nystagmus (horizontal, vertical) were recorded with the app. In the first control test, video oculography or video computerized nystagmography was performed during caloric irrigation for detection of the nystagmus. The second app-testing run included provocation of the vertical and horizontal nystagmus by generating an optokinetic sequence nystagmus. This was done with the help of a computer program (playing a series of images), 2 m away from the participants. The standardized procedure automatically determined the frequency of the nystagmus (40°/s and 60°/s) and also the direction, which was detected by the app. The app-test runs have now been subsequently verified by standardized control procedures. In the control test, the eye response and the sequential nystagmus are detected and evaluated by video-computer nystagmography and video-oculography (Table 1).

Fig. 2 Result of app analysis for a horizontal right beating nystagmus (blue is the horizontal and black is the vertical component)

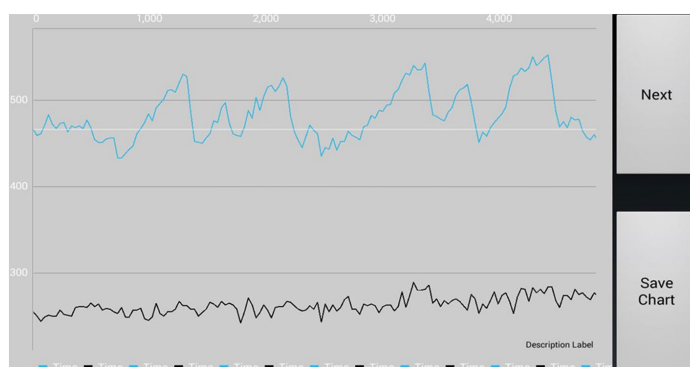


Table 1 Procedure of the test runs

Caloric test	Optokinetic test
Video recording of each test for 2.5–4 s	
Trial 1: rinsing of the right ear canal with warm water (approx. 47 °C) for 80 s	Trail 3: right horizontal nystagmus at 40°/sek
Trial 2: rinsing of the left ear canal with warm water (approx. 47 °C) for 80 s	Trail 4: right horizontal nystagmus at 60°/sek
	Trail 5: left horizontal nystagmus with 40°/sek
	Trail 6: left horizontal nystagmus with 60°/sek
	Trail 7: up-beat vertical nystagmus with 40°/sek
	Trail 8: up-beat vertical nystagmus with 60°/sek
	Trail 9: down-beat vertical nystagmus at 40°/sek
	Trail 10: down-beat vertical nystagmus at 60°/sek

Statistical analyses

Statistical analyses were performed using GraphPad Prism (version 8, GraphPad Software, La Jolla, CA, USA). Unless otherwise noted, results are given as means with standard deviation (SD) or as absolute values with percentages.

Results

Twenty patients participated in the study. The patient group consisted of 11 (55%) female and 9 (45%) male participants with a mean age of 25.6 years (± 2.2 SD). Demographic data and test results are shown in Table 2.

In the first test run (caloric testing), the sensitivity with respect to direction is 15% and position 62.5%. In 10% of the cases, there was a system error. In the second test run (optokinetic testing), the sensitivity with regard to direction is

Table 2 Demographics and tests results for the study group: results presentation of the [direction]—[position] (test results: correct [+], incorrect [o] or system error [/])

Gender	Age	Eye color	Caloric testing		Optokinetic testing							
			Trial 1	Trial 2	Trial 3	Trial 4	Trial 5	Trial 6	Trial 7	Trial 8	Trial 9	Trial 10
F	23	Green	/	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x	o-x	x-x	o-x	x-x
F	27	Brown	/	o-o	x-x	o-x	x-x	x-x	o-x	x-x	o-x	x-x
F	25	Blue	o-x	o-o	x-x	o-x	x-x	x-x	x-x	o-x	x-x	o-o
F	25	Blue	o-o	o-o	x-x	o-x	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x
F	24	Brown	o-o	x-x	x-x	x-x	o-x	x-x	x-x	o-x	x-x	x-x
M	26	Brown	o-x	o-o	x-x	o-x	x-x	x-x	o-x	o-x	x-x	x-x
M	30	Brown	o-x	/	x-x	o-x	x-x	o-x	x-x	x-x	x-x	x-x
F	29	Green	x-x	o-x	x-x	x-x	x-x	o-x	o-x	x-x	o-x	x-x
F	30	Brown	o-x	x-x	x-x	x-x	x-x	o-x	x-x	x-x	o-x	x-x
M	23	Blue	o-o	o-x	x-x	x-x	x-x	x-x	o-x	x-x	x-x	x-x
M	25	Green	o-o	o-x	o-x	x-x	x-x	x-x	o-o	o-o	x-x	x-x
F	23	Blue	o-x	o-x	x-x	o-x	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x	o-x
M	26	Blue	o-x	o-x	o-x	o-x	x-x	x-x	o-x	o-x	x-x	x-x
M	24	Brown	o-o	o-x	x-x	o-x	x-x	x-x	x-x	o-o	x-x	o-o
M	22	Brown	o-x	o-x	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x	o-x	x-x	x-x
F	27	Blue	o-o	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x	o-x	x-x	x-x
F	26	Green	o-x	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x	o-x	o-o	x-x	x-x
F	25	Brown	o-o	/	x-x	x-x	x-x	x-x	o-x	x-x	x-x	x-x
M	26	Brown	o-x	o-x	o-x	o-x	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x	x-x
M	26	Blue	o-x	o-x	o-x	x-x	x-x	x-x	x-x	o-x	x-x	x-x

68.57% and position 95.7%. For test rail 3–10, the sensitivity considered for the individual frequencies is 76.25% for 40°/s and 68.75% for 60°/s (direction) and 98.75% for 40°/s and 93.75% for 60°/s (position). There are no significant correlations between 40 and 60°/s. The results of the two control test procedures show a sensitivity of 100% in all tests. The gold standard diagnostics performed show that the vestibular organ of all subjects is equally excitable on both sides. Both the provoked nystagmus responses to caloric irrigation and the optokinetic consequential nystagmus are too correctly detected and analysed by video-computer nystagmography.

With regard to the question of whether characteristics of the subjects have an influence on the sensitivity of the diagnostics, correlation analyses were performed. The variable age shows a non-significant correlation in the Pearson correlation in relation to result presentation of direction ($r = -0.054$, $p = 0.820$, $n = 20$) as well as position ($r = 0.273$, $p = 0.244$, $n = 20$). The variable gender shows a significant correlation in relation to result presentation of direction ($r = -0.459$, $p = 0.042$, $n = 20$) and a non-significant correlation in relation to position ($r = -0.076$, $p = 0.749$, $n = 20$). The variable eye color shows a non-significant correlation in relation to result presentation of direction ($r = -0.012$, $p = 0.969$, $n = 20$) as well as position ($r = 0.127$, $p = 0.594$, $n = 20$).

Discussion

Due to socio-economic change and an increasingly aging population, the healthcare systems of many countries will reach their capacity limits in the future. To enable continuous and rapid diagnostics and meet the growing demand in healthcare, affordable, non-invasive, and easy-to-use healthcare solutions are crucial. However, the benefits of telemedicine are significant in remote areas. However, due to the Covid-19 pandemic, new technology in medicine is also in high demand in urban areas. The increasing prevalence of smartphones combined with modern communication technologies makes them an attractive technology that can provide continuous remote health monitoring and diagnosis in terms of telemedicine at negligible additional cost [2]. Many approaches of medical apps sound promising. However, there is often a lack of sufficient scientific evidence to support a positive impact through use on individual health status. To observe necessary quality criteria in the creation of apps, it is necessary that as many highly qualified healthcare actors as possible participate in the creation [1].

Several smartphone-based applications are available in the field of otolaryngology [12]. In percentage terms, audiology, sleep medicine, and allergology are the most common. Only 36% of all ENT apps are placed in the field of diagnostics [1]. This shows that there are still opportunities in the

field of ENT for the development and use of new media in the context of advancing digitization [2].

The leading symptom "dizziness" is present in clinics and practices worldwide [13]. A quick and sufficient diagnosis supports medical staff in effective decision making to avoid major collateral damage. Previous published studies on balance apps have been concerned with the acquisition and evaluation of the Unterberger treading test, a smartphone-based Rinne test to detect an air-bone-gap or the learning of the liberation maneuvers for positional vertigo [12, 14–16].

In our work, an experimental study design was used to investigate the sensitivity of the developed app analysis for detecting nystagmus in diagnostic decision making in a healthy subject group. Our sensitivity analysis results show that it is possible to diagnose nystagmus and qualify shape and direction using the app. The tests show that the determination of the position works better than that of the direction. One reason for this could be the app's two-stage algorithm system. The first stage of the algorithm distinguishes between horizontal and vertical nystagmus, the second stage of the algorithm analyzes the exact direction. To resize the amount of data, the coding of the first stage is done only in colors. In the second stage this is done with binary codes. The result is a binary bit pattern. The two-stage system is a possible source of error for diagnostics with the app. By reducing the amount of data in the two-stage programming system, the app limits the possibility of correct diagnostics in the case of interfering factors. The limitation could be addressed by optimizing the programming and data processing capabilities.

In addition, the research shows that the sensitivity of the app analysis in terms of direction is significantly lower for caloric testing (15%) than optokinetic testing (68.57%). The main reason for this could be that in the caloric testing, fixation was not removed by Frenzel glasses, as is usually the case. Thus, a fast compensation by the subject is possible. In addition, the time span for filming the nystagmus movement is very short. Here, the usability of the app analysis after caloric testing can thus be discussed. In optokinetic testing, the eyes follow a moving object. It is a natural movement reflex of the eyes which is not pathological, but a normal reaction of the visual system for image stabilization. Optokinetic testing was easier to implement. The speed of the nystagmus did not affect detectability. Our results showed no significant differences in sensitivity with respect to speed on optokinetic testing. However, the visibility of the pattern, the distance of the participants from the screen, and the width of the image pattern to be followed may have an influence on optokinetic nystagmus. This was standardized in our studies. For the caloric test, speeds comparable to the frequency of the optokinetic reflex are given. Furthermore, it could be shown that there is no influence of subject characteristics (gender, age or eye color) on the sensitivity. That the variable "gender" shows a

significant correlation with respect to sensitivity (direction) is to be considered coincidental.

If the use of diagnostic apps becomes widespread in practice, it may become problematic if the treating physician and the software come to contradictory results. Care must be taken to ensure that the software is seen only as a supplement to, not a substitute for, the clinical examination [1].

The digital transformation of medicine has been propagated for many years and has already reached medicine for quite some time. The networking of medical care with the aid of modern information and communication technologies is on the rise, most recently driven by the ongoing Covid-19 pandemic. By networking and processing health data, it will be increasingly possible to develop better diagnostic procedures and tailored therapies in the future. New technologies bring great benefits, especially in the areas of prevention, diagnosis, treatment, but also monitoring [4]. Artificial intelligence is the key technology of the future. It helps to master the current challenges of the healthcare system. In addition to increasing the quality of medical care, it will enable an affordable healthcare system. Artificial intelligence promises great success in diagnostics in particular—it ensures that diseases can be detected more precisely and earlier. Driving forward digitization is a key prerequisite for the successful further development of our healthcare system [17].

Limitation

The present study breaks new ground in analyzing the use of a smartphone app for nystagmus detection. There are some limitations in both the development of the app and the experimental study design that provide suggestions for future research. In the app, the developed algorithm uses a two-stage system for data processing. This two-stage system is a potential source of error for diagnosis using the app. By reducing the amount of data in the two-stage programming system, the app limits its ability to properly diagnose confounding factors. This limitation could be addressed by optimizing the programming and data processing functions. Another limitation of the study is the experimental study design by simulating a pathological nystagmus and the small number of participants. For better validation, appropriate studies need to be performed under clinical conditions in a suitable patient population. This is also necessary for data regarding sufficient decision making.

Conclusions

The results of our validation study show that it is possible to diagnose nystagmus and determine its shape or direction using the app. Thus, it can be assumed that this experimental smartphone-based nystagmus app for vertigo diagnosis is a

useful tool and equally enables fast and effective decision making. The extent to which it can influence and be integrated into decision making in clinical practice now needs to be further investigated.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Declarations

Conflict of interest The authors declare no conflict of interest.

Consent to participate Written informed consent was obtained.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

References

1. Rak K, Völker J, Taeger J, Bahmer A, Albrecht U-V (2019) Medizinische Apps in der HNO-Heilkunde. *Laryngorhinootologie* 98(S01):S1–S20. <https://doi.org/10.1055/a-0740-4866>
2. Dazert S (2019) Digitalisierung—Herausforderung für die HNO-Heilkunde. *HNO* 67(5):322–323. <https://doi.org/10.1007/s00106-019-0642-6>
3. Payne KB, Wharard H, Watts K (2012) Smartphone and medical related App use among medical students and junior doctors in the United Kingdom (UK): a regional survey. *BMC Med Inf Dec Mak* 2012:12. <https://doi.org/10.1186/1472-6947-12-121>
4. Lane ND, Miluzzo E, Lu H, Peebles D, Choudhury T, Campbell AT (2010) A survey of mobile phone sensing. *IEEE Commun Mag* 48(9):140–150. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2010.5560598>
5. Vincent J (2006) Emotional attachment and mobile phones. *Knowl Technol Policy* 19(1):39–44. <https://doi.org/10.1007/s12130-006-1013-7>
6. Alexander S, Li S, Bonoto BC, Araújo VE de, Godói IP, de Lemos L, Lovato P et al (2017) Efficacy of mobile apps to support the care of patients with diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *JMIR Mhealth Uhealth* 5:3. <https://doi.org/10.2196/mhealth.6309>
7. Stanzel BV, Meyer CH (2012) Smartphones in der Augenheilkunde Erleichterung oder Spielerei für den Augenarzt? *Ophthalmologie* 109(1):8–20. <https://doi.org/10.1007/s00347-011-2425-7>
8. Kong X, Feng R (2001) Watermarking medical signals for telemedicine. *IEEE Trans Inf Technol Biomed* 5(3):195–201. <https://doi.org/10.1109/4233.945290>

9. Savitz SI, Caplan LR, Edlow JA (2007) Pitfalls in the diagnosis of cerebellar infarction. *Acad Emerg Med* 14:1. <https://doi.org/10.1197/j.aem.2006.06.060>
10. Dödt C, Zelihić E (2013) Schwindel. Diagnostischer Algorithmus aus Sicht der Notfallmedizin. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 108(1):41–46. <https://doi.org/10.1007/s00063-012-0173-3>
11. Timm F, Barth E (2011) Accurate eye centre localisation by means of gradients. *Visapp* 11:125–130
12. Hübner D, Oron Y, Handzel O, Warshavsky A, Horowitz G, Ungar OJ (2021) Validation of a smartphone-based Rinne test to detect an air-bone gap. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 278(12):4767–4773. <https://doi.org/10.1007/s00405-021-06608-9>
13. Zwergal A, Möhwalld K, Dieterich M (2017) Schwindel in der Notaufnahme. *Nervenarzt* 88(6):587–596. <https://doi.org/10.1007/s00115-017-0342-y>
14. Organ B, Liu H, Bromwich M (2015) An iPhone-assisted particle repositioning maneuver for benign paroxysmal positional vertigo (BPPV): a prospective randomized study. *J Am Board Family Med JABFM* 28:1. <https://doi.org/10.3122/jabfm.2015.01.120295>
15. Whittaker M, Mathew A, Kanani R, Kanegaonkar RG (2014) Assessing the Unterberger test: introduction of a novel smartphone application. *J Laryngol Otol* 128(11):958–960. <https://doi.org/10.1017/S0022215114002539>
16. Brodsky JR, Cusick BA, Kawai K, Kenna M, Zhou G (2015) Peripheral vestibular loss detected in pediatric patients using a smartphone-based test of the subjective visual vertical. *Int J Pediatric Otorhinolaryngol* 79:12. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2015.09.020>
17. E-Health—Digitalisierung im Gesundheitswesen (2021) <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/e-health-initiative.html>. Accessed 26 Nov 2021

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.