

Aus dem Institut für Biochemie und Molekularbiologie I  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf  
Leiter: Prof. Dr. rer. nat. Andreas Reichert

## **Virtueller Herzauskultationskurs via Videokonferenz:**

Effekt auf die Auskultationsfertigkeit von Medizinstudierenden im dritten  
Studienjahr am Simulationstrainer im Vergleich zum Fachliteratur-  
eigenstudium sowie Beurteilung der Akzeptanz des digitalen Lehrformates

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von  
Nils Rüllmann  
2023

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. rer. nat. Klaus-Dietrich Kröncke

Zweitgutachter: Univ.-Prof. Dr. med. Stefan Wilm

*Lirum, Larum, Löffelstiel,  
Wer gar nichts kann, der kann nicht viel.  
Wer alles kann, ist besser dran,  
weil er ein Nashorn heben kann.*  
(Janosch, 1994)

*Der Geist der Medizin ist leicht zu fassen!  
Ihr durchstudiert die groß' - und kleine Welt,  
um es am Ende geh'n zu lassen,  
wie's Gott gefällt.*

Faust I, Studierzimmer II (Johann Wolfgang von Goethe, 1808)

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Rüllmann N., Lee U., Klein K., Malzkorn B., Mayatepek E., Schneider M., Döing, C., (2020), Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19. *GMS Journal for Medical Education*, Vol. 37(7):Doc102

Rüllmann, N., Hirtz, R., Lee, U., Klein, K., Mayatepek, E., Malzkorn, B., Döing, C., (2022), Virtual auscultation course via video chat in times of COVID-19 improves cardiac auscultation skills compared to literature self-study in third-year medical students: a prospective randomized controlled cross-over study. *GMS Journal for Medical Education*, Vol 39(2):Doc21

# Zusammenfassung

Die vorliegende Dissertation untersucht die Wirksamkeit eines fallbasierten, im *peer teaching* durchgeführten virtuellen Kurses via Videokonferenz zur Vermittlung der Herzauskultation, der im Trainingszentrum der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf als Reaktion auf die im Rahmen der SARS-CoV-2 Pandemie bestehenden Kontaktbeschränkungen entwickelt wurde.

Es wurde eine randomisierte, kontrollierte *Cross-over* Studie initiiert. Die in Experimental- und Kontrollgruppe randomisierten Proband:innen nahmen in siebentägigem Abstand an drei 90 Minuten dauernden Interventionen teil, die in unterschiedlicher Reihenfolge durchlaufen wurden: Dem entwickelten virtuellen Auskultationskurs, einem Fachliteratur-Eigenstudium, sowie einem Präsenzkurs an einem *High-Fidelity*-Auskultationssimulator (SAM II ©). Begleitend erfolgten fünf Assessments, die die Auskultationsfertigkeiten der Studierenden anhand von sechs Vitien (Insuffizienz und Stenose von Mitralklappen- und Aortenklappen, persistierender Ductus arteriosus, Ventrikelseptumdefekt) bewerteten. Primärer Endpunkt der Studie war die Performance bei der Auskultation des *High-Fidelity*-Simulators. Zudem wurde jede Intervention evaluiert und die Proband:innen bewerteten ihren Kompetenzzuwachs. Von initial sechzig rekrutierten Medizinstudierenden des dritten Studienjahres, die durch ihr bisheriges Studium zwar schon mit der Technik der Herzauskultation vertraut, jedoch noch nicht intensiv mit kardiologischen Patient:innen und Krankheitsbildern konfrontiert waren, durchliefen aufgrund von Nicht-Erscheinen 55 die Interventionen.

Der entwickelte virtuelle Auskultationskurs führte zu einer signifikant verbesserten Beschreibung von Herzgeräuschen (Zuordnung zu Herzaktion, Differenzierung zwischen hohen und tiefen Frequenzen, Lautstärkedynamik) am Auskultationssimulator ( $\text{Median}_{\text{exp}}=3$ ,  $\text{Median}_{\text{control}}=0$ ;  $p<.001$ ,  $d=2.06$ ). Für diagnostische Präzision und Identifizierung typischer Geräuschverbreitungsmuster über dem Thorax konnte dies nicht gezeigt werden. Die Proband:innen zeigten eine hohe Zufriedenheit mit dem Konzept des virtuellen Kurses und schätzten ihren Kompetenzzuwachs höher ein als Teilnehmer:innen des Fachliteratureigenstudiums. Es konnte somit erstmals gezeigt werden, dass die Herzauskultation mittels eines fallbasierten, virtuellen Kurses erfolgreich vermittelt werden kann.

Das Konzept des fallbasierten virtuellen Auskultationskurses könnte als Bindeglied zwischen Vorlesungen und *bedside teaching* einen weiteren Beitrag zur Vermittlung dieser wichtigen klinischen Fertigkeit leisten.

# Summary

This dissertation investigates the effectiveness of a case-based, peer-teaching course training cardiac auscultation virtually via videoconference. It was developed at the skills lab of the medical faculty of Heinrich-Heine-University Düsseldorf in response to the contact restrictions imposed in the context of the SARS-CoV-2 pandemic.

A randomized controlled cross-over trial was initiated. Subjects randomized into experimental and control groups participated in three 90-minute interventions at seven-day intervals, which were run in a different order: The virtual auscultation course, literature self-study, and an on-site course using a high-fidelity auscultation simulator (SAM II ©). The interventions were accompanied by five assessments that evaluated the students' auscultation skills based on six cardiac pathologies (regurgitation and stenosis of mitral and aortic valve, persistent ductus arteriosus, ventricular septal defect). The study's primary end point was the performance at the high-fidelity simulator. In addition, each intervention was evaluated, and participants rated their skill gain. They were already familiar with the technique of cardiac auscultation through their previous studies but had not yet been intensively exposed to cardiac patients and pathologies. Of the initial sixty third-year medical students recruited, 55 underwent the interventions due to nonattendance of 5 participants.

Participation in the virtual auscultation course led to significantly improved description of heart sounds (association with cardiac action, differentiation between high and low frequencies, volume dynamics) at the auscultation simulator ( $\text{median}_{\text{exp}}=3$ ,  $\text{median}_{\text{control}}=0$ ;  $p<.001$ ,  $d=2.06$ ). There was no significant difference in diagnostic precision and identification of typical sound patterns over the thorax. Participants showed a high level of satisfaction with the concept of the virtual course and rated their increase in competence higher than participants engaging in literature self-study. For the first time, it could be demonstrated that cardiac auscultation can be successfully taught using a case-based virtual course.

The concept can thus be a link between lectures and bedside teaching, and further contribute to the teaching of an important clinical skill.

# Abkürzungsverzeichnis

<b>A (EXP)</b>	Experimentalgruppe A
<b>B (CTR)</b>	Kontrollgruppe B
<b>DESC</b>	Beschreibung eines Herzgeräuschs
<b>DIAG</b>	Diagnosestellung
<b>EV<sub>x</sub></b>	Evaluation
<b>H<sub>x</sub></b>	Hypothese
<b>ms</b>	Millisekunde(n)
<b>MW</b>	Mittelwert
<b>n.s.</b>	nicht signifikant
<b>PM</b>	Punctum Maximum
<b>SAM</b>	Student Auscultation Manikin
<b>SD</b>	Standardabweichung
<b>SST</b>	Fachliteratureigenstudium ( <i>literature self-study</i> )
<b>T<sub>x</sub></b>	Test
<b>VAC</b>	Virtueller Auskultationskurs ( <i>virtual auscultation course</i> )

# Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung .....	1
1.1 Neue Unterrichtsmethoden .....	4
1.2 Entwicklung eines virtuellen Auskultationskurses (VAC) .....	6
1.3 Fachliteratureigenstudium .....	7
1.4 Ethikvotum und Tierversuchsgenehmigung .....	7
1.5 Ziele der Arbeit .....	7
2 Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19, Rüllmann, N., Lee, U., Klein, K., Malzkorn, B., Mayatepek, E., Schneider, M., Döing, C., GMS Journal for Medical Education, Vol. 37(7):Doc102, (2020).....	10
3 Virtual auscultation course via video chat in times of COVID-19 improves cardiac auscultation skills compared to literature self-study in third-year medical students: a prospective randomized controlled cross-over study, Rüllmann, N., Hirtz, R., Lee, U., Klein, K., Mayatepek, E., Malzkorn, B., Döing, C., GMS Journal for Medical Education, Vol 39(2):Doc21, (2022) .....	11
4 Nicht publizierte Methoden und Ergebnisse .....	12
4.1 Methoden .....	12
4.2 Ergebnisse .....	12
5 Diskussion .....	15
5.1 Effekt der Teilnahme am virtuellen Auskultationskurs auf die Performance am Simulator.....	15
5.2 Implikationen für die Vermittlung kardialer Auskultation .....	19
5.3 Übertragung auf weitere Zielgruppen und Lerninhalte .....	23
5.4 Limitationen.....	26
5.5 Schlussfolgerungen .....	28
6 Literatur- und Quellenverzeichnis .....	29
7 Anhang .....	32

# 1 Einleitung

Kardiovaskuläre Erkrankungen sind eine führende Ursache weltweiter Mortalität [1] mit weiterhin zunehmender Inzidenz aufgrund einer immer älter werdenden Weltbevölkerung [2]. Für ihre effektive Behandlung ist eine frühe Diagnosestellung eine wichtige Voraussetzung, die durch niedrigschwellig verfügbare Methoden erreicht werden sollte:

Die kardiale Auskultation unter Verwendung eines Stethoskops ermöglicht eine schnelle Erkennung wichtiger kardialer Pathologien [3]. Diese Untersuchungsmethode ist nicht-invasiv, ressourcenschonend und ubiquitär verfügbar, folglich meist Bestandteil der routinemäßigen körperlichen Untersuchung. Die Effektivität ist dabei nicht primär vom verwendeten Stethoskop [4], sondern viel mehr von den Auskultationsfähigkeiten der/des Untersuchenden abhängig. Die Auskultation ist somit eine Untersuchungstechnik, die jeder Arzt / jede Ärztin erlernen und beherrschen sollte. Die Auskultation allein führt in der Regel nicht zur Diagnosestellung. Neben der vollständigen klinischen Untersuchung werden häufig weitere diagnostische Mittel, beispielsweise Bildgebung, elektrophysiologische Untersuchungen oder Laboruntersuchungen, benötigt. Diese sind jedoch in der Regel deutlich ressourcenintensiver oder invasiver. Jeder diagnostische Test bietet auch immer das Risiko von falsch-positiven Befunden, die möglicherweise weitere Diagnostik und/oder auch therapeutische Interventionen nach sich ziehen können. Nicht jeder Patientin / jedem Patienten sollten diese ohne eine gewisse Vortestwahrscheinlichkeit (Indikation) angeboten werden. Die Differenzierung zwischen physiologischen und pathologischen Befunden zur Überweisung an eine/einen Kardiolog:in oder zur Einleitung weiterer Diagnostik ist damit ein wichtiges Ziel der Auskultation. Wenn bei Mangel an Ressourcen weitere Diagnostik nicht verfügbar ist, wird die kardiale Auskultation als Teil der körperlichen Untersuchung zum wichtigsten Werkzeug der Diagnosestellung.

Eine erfolgreiche, vollständige kardiale Auskultation umfasst mehrere Aspekte: Nach der richtigen Lagerung der zu untersuchenden Person muss das Stethoskop korrekt an den Auskultationspunkten platziert werden. Bei der Auskultation werden Frequenz und Rhythmus des Herzschlags beurteilt und mit dem peripher palperten Puls in Beziehung gesetzt. Erster und zweiter Herzton werden differenziert, zusätzliche Herztöne identifiziert. Eventuell bestehende Herzgeräusche müssen den Herzaktionen zugeordnet, Dynamik von Frequenz und Lautstärke beurteilt werden [5, 6]. In Zusammenschau mit dem Verteilungsmuster über den Thorax kann der / die Untersucher:in anschließend physiologische von pathologischen Befunden unterscheiden, gegebenenfalls eine

Verdachtsdiagnose stellen sowie weitere Diagnostik veranlassen. Hierfür sind neben Kenntnissen von Herzanatomie und -physiologie und klinischem Wissen weitreichende akustische Fähigkeiten erforderlich. Die kardiale Auskultation kann folglich nicht allein durch das Verständnis physiologischer Konzepte erlernt werden, sondern bedarf neben Kognition auch technischer Fertigkeiten [7]: Um Herzgeräusche zu erkennen, müssen zeitliche Differenzen von  $\geq 40$  Millisekunden, Frequenzen und Lautstärke am Rand der Hörschwelle beurteilt werden [8]. Der / die Untersucher:in benötigt neben deklarativem Wissen "*know*" zur Ausformulierung einer Diagnose (beispielsweise: "Die Mitralklappeninsuffizienz ist ein systolisches Herzgeräusch") auch prozedurales Wissen ("*know-how*"), um gehörte Herzgeräusche adäquat beschreiben zu können [9].

Das Erlernen der Auskultation umfasst in der Regel das Erlernen der richtigen Positionierung des Stethoskops, das Anhören typischer physiologischer und pathologischer Geräusche und die Verknüpfung dieser mit entsprechenden anatomischen Strukturen und Pathologien. In der medizinischen Ausbildung wird die kardiale Auskultation klassischerweise in Vorlesungen, Untersuchungskursen sowie an Patient:innen im sogenannten *bedside teaching* gelehrt. Das *bedside teaching*, bei dem Studierende in der Regel unter ärztlicher Begleitung Patient:innen im klinischen Setting untersuchen, erlaubt das Lernen in einem realistischen, praxisnahem Umfeld. Der Auskultationsbefund kann mit anderen klinischen Befunden in Zusammenhang gebracht werden. Die Auskultation an mehreren Positionen erlaubt die Identifizierung typischer Verteilungsmuster über dem Thorax. Andererseits ist durch die variable klinische Befunddarstellung standardisiertes Lernen erschwert. Um einen Konflikt zwischen Lehre und Behandlung der/des Patient:in zu vermeiden, ist die Zahl an Studierenden, die simultan an *bedside teaching* teilnehmen können, klein, was die Verfügbarkeit des *bedside teaching* einschränkt. Erfahrene Mediziner:innen, die die Auskultation vermitteln können, sind im klinischen Alltag häufig eingebunden und stehen nicht grundsätzlich längere Zeiträume für den Unterricht Studierender zur Verfügung. Lehrende und Lernende können die auskultierten Geräusche nicht gleichzeitig hören. Seltene Befunde können nicht allen Studierenden zugänglich gemacht werden, bei nicht kooperativen Patient:innen, wie beispielsweise Kindern kann die Untersuchung erschwert sein.

Zahlreiche ältere Studien haben verbesserungswürdige Auskultationsfertigkeiten von Medizinstudierenden sowie Assistenzärzt:innen und Fachärzt:innen demonstriert, teilweise mit widersprüchlichen Aussagen. Grundsätzlich zeigen sich Auskultationsfertigkeiten von

Ärzt:innen in Facharztweiterbildung noch deutlich verbesserungswürdig [10, 11]. In einer multizentrischen Studie von Vukanovic-Criley et al. waren die Fertigkeiten von Medizinstudierenden mit unterschiedlich weitem Studiumfortschritt (nach Abschluss des dritten Studienjahres), Ärzt:innen in Facharztweiterbildung sowie Fachärzt:innen unter Prüfung von audiovisuellen Fähigkeiten und der Untersuchung virtueller Patient:innen konstant bis rückläufig, signifikant besser waren nur Ärzt:innen in Weiterbildung zum Facharzt für Kardiologie [12]. Dieser Studie folgend bessern sich Auskultationsfertigkeiten nicht automatisch durch Berufserfahrung oder Fortschritt im Studium. In einer Untersuchung zum Effekt eines Trainingsprogramms auf die kardiale Auskultation war vor der Intervention kein Unterschied zwischen Assistenzärzt:innen vor oder nach kardiologischer Rotation sichtbar [13]. Ein möglicher positiver Effekt von klinischer Erfahrung auf die Auskultationsfähigkeiten wurde in einer Studie von Mahnke et al. anhand von Ärzt:innen in Weiterbildung in der Pädiatrie im ersten und zweiten Ausbildungsjahr im Abstand von einem Jahr untersucht [14]. Hierbei zeigte sich, dass die klinische Tätigkeit allein, wenn auch mit einer kurzzeitigen kardiologischen Rotation verknüpft, die Auskultationsfähigkeiten einer Kontrollgruppe nicht signifikant verbesserte. Der zusätzliche Einsatz eines computerbasierten Lernprogrammes hingegen verbesserte die Auskultationsfähigkeiten einer Experimentalgruppe deutlich. Die Bewertung erfolgte anhand aufgezeichneter Auskultationsbefunde, sodass sich keine sichere Aussage über die Performance an Patient:innen treffen lässt. Eine Untersuchung unter pädiatrischen Assistenzärzt:innen über einen Zeitraum von drei Jahren führt nicht zu einer signifikanten Verbesserung der Auskultationsfertigkeiten [15]. Germanakis et al. konnten in einer multizentrischen Studie aus Griechenland zur Bewertung einer Intervention initial kein Unterschied zwischen Absolvent:innen des Medizinstudiums, pädiatrischen Assistenz- und Fachärzt:innen sowie Allgemeinmediziner:innen feststellen [16]. Weitere Untersuchungen unter pädiatrischen Assistenzärzt:innen konnten infolge zunehmende Berufserfahrung hingegen eine Zunahme der Fertigkeiten nach kinderkardiologischer Rotation beobachtet [8, 17].

Insgesamt zeigt sich nach Literatur-Review, dass die kardialen Auskultationsfertigkeiten von Studierenden und Ärzt:innen noch deutlich verbesserungswürdig sind. Ob sich bei Ärzt:innen die Fertigkeiten mit zunehmender Berufserfahrung bessern, ist mindestens umstritten, eine erhöhte Exposition mit kardiologischen sowie kinderkardiologischen Fällen führte in einem Teil der Untersuchungen zu einer verbesserten Auskultationsperformance.

Der Mangel an Auskultationsfertigkeiten wird unter anderem auf die inflationäre Anwendung und Überbewertung neuerer instrumentaler kardialer Diagnostik (beispielsweise laborchemische Untersuchungen, Echokardiographie) zurückgeführt [18]. Um die Auskultationsfertigkeiten werdender und beginnender Ärzt:innen zu verbessern, wurden in den letzten Jahrzehnten zahlreiche neue Unterrichtsmethoden entwickelt.

## 1.1 Neue Unterrichtsmethoden

Die Vermittlung praktischer Fertigkeiten während des Medizinstudiums wurde in den letzten zwei Jahrzehnten um neue, digitale Angebote erweitert, die sich an eine Generation zunehmend digital-affiner Studierender richten. Diese Generation ist häufig schon ihr gesamtes Leben mit dem Zugang zu digitalen Medien und dem Internet vertraut.

Inwiefern auch die Lehre kardialer Auskultation davon profitieren konnte, wird in einem Review von Ward und Wattier [19] sowie eine Meta-Analyse durch McKinney [20] dargelegt. Eine weitere Meta-Analyse von Cook et al. untersucht die Wirksamkeit von Simulationstechnologie zur Vermittlung von Auskultationsfertigkeiten und zeigt, dass simulationsbasiertes Training effektiv und bei begrenzter Evidenz mit anderen verfügbaren Unterrichtsmethoden vergleichbar ist [21].

Ein wesentlicher Teil neuer Unterrichtsangebote umfasst den Einsatz von Auskultationssimulatoren wie 'Harvey ©' und 'SAM II ©'. Diese ermöglichen die Auskultation echter oder künstlich erzeugter Herzgeräusche über einem dem menschlichen Oberkörper nachempfundenen Thorax an mehreren Auskultationspunkten mit dem eigenen Stethoskop. Je nach Modell ist auch die Palpation des Herzschlags oder Pulses, die Darstellung der Atemexkursion sowie die Simulation weiterer klinischer Symptome entlang konstruierter Patient:innenfälle möglich. Mit diesen Geräten kann ein praxisnahes Training der Auskultation gelingen. Perlini et al. konnten in einer Untersuchung an Medizinstudierenden im vierten Studienjahr und Assistenzärzt:innen zeigen, dass ein zehnstündiges Training mit Harvey© auch nach drei Jahren zu einer deutlich verbesserten Auskultationsperformance am Simulator führte [18]. Ein einstündiges Training an SAM II © führte auch nach zwei Jahren zu einer signifikant besseren kardialen Auskultationsperformance, als eine Kontrollgruppe aus Medizinstudierenden des fünften Studienjahres ohne Training zeigen konnte [22]. Auch wenn diese Simulatoren ein wichtiges Instrument zur Vermittlung der Auskultation darstellen, ist die Verfügbarkeit aufgrund hoher Anschaffungskosten und einem ungünstigen Verhältnis von Lehrenden zu Lernenden eingeschränkt.

Eine Alternative sind unterschiedlichste E-Learning-Angebote, die von einfachen Sound-Simulationen [13, 23-25] über die Untersuchung virtueller Patient:innen [16, 26-28] bis zu pädiatrischen E-Learning-Kursen reichen [29]. Eine klare Abgrenzung zwischen virtuellen Patient:innen und einfachen Geräusch-Simulationen ist dabei nicht immer möglich. Sobald neben den Tonbeispielen auch weitere Informationen zur Bewertung der Pathologien bereitgestellt werden (Anamnese, weitere Untersuchungsbefunde) oder das Auskultieren umfangreicher simuliert wird (beispielsweise durch das Abhören an mehreren Auskultationspunkten oder die Verwendung virtueller Stethoskope) wird in der Regel von virtuellen Patient:innen gesprochen. Nach dem Anhören von circa 500 Wiederholungen von sechs pathologischen Herzgeräuschen über bis zu drei Stunden zeigten Studierende in einer Studie von Barrett et al. eine deutlich verbesserte Fähigkeit, diese Pathologien anhand alternativer Soundbeispiele zu erkennen [23]. Für die Durchführung dieser Untersuchung wurden den Studierenden CDs ausgehändigt, die sie ortsunabhängig, zum Beispiel von zuhause aus zum Lernen verwenden konnten. Die Bereitstellung von Tonträgern mit Auskultationsbefunden erlaubt das flexible Lernen unabhängig von Zeit und Ort, ermöglichen jedoch nicht, die gehörten Herzgeräusche in einen klinischen Kontext zu setzen. Tokuda et al. zeigten, dass das Anhören von Geräusch-Simulationen durch Assistenzärzt:innen im ersten Ausbildungsjahr über den Zeitraum einer Stunde in einem Test direkt im Anschluss zu einer verbesserten Erkennung der vorgestellten Pathologien anhand der zuvor verwendeten Tonbeispiele führte [13]. Ein neunzigminütiger Kurs, der die Auskultation von virtuellen Patienten mittels elektronischer Stethoskope ermöglichte, verbesserte die diagnostische Präzision der teilnehmenden Studierenden aus drittem bis fünften Studienjahr in einem direkt nach dem Kurs durchgeführten Assessment einer Studie von Pereira et al deutlich [27]. Ein längerfristiger Effekt eines Trainings konnte, neben den zuvor ausgeführten Untersuchungen für Auskultationssimulatoren [18, 22] auch mittels virtueller Patient:innen über den Zeitraum von einem Jahr nachgewiesen werden [26].

Bei sieben der vorgestellten Studien [13, 16, 18, 22, 23, 25, 27] wurde der Lernerfolg anhand des Mediums überprüft, mit dem die Auskultationsfertigkeiten zuvor vermittelt wurden. Die Übertragung der erlernten Fertigkeiten auf die Auskultation an Patient:innen konnte nach Training am Simulator und / oder mit virtuellen Patienten bereits gezeigt werden [30-32], bedarf aber weiterer Untersuchungen: Eine Untersuchung von Butter et al. vereinte zuvor beschriebene Ansätze: Die Intervention bestand aus einem zeitlich nicht limitierten, interaktiven Online-Tutorial zur Auskultation mit eigenen Kopfhörern und

einem 30-40 minütigen Training an einem Auskultationssimulator [30]. Diese führte zu einer deutlichen Verbesserung der Auskultationsfertigkeiten, was sowohl an einem Auskultationssimulator als auch an echten Patient:innen demonstriert werden konnte.

## 1.2 Entwicklung eines virtuellen Auskultationskurses (VAC)

Während der SARS-CoV-2 Pandemie war die Vermittlung praktischer Fertigkeiten an der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität aufgrund der etablierten Kontaktbeschränkungen erschwert: Angebote des Skills Labs ("Trainingszentrum"), unter anderem auch ein Kurs an einem Auskultationssimulator (SAM II ©), konnten nicht mehr angeboten werden, und *bedside teaching* war stark eingeschränkt.

Die Probleme, mit denen sich die medizinische Lehre im Jahr 2020 konfrontiert sah, könnten sich als Katalysator für neue Methoden in der medizinischen Ausbildung erweisen, wie von Cathy Hsi Chen und Alexander Joseph Mullen in einem *viewpoint* postuliert wurde [33]: "Die [aus *social distancing*] resultierende Online-Infrastruktur ist eine seltene Chance für risiko-averse medizinische Institutionen, die Art, wie wir zukünftige Ärzt:innen trainieren, zu reformieren." Dies erleichtere die Etablierung von "*flipped classrooms*" und "*case-based learning*", weg von "*know*" hin zu mehr "*know-how*".

Zur weiteren Vermittlung praktischer Fertigkeiten auch während der Kontaktbeschränkungen wurde an der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf von einem Studierenden, der als Tutor über einen längeren Zeitraum Lehr-Erfahrung im Bereich des *peer-teaching* sammeln konnte, ein virtueller Kurs zur Vermittlung der kardialen Auskultation unter Unterstützung von Fachärztinnen für Pädiatrie und Kardiologie, entwickelt [34].

Angepasst an das Modell des *case-based learning* [35] sollte der Kurs den Studierenden anhand klinischer Fälle das Training der kardialen Auskultation ermöglichen. Um trotz *social distancing* ein interaktives Format zu anbieten, wurde der Kurs in Form einer Videokonferenz für kleine Gruppen von sechs bis sieben Teilnehmenden angeboten. Die Studierenden hatten die Möglichkeit, ortsunabhängig und mit ihrem eigenen Endgerät teilzunehmen. Die virtuelle Auskultation von künstlich generierten Herzgeräuschen erfolgte mit eigenen Kopfhörern.

Der Kurs ist *peer-teaching* basiert, wird also von studentischen Tutor:innen unterrichtet. Von dieser Unterrichtsmethode profitieren sowohl Lehrende als auch Lernende [36]. Eine

Untersuchung von Benè et al. verglich fest angestelltes Lehrpersonal mit „*near-peer*“ Tutor:innen (junge Assistenzärzt:innen) bei der Vermittlung der Fähigkeit zur kritischen Beurteilung wissenschaftlicher Arbeiten im *Cross-over-Design*. Bei anschließender Überprüfung des Wissensstandes zeigten sich zwischen den Gruppen keine Unterschiede, die *near-peer* Tutor:innen wurden von den Kursteilnehmenden allerdings unter anderem bezüglich ihrer Kompetenz, Interaktion zwischen Tutor und Studierenden sowie Kombination von Theorie und Praxis positiver evaluiert [37].

Fallbasierte Unterrichtskonzepte sind ein wichtiger Bestandteil der Medizindidaktik: Nach Einführung von fallbasierten Ansätzen zum Transfer von deklarativem zu prozeduralem Wissen in vorklinischen und klinischen Fächern an der Medizinischen Universität Wien konnten Turk et al. eine signifikante Verbesserung der OSCE-Ergebnisse (*Objective Structured Clinical Examination*) der Studierenden [38] zeigen. Fallbasierte Unterrichtskonzepte motivieren Studierende zur aktiven Teilnahme, auch wenn ein positiver Einfluss auf den Lerneffekt in einer Metaanalyse von Thistlethwaite et al. nicht eindeutig nachweisbar war [39].

### 1.3 Fachliteratureigenstudium

Das Fachliteratureigenstudium (*literature self-study*, SST) ist eine Lernmethode, bei der sich Studierende selbstständig mit Fachliteratur auseinandersetzen. Diese Lernmethode ist im Medizinstudium üblich, um Lerninhalte zu verinnerlichen, auch wenn zunehmend ergänzende, unter anderem auch digitale Angebote geschaffen werden, die ein breiteres Spektrum an Visualisierung (beispielsweise dreidimensionale Darstellungen) sowie ein höheres Maß an Interaktion ermöglichen.

### 1.4 Ethikvotum und Tierversuchsgenehmigung

Ein Ethikvotum wurde bei der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf beantragt und liegt unter der Studiennummer 2021-1298 vor. Eine Tierversuchsgenehmigung wurde nicht benötigt. Die Studie wurde im Rahmen der Deklaration von Helsinki durchgeführt.

### 1.5 Ziele der Arbeit

#### 1.5.1 Ziel: Verbesserung der Lehre der kardialen Auskultationsfertigkeiten

Inzwischen gibt es zahlreiche neue, digitale Lernformate mit dem Ziel der Verbesserung der kardialen Auskultationsfertigkeiten. Die Kontaktbeschränkungen unter Sars-CoV-2 wirkten als Katalysator und führten zu der Entwicklung weiterer, ortsunabhängiger

Konzepte. Digitale Lehrformate haben durch zahlreiche neue Möglichkeiten das Potential, bereits etablierte Formate zu ergänzen oder zu ersetzen. Zur Bewertung der Wirksamkeit sind weitere Untersuchungen notwendig.

Die alleinige Wissensvermittlung steht im virtuellen Auskultationskurs nicht im Mittelpunkt. Zwar werden Fälle von Patient:innen vorgestellt sowie mögliche weiterführende Diagnostik und Therapie besprochen, im Zentrum steht jedoch die Vermittlung und das Training der praktischen Fertigkeit der Auskultation, die für den Alltag von Mediziner:innen sehr relevant ist. Die Untersuchung einer möglichen Verbesserung der Auskultationsfertigkeit von Medizinstudierenden im vorklinischen Studienabschnitt durch den virtuellen Kurs ist das primäre Ziel dieser Arbeit. Eine weitere untersuchte Fragestellung der durchgeführten Studie ist, ob Online-Kurse zur Vermittlung praktischer medizinischer Fertigkeiten durch die Teilnehmenden akzeptiert werden. Hierzu fand eine Evaluation durch die Teilnehmenden mittels Fragebögen statt.

Dass Krankheitserreger und damit verbundene Kontaktbeschränkungen die medizinische Lehre einschränken, geschieht nicht zum ersten Mal. Bereits bei Ausbruch des SARS-CoV-1 wurde durch Lam et al. von deutlichen Einschränkungen der Präsenzlehre in Singapur berichtet, die zur Entwicklung alternativer Unterrichtsmodelle geführt haben [40]. Um auf wiederholte Einschränkungen, beispielsweise im Rahmen von Pandemien, besser vorbereitet zu sein, ist die Untersuchung der Wirksamkeit präsenz-unabhängiger Lehrmethoden von großer Bedeutung.

### 1.5.2 Generierung von Hypothesen

Um den Effekt eines virtuellen Auskultationskurses auf die Auskultationsfertigkeiten von Medizinstudierenden sowie die Akzeptanz des virtuellen Kursformates zu untersuchen, wurden basierend auf Ergebnissen vorhergehender Studien [13, 16, 18, 22-28] folgende Hypothesen (H) entwickelt:

Die Teilnahme am VAC erlaubt Medizinstudierenden im Vergleich mit einem Fachliteratureigenstudium eine bessere Beschreibung (H<sub>1</sub>), höhere diagnostische Präzision (H<sub>2</sub>), sowie eine zuverlässigere Identifikation des Punctum Maximum (H<sub>3</sub>) von Herzgeräuschen, direkt nach dem Kurs (H<sub>1A</sub>, H<sub>2A</sub>), und im *follow-up* an einem Auskultationssimulator (H<sub>1B</sub>, H<sub>2B</sub>, H<sub>3</sub>). Die Performance der Teilnehmenden am Simulator stellte den primären Endpunkt der Studie dar (H<sub>1B</sub>, H<sub>2B</sub>, H<sub>3</sub>).

Um allen Teilnehmenden die Teilnahme an allen Unterrichtsmethoden zu ermöglichen, wurde als Studiendesign ein *Cross-over-Design* gewählt. Es wurde angenommen, dass dieser Ansatz zu einer vergleichbaren Performance aller Teilnehmenden am Ende der Studie führt, unabhängig von Reihenfolge der durchgelaufenen Kursinhalte (H<sub>4</sub>) [41].

Neben der Performance der Teilnehmenden ist auch die Evaluation durch die Teilnehmenden relevant. Basierend auf vorhergehenden Evaluationsergebnissen des VAC [34] wurde erwartet, dass Teilnehmende nach Teilnahme am VAC eine erhöhte Zufriedenheit zeigen (H<sub>5</sub>), und ihren eigenen Kompetenzzuwachs höher bewerten (H<sub>6</sub>) als nach Teilnahme an einem Fachliteratureigenstudium.

## Hypothesen

---

- H1      A    Verbesserte Beschreibung (DESC) von Herzgeräuschen nach VAC  
          B    Verbesserte Beschreibung (DESC) von Herzgeräuschen an SAM II ©
- 

- H2      A    Verbesserte Diagnosestellung (DIAG) nach VAC  
          B    Verbesserte Diagnosestellung (DIAG) an SAM II ©
- 

- H3      Verbesserte Identifikation des Punctum Maximum (PM) an SAM II ©
- 

- H4      Vergleichbare Performance nach allen Kursen
- 

- H5      Höhere Zufriedenheit nach VAC
- 

- H6      Höher eingeschätzter Zuwachs von Kompetenz nach VAC

**Tabelle 1: Hypothesenübersicht.** Übersicht über die Hypothesen, die im Rahmen dieser Studie aufgestellt wurden. H<sub>x</sub>: Hypothese

2 Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19, Rüllmann, N., Lee, U., Klein, K., Malzkorn, B., Mayatepek, E., Schneider, M., Döing, C., *GMS Journal for Medical Education*, Vol. 37(7):Doc102, (2020)

# Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19

## Abstract

**Introduction:** Auscultation skills are among the basic techniques to be learned in medical school. Such skills are achieved through supervised examination of patients often supported by simulator-based learning. The emergence of COVID-19 has disrupted and continues to hinder hands-on on-site medical training on a global scale.

**Project description:** An effective virtual auscultation course was established in times of contact restrictions due to COVID-19 at the Medical Faculty of the Heinrich Heine University Düsseldorf. The interactive case-based webinar was designed to improve listening techniques, description and interpretation of auscultation findings in an off-site context. Clinical cases with pre-recorded auscultation sounds and additional case-based diagnostics were presented. The course focused on common heart murmurs including aortic and mitral valve stenosis and regurgitation as well as congenital heart defects (ventricular septal defect and patent ductus arteriosus).

**Results:** The course was well received by the students and assessed as being useful and instructive. Assessment of learning effects, such as detection of pathological findings before and after training, is ongoing as part of a subsequent trial.

**Conclusion:** Virtual interactive learning using a sound simulation lesson with clinical case presentations via video chat can well be used as a supplement to practical auscultation training. This learning format could also play a useful role in the curriculum of medical studies once contact restrictions are revoked.

**Keywords:** COVID-19, distance learning, virtual auscultation, case-based learning, peer-teaching, skills lab, video chat

Nils Rüllmann<sup>1</sup>

Unaa Lee<sup>2,3</sup>

Kathrin Klein<sup>3,4</sup>

Bastian Malzkorn<sup>1</sup>

Ertan Mayatepek<sup>2,3</sup>

Matthias Schneider<sup>1</sup>

Carsten Döing<sup>1,2</sup>

1 Heinrich Heine University  
Düsseldorf, Medical Faculty,  
Office of the dean of studies,  
Düsseldorf, Germany

2 University Children's Hospital  
Düsseldorf, Department of  
General Pediatrics,  
Neonatology and Pediatric  
Cardiology, Düsseldorf,  
Germany

3 Heinrich Heine University  
Düsseldorf, Medical Faculty,  
Düsseldorf, Germany

4 University Hospital  
Düsseldorf, Division of  
Cardiology, Pneumology and  
Angiology, Düsseldorf,  
Germany

## Introduction

Auscultation skills are among the most important basic examination techniques to be learned in medical school [1]. The mastery of cardiac, pulmonary and abdominal auscultation requires the development of complex acoustic skills. These are taught in examination training courses, at the bedside and in theoretical lectures. During internships or clinical rotations, the quality of auscultation training varies widely [2], [3]. Bedside teaching is limited by a high student-to-patient ratio and the variability of clinical presentations [4]. Examining uncooperative patients (e.g. children), lack of equipment for simultaneous auscultation, and infrequent exposure to rare physical findings are other difficulties [4], [5].

Novel methods to teach auscultation include use of patient simulators, multimedia teaching programs or the use of electronic stethoscopes [5], [6], [7], [8], [9], [10].

During the COVID-19 pandemic, medical students were temporarily unable to attend classes and contact restrictions obstructed interaction with patients. Therefore, there was an urgent need for alternative training methods [11]. Pre-recorded auscultation sounds have been used for teaching in medical school and in continuing clinical education for many years [12], [13], [14].

A virtual auscultation course was introduced using clinical cases and audio auscultation files to mitigate the lack of on-site practical training. Video chat as a synchronous communication format was chosen as it most closely resembles the interactive character of face-to-face teaching.

## Project description

An interactive case-based online course was designed at short notice to improve listening techniques, description

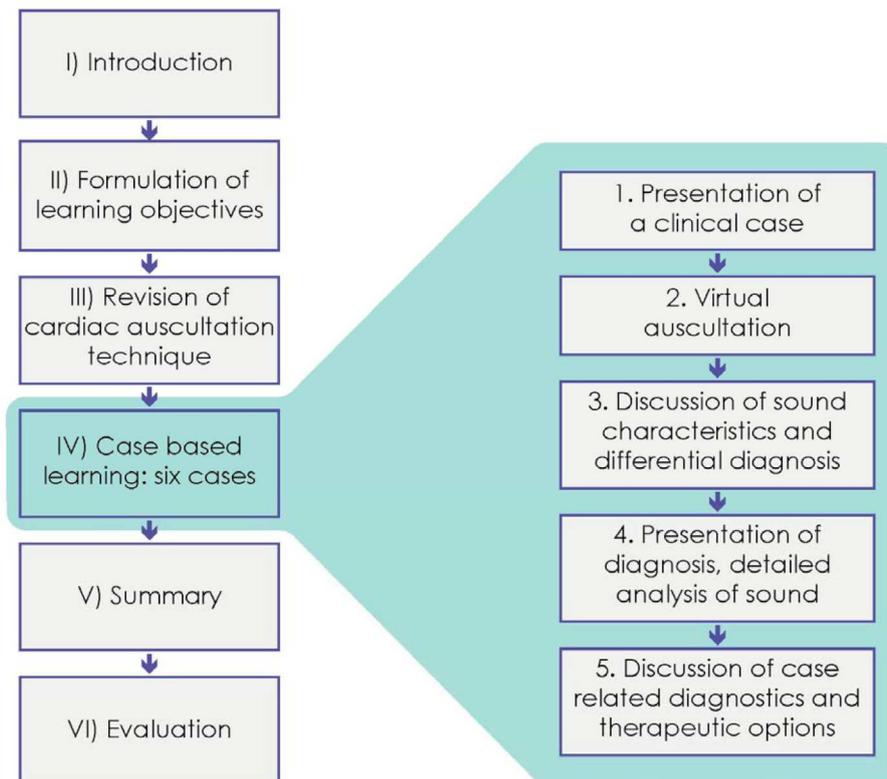


Figure 1: Structure of the virtual auscultation course

and interpretation of auscultation findings in an off-site context. Figure 1 shows the structure of the course.

Clinical cases with pre-recorded auscultation sounds and additional case-based diagnostics were presented, adapted to the model of case-based-learning [15]. The clinical knowledge was deepened by discussing necessary diagnostics, differential diagnoses and therapy. The peer-teaching course was designed by a medical student and supervised by consultant pediatric and adult cardiologists. The virtual auscultation course focused on common heart murmurs such as aortic and mitral valve stenosis and regurgitation as well as congenital heart defects (ventricular septal defect and patent ductus arteriosus). Audio auscultation files generated with an analogue simulator for heart sounds and murmurs were used. The files are part of the online learning program Clinisurf [<https://clinisurf.elearning.aum.iml.unibe.ch/>] at the University of Bern, Switzerland, and used with kind permission.

The course took place via video chat on Microsoft (MS) Teams [<https://www.microsoft.com/de-de/>]. Slides created with MS PowerPoint were uploaded and shared with participants. The auscultation sounds were embedded into the slides as audio files. Slides uploaded in MS Teams allowed participants to play auscultation sounds individually.

The course started with a recapitulation of stethoscope placement and heart sounds followed by instructions on describing auscultation findings.

Heart murmurs were presented in the context of patient cases: Students were introduced to patients who they virtually auscultated via headphones. After description

of the sound's character and discussion of differential diagnoses, the correct diagnosis was presented.

Sounds and murmurs were visualized using diagrams and compared with other auscultation findings. Videos, used with friendly permission of AMBOSS [<https://www.amboss.com/de>], were shown to visualize auscultation positions. Finally, diagnostic and therapeutic options were discussed.

The course lasted two hours with 6 to 7 participants. Participants were final year students in practical training and undergraduate students who completed their internship preparatory course. The course was offered weekly in after-work hours, thus allowing practical year students to participate. The course was evaluated by participants using the Medical Faculty's online evaluation form as routinely used for curricular courses.

## Results

All courses offered were fully booked, indicating a high demand for elective virtual courses as an alternative to purely theoretical learning, especially during COVID-19-related contact restrictions. The course was held 13 times in the summer term (total participants  $n=72$ ).

The participants were asked to evaluate the course using a six-level Likert scale (best score=1) and free text comments. The media used was considered appropriate (MV=1,2, SD=0,5,  $n=63$ ). Participants assessed their recognition of auscultation findings after completion of the course as good (MV=1,7; SD=0,7,  $n=63$ ) and indicated a high level of satisfaction (MV=1.2; SD=0.5,  $n=64$ ).

In comments, participants recommended that the course could be established in the regular curriculum and reported that in courses with bedside teaching there is not always enough time for everyone to individually auscultate patients. Critical feedback referred to sporadic technical problems with image and sound quality due to connectivity issues.

## Discussion

Due to the voluntary nature of participation and the presumably high motivation of participants, these results are only first trends.

Time constraints during the initial pandemic prohibited a formal assessment of the effectiveness and sustainability of the virtual course format. The positive reception justifies the continuation in the upcoming term with initiation of a randomised controlled prospective study of teaching effectivity.

Strengths of the virtual teaching concept are the possible scalability, the independence of location and time and the possible curricular anchoring in preparation for cardiologic bedside teaching in the sense of blended learning. The project is transferable in terms of content as well as conceptually and technically.

Limitations are technical requirements, missing patient contact as well as the missing use of the own stethoscope with identification of the pattern of heart murmur radiation across the thorax.

## Conclusion

The course was met with a high level of demand, acceptance and satisfaction demonstrating that virtual courses can be an alternative for small group lessons in the absence of classroom teaching.

Student interest in the courses underscores the importance of clinical training to improve auscultation skills. Following the concept of blended learning, the range of courses will include hands-on courses using auscultation simulators as soon as on-site teaching is reinstated. This combined approach can lead to an additional benefit and further acquisition of clinical skills.

## Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

## References

1. Chizner MA. Cardiac auscultation: rediscovering the lost art. *Curr Probl Cardiol.* 2008;33(7):326-408. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2008.03.003

2. Holmboe ES. Faculty and the observation of trainees' clinical skills: problems and opportunities. *Acad Med.* 2004;79(1):16-22. DOI: 10.1097/00001888-200401000-00006
3. Mangione S. Cardiac auscultatory skills of physicians-in-training: a comparison of three English-speaking countries. *Am J Med.* 2001;110(3):210-216. DOI: 10.1016/S0002-9343(00)00673-2
4. Vukanovic-Criley JM, Criley S, Warde CM, Boker JR, Guevara-Matheus L, Churchill WH, Nelson WP, Criely JM. Competency in Cardiac Examination Skills in Medical Students, Trainees, Physicians, and Faculty: A Multicenter Study. *Arch Intern Med.* 2006;166(6):610-616. DOI: 10.1001/archinte.166.6.610
5. Mackie A. Auscultation: A review of teaching methods. In: Finley J, editor. *Teaching Heart Auscultation to health professionals: Methods for Improving the practice of an Ancient but Critical Skill.* Ottawa: Canadian Pediatric Cardiology Association (CPCA); 2019. p.13-35.
6. Ewy GA, Felner JM, Juul D, Mayer JW, Sajid AW, Waugh RA. Test of a cardiology patient simulator with students in fourth-year electives. *J Med Educ.* 1987;62(9):738-743. DOI: 10.1097/00001888-198709000-00005
7. Bernardi S, Giudici F, Leone MF, Zuolo G, Furlotti S, Carretta R, Fabris B. A prospective study on the efficacy of patient simulation in heart and lung auscultation. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):275. DOI: 10.1186/s12909-019-1708-6
8. Butter J, McGaghie WC, Cohen ER, Kaye M, Wayne DB. Simulation-based mastery learning improves cardiac auscultation skills in medical students. *J Gen Intern Med.* 2010;25(8):780-785. DOI: 10.1007/s11606-010-1309-x
9. Oliveira AC, Mattos S, Coimbra M. Development and Assessment of an E-learning Course on Pediatric Cardiology Basics. *JMIR Med Educ.* 2017;3(1):e10. DOI: 10.2196/mededu.5434
10. Quinn A, Kaminsky J, Adler A, Eisner S, Ovitsh R. Cardiac auscultation lab using a heart sounds auscultation simulation manikin. *MedEdPORTAL.* 2019;15:10839. DOI: 10.15766/mep\_2374-8265.10839
11. Ward JJ, Wattier BA. Technology for enhancing chest auscultation in clinical simulation. *Respir Care.* 2011;56(6):834-845. DOI: 10.4187/respcare.01072
12. Chen CH, Mullen AJ. COVID-19 Can Catalyze the Modernization of Medical Education. *JMIR Med Educ.* 2020;6(1):e19725. DOI: 10.2196/19725
13. Mangione S, O'Brien MK, Peitzman SJ. Small-group teaching of chest auscultation to third-year medical students. *Acad Med.* 1997;72(10 Suppl 1):S121-S123. DOI: 10.1097/00001888-199710001-00041
14. Tokuda Y, Matayoshi T, Nakama Y, Kurikharu M, Suzuki T, Kitahara Y, Kitai Y, Nakamura T, Itokazu D, Miyazato T. Cardiac auscultation skills among junior doctors: effects of sound simulation lesson. *Int J Med Educ.* 2020;11:107-110. DOI: 10.5116/ijme.5eb6.70c6
15. Kassebaum D, Averbach R, Fryer G. Student preference for a case-based vs. lecture instructional format. *J Dent Educ.* 1991;55(12):781-784.

### Corresponding author:

Carsten Döing

University Children's Hospital Düsseldorf, Department of General Pediatrics, Neonatology and Pediatric Cardiology, Moorenstr. 5, D-40225 Düsseldorf, Germany  
Carsten.Doeing@med.uni-duesseldorf.de

**Please cite as**

Rüllmann N, Lee U, Klein K, Malzkorn B, Mayatepek E, Schneider M, Döing C. Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19. *GMS J Med Educ.* 2020;37(7):Doc102.  
DOI: 10.3205/zma001395, URN: urn:nbn:de:0183-zma0013951

**This article is freely available from**

<https://www.egms.de/en/journals/zma/2020-37/zma001395.shtml>

**Received:** 2020-07-28

**Revised:** 2020-10-14

**Accepted:** 2020-10-29

**Published:** 2020-12-03

**Copyright**

©2020 Rüllmann et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

# Virtueller Auskultationskurs für Medizinstudierende via Videokonferenz in Zeiten von COVID-19

## Zusammenfassung

**Einleitung:** Auskultationsfertigkeiten gehören zu den grundlegenden Fertigkeiten, die in der medizinischen Ausbildung erlernt werden müssen. Diese werden durch supervidierte Patientenuntersuchung erworben und können durch simulatorbasiertes Lernen unterstützt werden.

Die COVID-19-Pandemie hat die praktisch medizinische Ausbildung vor Ort weltweit beeinträchtigt und behindert diese weiterhin.

**Projektbeschreibung:** An der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf wurde in Zeiten von Kontaktbeschränkungen aufgrund von COVID-19 ein virtueller Auskultationskurs etabliert. Das interaktive, fallbasierte Online-Seminar wurde entwickelt, um die Hörtechniken, die Beschreibung und die Interpretation von Auskultationsbefunden in einem Off-Site-Kontext zu verbessern. Es wurden klinische Fälle mit voraufgezeichneten Auskultationsbefunden und zusätzlicher fallbasierter Diagnostik vorgestellt. Der Kurs konzentrierte sich auf häufige Herzgeräusche einschließlich der Stenosen und Insuffizienzen von Aorten- und Mitralklappe sowie auf angeborene Herzfehler (Ventrikelseptumdefekt und persistierender Ductus arteriosus).

**Ergebnisse:** Der Kurs wurde von den Studierenden gut angenommen und als nützlich und lehrreich bewertet. Die Beurteilung von Lerneffekten, wie z.B. das Erkennen von pathologischen Befunden vor und nach dem Training, wird im Rahmen einer Folgestudie untersucht.

**Schlussfolgerung:** Virtuelles interaktives Lernen mittels Geräuschsimulationseinheiten mit klinischen Fallpräsentationen via Videokonferenz kann als Ergänzung zum praktischen Auskultationstraining eingesetzt werden. Dieses Lernformat könnte auch weiterhin im Curriculum des Medizinstudiums genutzt werden, sobald die Kontaktbeschränkungen aufgehoben werden.

**Schlüsselwörter:** COVID-19, Fernunterricht, virtuelle Auskultation, fallbasiertes Lernen, Peer-Teaching, Skills Lab, Videokonferenz

Nils Rüllmann<sup>1</sup>

Unaa Lee<sup>2,3</sup>

Kathrin Klein<sup>3,4</sup>

Bastian Malzkorn<sup>1</sup>

Ertan Mayatepek<sup>2,3</sup>

Matthias Schneider<sup>1</sup>

Carsten Döing<sup>1,2</sup>

1 Heinrich-Heine-Universität  
Düsseldorf, Medizinische  
Fakultät, Studiendekanat,  
Düsseldorf, Deutschland

2 Universitätsklinikum  
Düsseldorf, Klinik für  
Allgemeine Pädiatrie,  
Neonatologie und  
Kinderkardiologie,  
Düsseldorf, Deutschland

3 Heinrich-Heine-Universität  
Düsseldorf, Medizinische  
Fakultät, Düsseldorf,  
Deutschland

4 Universitätsklinikum  
Düsseldorf, Klinik für  
Kardiologie, Pneumologie  
und Angiologie, Düsseldorf,  
Deutschland

## Einführung

Auskultationsfertigkeiten gehören zu den wichtigsten grundlegenden Untersuchungstechniken, die im Medizinstudium erlernt werden müssen [1]. Die Beherrschung der kardialen, pulmonalen und abdominalen Auskultation erfordert die Entwicklung komplexer auditiver Fähigkeiten. Diese werden in Untersuchungskursen, am Krankenbett und in Vorlesungen vermittelt. In Famulaturen oder in klinischen Rotationen variiert die Qualität der Auskultationsausbildung stark [2], [3]. Der Unterricht am Krankenbett ist durch ein hohes Studierenden-Patienten-Verhältnis und die Variabilität der klinischen Präsentationen limitiert [4]. Die Untersuchung unkooperativer Patient\*innen (z.B. Kinder), der Mangel an Lehrstethoskopen für

die simultane Auskultation und die wechselnde Exposition gegenüber seltenen Untersuchungsbefunden sind weitere Herausforderungen [4], [5].

Neuartige Methoden für den Auskultationsunterricht sind die Verwendung von Patientensimulatoren, multimedialen Lehrprogrammen oder der Einsatz von elektronischen Stethoskopen [5], [6], [7], [8], [9], [10].

Während der COVID-19-Pandemie waren Medizinstudierende vorübergehend nicht in der Lage am Praxisunterricht teilzunehmen und Kontaktbeschränkungen behinderten die Interaktion mit Patient\*innen. Daher bestand ein dringender Bedarf an alternativen Ausbildungsmethoden [11]. Voraufgezeichnete Auskultationsbefunde werden seit vielen Jahren für den Unterricht an der medizinischen Fakultät und in der klinischen Fortbildung verwendet [12], [13], [14].

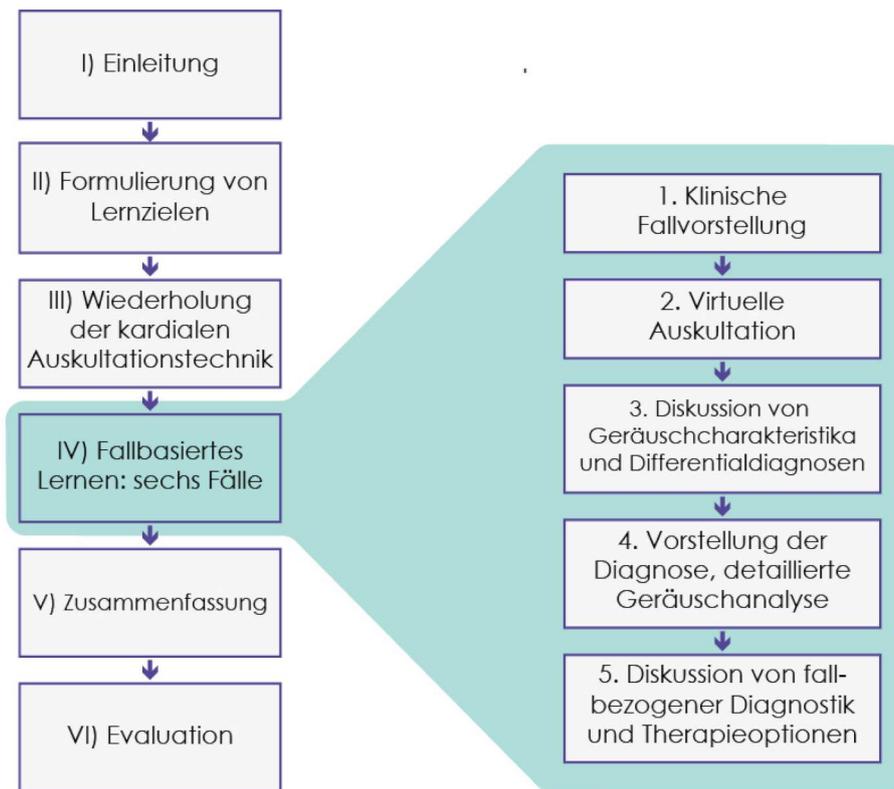


Abbildung 1: Struktur des virtuellen Auskultationskurses

Ein virtueller Auskultationskurs mit klinischen Fällen und Audio-Auskultationsbeispielen wurde eingeführt, um den Mangel an praktischer Ausbildung vor Ort zu kompensieren. Das Format der Videokonferenz als synchrones Kommunikationsformat wurde gewählt, da es dem interaktiven Charakter des Präsenzunterrichts am ehesten entspricht.

## Beschreibung des Projekts

Ein interaktiver fallbasierter Online-Kurs wurde kurzfristig konzipiert, um die Hörtechniken sowie die Beschreibung und Interpretation von Auskultationsbefunden in einem Off-Site-Kontext zu verbessern. Abbildung 1 zeigt die Struktur des Kurses.

Es wurden klinische Fälle mit voraufgezeichneten Auskultationsgeräuschen und zusätzlicher fallbasierter Diagnostik angepasst an das Modell des fallbasierten Lernens [15] vorgestellt. Das klinische Wissen wurde vertieft indem notwendige Diagnostik, Differentialdiagnosen und Therapie diskutiert wurden. Der Peer-Teaching-Kurs wurde von einem Medizinstudenten konzipiert und von Kinder- und Erwachsenenkardiologinnen supervidiert. Der virtuelle Auskultationskurs konzentrierte sich auf häufige Herzgeräusche einschließlich der Stenosen und Insuffizienzen von Aorten- und Mitralklappe sowie auf angeborene Herzfehler (Ventrikelseptumdefekt und persistierender Ductus arteriosus). Es wurden Audio-Auskultationsdateien verwendet, die mit einem analogen Simulator für Herztöne und Herzgeräusche erstellt wurden. Die Dateien sind Teil des Online-Lernprogramms Clinisurf

[<https://clinisurf.elearning.aum.iml.unibe.ch/>] der Universität Bern, Schweiz, und wurden mit freundlicher Genehmigung verwendet.

Der Kurs fand per Videokonferenz auf Microsoft (MS) Teams statt [<https://www.microsoft.com/de-de/>]. Mit MS PowerPoint erstellte Folien wurden hochgeladen und mit den Teilnehmenden geteilt. Die Auskultationsgeräusche wurden als Audiodateien in die Folien eingebettet. Die in MS-Teams hochgeladenen Folien ermöglichten es den Teilnehmenden, die Auskultationsbefunde individuell abzuspielen.

Der Kurs begann mit einer Rekapitulation der Stethoskopplatzierung und der Herztöne, gefolgt von Hinweisen zur Beschreibung der Auskultationsergebnisse.

Herzgeräusche wurden im Kontext von Patient\*innenfällen präsentiert: Den Studierenden wurden Patient\*innen vorgestellt, die sie virtuell über Kopfhörer auskultierten. Nach der Beschreibung des Charakters der Geräusche und der Diskussion der Differentialdiagnosen wurde die richtige Diagnose vorgestellt.

Die Töne und Geräusche wurden anhand von Diagrammen visualisiert und mit anderen Auskultationsbefunden verglichen. Zur Visualisierung der Auskultationspositionen wurden Videos gezeigt, die mit freundlicher Genehmigung von AMBOSS [<https://www.amboss.com/de>] verwendet wurden. Abschließend wurden diagnostische und therapeutische Möglichkeiten diskutiert.

Der Kurs dauerte zwei Stunden mit 6 bis 7 Teilnehmenden. Die Teilnehmenden waren Studierende im Praktischen Jahr und im klinischen Studienabschnitt, die den Famulaturrefekurs abgeschlossen hatten. Der Kurs wurde wöchentlich abends angeboten, so dass auch

Studierende im Praktischen Jahr daran teilnehmen konnten. Der Kurs wurde von den Teilnehmenden mit Hilfe des Online-Evaluationsformulars der Medizinischen Fakultät bewertet, das routinemäßig für curriculare Kurse verwendet wird.

## Ergebnisse

Alle angebotenen Kurse waren ausgebucht, hinweisend auf eine hohe Nachfrage nach elektiven virtuellen Kursen als Alternative zum rein theoretischen Lernen insbesondere während der COVID-19-bezogenen Kontaktbeschränkungen. Der Kurs wurde im Sommersemester 13 Mal durchgeführt (Gesamtteilnehmendenzahl N=72).

Die Teilnehmenden wurden gebeten, den Kurs anhand einer sechsstufigen Likert-Skala (beste Punktzahl=1) und freier Textkommentare zu bewerten. Die verwendeten Medien wurden als sinnvoll beurteilt (MW=1,2, SD=0,5, N=63). Die Teilnehmenden bewerteten die Wiedererkennung der im Kurs vorgestellten Auskultationsbefunde als gut (MW=1,7; SD=0,7, N=63) und gaben ein hohes Maß an Zufriedenheit an (MW=1,2; SD=0,5, N=64).

In Kommentaren empfahlen die Teilnehmenden, den Kurs in das reguläre Curriculum zu integrieren und berichteten, dass in Kursen mit Unterricht am Krankenbett nicht immer genügend Zeit für die individuelle Auskultation aller Patienten zur Verfügung stehe. Kritisches Feedback bezog sich auf sporadisch auftretende technische Probleme der Bild- und Tonqualität aufgrund von Verbindungsproblemen.

## Diskussion

Aufgrund des freiwilligen Charakters der Kursteilnahme und der vermutlich hohen Motivation der Teilnehmenden sind diese Ergebnisse nur erste Tendenzen.

Zeitliche Beschränkungen während der initialen Phase der Pandemie verhinderten eine formale Bewertung der Wirksamkeit und Nachhaltigkeit des virtuellen Kursformats. Die positive Resonanz rechtfertigt die Fortführung des Kurses im kommenden Semester mit der Initiierung einer randomisierten kontrollierten prospektiven Studie zur Lehreffektivität.

Stärken des virtuellen Lehrkonzeptes sind die mögliche Skalierbarkeit, die Unabhängigkeit von Ort und Zeit sowie die mögliche curriculare Verankerung in der Vorbereitung auf den kardiologischen Unterricht am Krankenbett im Sinne des Blended Learning. Das Projekt ist sowohl inhaltlich als auch konzeptionell und technisch auf andere Standorte übertragbar.

Einschränkungen sind die technischen Voraussetzungen, fehlender Patient\*innenkontakt sowie die fehlende Verwendung des eigenen Stethoskops mit Identifizierung des Musters der Herzgeräuschausstrahlung über dem Thorax.

## Schlussfolgerung

Der Kurs stieß auf eine hohe Nachfrage, Akzeptanz und Zufriedenheit, darauf hinweisend, dass virtuelle Kurse eine Alternative für Kleingruppenunterricht sein können, wenn keine Präsenzlehre stattfinden kann.

Das Interesse der Studierenden an den Kursen unterstreicht die Bedeutung der klinischen Ausbildung zur Verbesserung der Auskultationsfertigkeiten. Dem Konzept des Blended Learning folgend, wird das Kursangebot praktische Kurse mit Auskultationssimulatoren beinhalten, sobald der Unterricht vor Ort wieder aufgenommen wird. Dieser kombinierte Ansatz kann zu einem verbesserten Erwerb klinischer Fertigkeiten führen.

## Interessenkonflikt

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

## Literatur

1. Chizner MA. Cardiac auscultation: rediscovering the lost art. *Curr Probl Cardiol.* 2008;33(7):326-408. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2008.03.003
2. Holmboe ES. Faculty and the observation of trainees' clinical skills: problems and opportunities. *Acad Med.* 2004;79(1):16-22. DOI: 10.1097/00001888-200401000-00006
3. Mangione S. Cardiac auscultatory skills of physicians-in-training: a comparison of three English-speaking countries. *Am J Med.* 2001;110(3):210-216. DOI: 10.1016/S0002-9343(00)00673-2
4. Vukanovic-Criley JM, Criley S, Warde CM, Boker JR, Guevara-Matheus L, Churchill WH, Nelson WP, Criely JM. Competency in Cardiac Examination Skills in Medical Students, Trainees, Physicians, and Faculty: A Multicenter Study. *Arch Intern Med.* 2006;166(6):610-616. DOI: 10.1001/archinte.166.6.610
5. Mackie A. Auscultation: A review of teaching methods. In: Finley J, editor. *Teaching Heart Auscultation to health professionals: Methods for Improving the practice of an Ancient but Critical Skill.* Ottawa: Canadian Pediatric Cardiology Association (CPCA); 2019. p.13-35.
6. Ewy GA, Felner JM, Juul D, Mayer JW, Sajid AW, Waugh RA. Test of a cardiology patient simulator with students in fourth-year electives. *J Med Educ.* 1987;62(9):738-743. DOI: 10.1097/00001888-198709000-00005
7. Bernardi S, Giudici F, Leone MF, Zuolo G, Furlotti S, Carretta R, Fabris B. A prospective study on the efficacy of patient simulation in heart and lung auscultation. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):275. DOI: 10.1186/s12909-019-1708-6
8. Butter J, McGaghie WC, Cohen ER, Kaye M, Wayne DB. Simulation-based mastery learning improves cardiac auscultation skills in medical students. *J Gen Intern Med.* 2010;25(8):780-785. DOI: 10.1007/s11606-010-1309-x
9. Oliveira AC, Mattos S, Coimbra M. Development and Assessment of an E-learning Course on Pediatric Cardiology Basics. *JMIR Med Educ.* 2017;3(1):e10. DOI: 10.2196/mededu.5434
10. Quinn A, Kaminsky J, Adler A, Eisner S, Ovitsh R. Cardiac auscultation lab using a heart sounds auscultation simulation manikin. *MedEdPORTAL.* 2019;15:10839. DOI: 10.15766/mep\_2374-8265.10839

11. Ward JJ, Wattier BA. Technology for enhancing chest auscultation in clinical simulation. *Respir Care*. 2011;56(6):834-845. DOI: 10.4187/respcare.01072
12. Chen CH, Mullen AJ. COVID-19 Can Catalyze the Modernization of Medical Education. *JMIR Med Educ*. 2020;6(1):e19725. DOI: 10.2196/19725
13. Mangione S, O'Brien MK, Peitzman SJ. Small-group teaching of chest auscultation to third-year medical students. *Acad Med*. 1997;72(10 Suppl 1):S121-S123. DOI: 10.1097/00001888-199710001-00041
14. Tokuda Y, Matayoshi T, Nakama Y, Kurikihara M, Suzuki T, Kitahara Y, Kitai Y, Nakamura T, Itokazu D, Miyazato T. Cardiac auscultation skills among junior doctors: effects of sound simulation lesson. *Int J Med Educ*. 2020;11:107-110. DOI: 10.5116/ijme.5eb6.70c6
15. Kassebaum D, Averbach R, Fryer G. Student preference for a case-based vs. lecture instructional format. *J Dent Educ*. 1991;55(12):781-784.

**Korrespondenzadresse:**

Carsten Döing  
Universitätsklinikum Düsseldorf, Klinik für Allgemeine Pädiatrie, Neonatologie und Kinderkardiologie, Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf, Deutschland  
Carsten.Doeing@med.uni-duesseldorf.de

**Bitte zitieren als**

Rüllmann N, Lee U, Klein K, Malzkorn B, Mayatepek E, Schneider M, Döing C. Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19. *GMS J Med Educ*. 2020;37(7):Doc102. DOI: 10.3205/zma001395, URN: urn:nbn:de:0183-zma0013951

**Artikel online frei zugänglich unter**

<https://www.egms.de/en/journals/zma/2020-37/zma001395.shtml>

**Eingereicht:** 28.07.2020

**Überarbeitet:** 14.10.2020

**Angenommen:** 29.10.2020

**Veröffentlicht:** 03.12.2020

**Copyright**

©2020 Rüllmann et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

3 Virtual auscultation course via video chat in times of COVID-19 improves cardiac auscultation skills compared to literature self-study in third-year medical students: a prospective randomized controlled cross-over study, Rüllmann, N., Hirtz, R., Lee, U., Klein, K., Mayatepek, E., Malzkorn, B., Döing, C., GMS Journal for Medical Education, Vol 39(2):Doc21, (2022)

# Virtual auscultation course via video chat in times of COVID-19 improves cardiac auscultation skills compared to literature self-study in third-year medical students: a prospective randomized controlled cross-over study

## Abstract

**Background:** Cardiac auscultation is a core clinical skill taught in medical school. Due to contact restrictions during the SARS-CoV-2 pandemic, interaction with patients was very limited. Therefore, a peer-to-peer virtual case-based auscultation course via video conference was established.

**Methods:** A randomized controlled cross-over study was conducted to evaluate whether participation in a virtual auscultation course could improve heart auscultation skills in 3<sup>rd</sup>-year medical students. A total of sixty medical students were randomly assigned to either the experimental or control group after informed consent was obtained. Due to no-shows, 55 students participated. Depending on allocation, students attended three ninety-minute courses in intervals of one week in a different order: a virtual case-based auscultation course held via video chat, literature self-study, and an on-site course using a high-fidelity auscultation simulator (SAM II). The study's primary endpoint was the performance of the two groups at the simulator after participating in the virtual auscultation course or literature self-study. To evaluate their auscultation skills, students participated in five assessments using the same six pathologies: stenosis and regurgitation of the aortic and mitral valve, ventricular septal defect, and patent ductus arteriosus. Moreover, participants rated their satisfaction with each course and provided a self-assessment of competence.

**Results:** Compared to literature self-study, participation in the virtual auscultation course led to a significantly improved description of heart murmurs at the auscultation simulator with regard to the presence in systole and diastole, low- and high-pitched sounds, and volume dynamics. There was no significant difference between the groups in diagnostic accuracy and identification of the point of maximal intensity. After the virtual course, students showed higher satisfaction rates and a higher increase in self-assessed competence compared to participants who engaged in literature self-study.

**Conclusions:** For the first time, this study demonstrates that a case-based virtual auscultation course can improve aspects of cardiac auscultation skills on a simulator. This may facilitate the further acquisition of an essential clinical skill, even when contact restrictions will be lifted.

**Keywords:** virtual auscultation, video chat, literature self-study, distance-based learning, patient simulator, heart auscultation, COVID-19, skills lab, peer teaching

Nils Rüllmann<sup>1,2</sup>

Raphael Hirtz<sup>3</sup>

Unaa Lee<sup>2</sup>

Kathrin Klein<sup>4</sup>

Ertan Mayatepek<sup>2</sup>

Bastian Malzkorn<sup>1</sup>

Carsten Döing<sup>1,2</sup>

1 Heinrich-Heine-University  
Düsseldorf, Medical Faculty,  
Office of the dean of studies,  
Düsseldorf, Germany

2 University Children's Hospital  
Düsseldorf, Department of  
General Pediatrics,  
Neonatology and Pediatric  
Cardiology, Düsseldorf,  
Germany

3 University of Duisburg-Essen,  
Department of Pediatrics II,  
Division of Pediatric  
Endocrinology and  
Diabetology, Essen, Germany

4 University Hospital  
Düsseldorf, Division of  
Cardiology, Pneumology and  
Angiology, Düsseldorf,  
Germany

## 1. Background

Cardiac auscultation using a stethoscope allows immediate identification of important cardiac pathologies. It is easily accessible and part of most physical examinations enabling skilled examiners to make an accurate diagnosis [1] or to initiate further diagnostics.

Auscultation is an essential examination technique. However, it requires the development of complex auditory skills. In medical education, these skills are taught through lectures, examination courses, and bedside teaching. Bedside teaching allows medical students to learn in a realistic environment, place heard heart sounds in context with other physical findings and recognize typical patterns of sound radiation across the thorax. However, infrequent exposure to rare findings as well as a high ratio of learners to patients pose challenges [2]. Moreover, the variability of clinical presentations prevents standardized teaching [3], and patients (e.g., young children) may not be amenable to or available for examination, most recently due to contact restrictions during the SARS-CoV-2 pandemic.

In the past, many studies have shown poor auscultation skills of medical students [4], residents, as well as practicing physicians [4], [5], [6], [7], [8], illustrating the need for better training methods. Although a core clinical skill, clinical practice does not necessarily improve cardiac auscultation skills [9], [10], [11].

Addressing a generation of digital natives, the use of simulation technology and e-learning for skills training and assessment in medical education has progressively increased over the last two decades: Multiple simulation methods to train cardiac auscultation, summarized in a review of Ward and Wattier [12] and a meta-analysis by McKinney, Cook [13], allow for improving the transfer of cardiac auscultation skills to clinical settings [14]. Virtual teaching programs range from sound simulation [15], [16], [17] to virtual patient examinations [18] and pediatric e-learning courses on cardiology basics [19]. Auscultation training on on-site simulators (e.g., Student Auscultation Manikin=SAM II) and simulated patients in skills labs provide another opportunity to learn and improve auscultation skills of normal and pathological findings [2], [12], [14], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26].

During the ongoing contact restrictions due to the SARS-CoV-2 pandemic, courses at the on-site skills lab with an auscultation manikin were suspended, and interaction with real patients in the context of bedside teaching was compromised [27]. Similar obstacles were described during the outbreak of SARS-CoV-1 [28]. The urgent need for alternative training methods turned out to be an opportunity to further catalyze the modernization of medical education [29] at our faculty during the summer term of 2020: A virtual auscultation course (VAC) via video conference was designed by a student with extensive experience in peer-teaching and supervised by specialist cardiologists [27].

According to results from previous studies [14], [20], [21], [22], [23], the following hypotheses (H) were derived re-

garding the effect of a VAC on the auscultation skills of medical students: Participation in the VAC allows for better description ( $H_1$ ), higher diagnostic accuracy ( $H_2$ ), and more reliable identification of the point of maximal intensity ( $H_3$ ) of heart murmurs when compared to literature self-study, immediately after the course ( $H_{1A}$ ,  $H_{2A}$ ) and at follow-up at the simulator ( $H_{1B}$ ,  $H_{2B}$ ,  $H_3$ ). The participant's performance at the simulator was the study's primary endpoint ( $H_{1B}$ ,  $H_{2B}$ ,  $H_3$ ).

To allow participants to benefit from all teaching methods, a cross-over design was chosen. It was hypothesized, that this approach results in comparable cardiac auscultation skills in participants by the end of the study, irrespective of the randomization order ( $H_4$ ) [30], [31].

Following previous evaluation results [27], it was expected that attendance of the virtual auscultation course leads to increased satisfaction ( $H_5$ ) and a higher increase in self-assessed competence ( $H_6$ ) when compared to literature self-study.

## 2. Methods

### 2.1. Study design

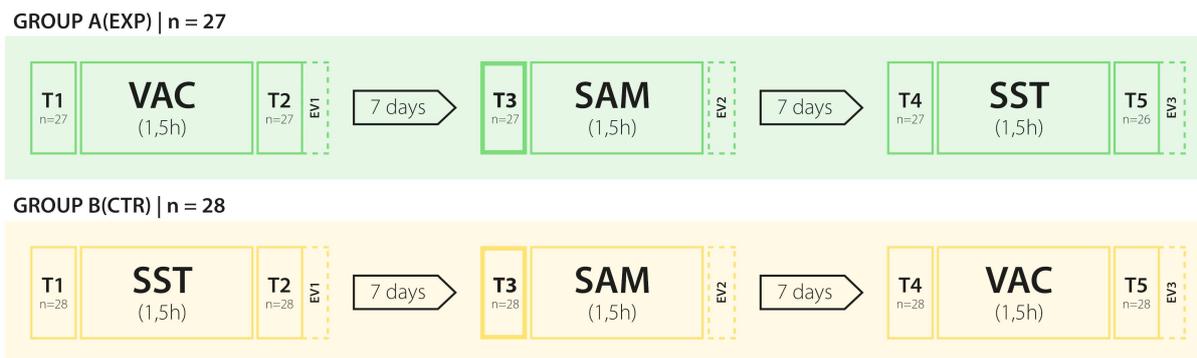
A prospective, randomized, controlled cross-over study was carried out at the Medical Faculty of the Heinrich-Heine-University of Duesseldorf, Germany. The study was designed to compare cardiac auscultation skills after participating in a one-time ninety-minute, virtual case-based auscultation course with participation in time-equivalent literature self-study.

As shown in figure 1, three course formats were offered during this study in a different order: a virtual auscultation course (VAC), literature self-study (SST) during a video conference, both held via Microsoft Teams (MS Teams; [https://www.microsoft.com/de-de]), and an on-site course using a student auscultation manikin (SAM). Courses took place one week apart in groups of 5 (SAM) to 10 participants (VAC & SST).

Auscultation performance was assessed on five occasions (T1-T5) using the same six pathologies found in adult and pediatric patients: stenosis and regurgitation of the aortic and mitral valve, ventricular septal defect, and patent ductus arteriosus. The primary endpoint of the study was the performance at an auscultation simulator seven days after participating in one of two different interventions. Group A (exposed) participated in a virtual auscultation course (VAC), Group B (Control group) in literature self-study. Assessments T1, T2, T4, T5 were conducted before and after the VAC and SST to monitor any direct effect on the auscultation performance.

Participant's satisfaction and self-rated competence were assessed using evaluation forms completed after every course (EV1-EV3).

Approval for the study was obtained from the Ethics Committee of the Medical Faculty, Heinrich Heine University, Germany, (Nr. 2021-1298). The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki.



**Figure 1: Study design: a prospective controlled cross-over design including three interventions (VAC: virtual auscultation course, SAM: student auscultation manikin, SST: literature self-study), five assessments (T1-T5) and evaluations (EV) of student's satisfaction and increase in self-assessed competence after every intervention (EV1-EV3) one week apart. Order of exposed group in green, order of control group in yellow. The participant's performance at T3 is defined as the primary endpoint.**

## 2.2. Randomization

Sixty third-year medical students were recruited on a voluntary basis and provided informed consent to participate. Successful attendance was rewarded with 10€. The randomization process is shown in figure 2. During the first two years of the curriculum, students at the Medical Faculty of the Heinrich Heine University participate in a preparatory course for internships, learning cardiac auscultation of the healthy heart. Pathological findings are covered during cardiology lectures in the fourth year of their studies.

## 2.3. Interventions

Students participated in three courses (VAC, SST, SAM) of equal length (90 min) in two different orders, depending on randomization. To avoid bias, all courses were held by the same tutor.

### 2.3.1. Virtual auscultation course (VAC)

The interactive online seminar was designed to improve listening technique, description, and interpretation of auscultation findings in an off-site context [27]. This case-based course was held by an experienced medical student as peer-teaching has proven its benefit for both teachers and learners [30], [32]. Clinical cases with synthesized auscultation sounds were presented adapted to the model of case-based learning [33], [34]. Adult and pediatric cases were discussed.

With kind permission, synthesized heart sounds, provided by the online learning program Clinisurf [<https://clinisurf.elearning.aum.iml.unibe.ch/>] developed at the University of Bern, Switzerland, were used.

### 2.3.2. Literature self-study (SST)

The control intervention consisted of studying excerpts from two German textbooks teaching cardiac auscultation: "Füßel: Anamnesis and Clinical Examination" ([35], p.184, 196, 197-207) as the reference of the medical faculty's internship preparatory course and "Erdmann: Clinical

Cardiology" ([36], p.375-377, 381-383, 397-415) as a reference textbook for cardiology lectures. These excerpts were made available as eBook chapters at the beginning of a supervised, 90 minutes video conference. The description of heart murmurs, including phonocardiographic visualizations, and the presented clinical knowledge corresponded to that of the VAC.

So far, there is no evidence on the efficacy of literature study on cardiac auscultation. It was chosen as control intervention because it represents a standard method for medical students to prepare for the clinical environment. Self-study is thus a relevant comparator even if teaching auscultation via literature alone is uncommon and the effectiveness of self-study has not been evaluated previously.

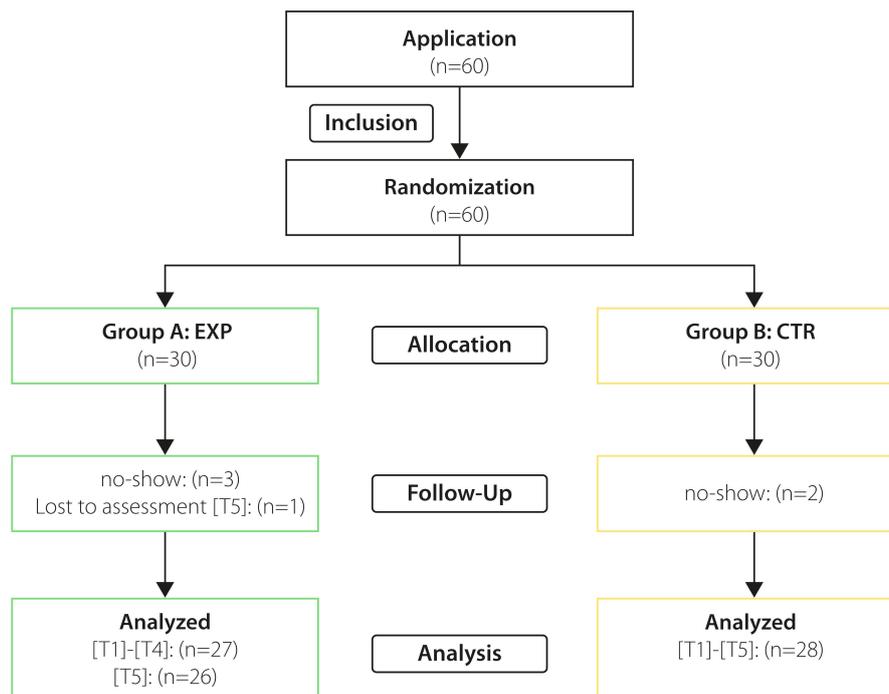
### 2.3.3. Auscultation simulator (SAM)

In the skills lab, participants auscultated the simulator Cardionics Student Auscultation Manikin II (SAM, Cardionics, Webster, Texas, USA) which presented the same six heart murmurs. Auscultation performance was assessed (T3). After the assessment, different heart murmurs were presented, and associated cardiac pathologies and their clinical background were discussed with the tutor.

## 2.4. Assessment

The order of the cardiac pathologies was randomized using the Research Randomizer [<https://www.randomizer.org/>]. To avoid confounding, the order of pathologies was identical following the study's cross-over design: Before VAC, SST and SAM and after VAC and SST, the same order was used for both groups.

Directly before and after VAC and SST (T1, T2, T4, T5), students listened to auscultation sounds using their own headphones, lasting 15 minutes. They were asked to describe the sound characteristics (e.g., systolic/diastolic murmur, low-/high-pitched sound, volume dynamics) and make a diagnosis of each auscultation finding. The presented auscultation files were those used in the VAC



**Figure 2: Randomization:** N = 60 medical students were recruited and randomly assigned to two equally sized groups using random numbers generated by the Research Randomizer [https://www.randomizer.org]. Group A (EXP) = exposed group, B (CTR) = control group. Due to no-shows, the study started with n=55 participants (A: n=27; B: n=28); one participant of group A was lost to follow-up. Inclusion criteria: Age > 18 years, third year medical students at Heinrich Heine University Düsseldorf, internet access, declaration of consent to participate in the study. Exclusion criteria: Withdrawal of consent.

and were the same for the assessments T1, T2, T4, T5. The participants did not receive feedback.

At the simulator, participants used their own stethoscopes to auscultate the same murmurs studied during the VAC and SST. In addition to a description of sound characteristics and a diagnosis regarding the presented pathologies at T1, T2, T4, T5, participants were also asked to indicate a point of maximal intensity for each heart murmur. The synthesized auscultation sounds were provided by Cardionics, the manufacturer of the auscultation manikin SAM II.

## 2.5. Data collection & processing

For the performance categories “sound description” (DESC), “diagnosis” (DIAG), and, at the simulator, “point of maximal intensity” (PM), participants provided their answers via questionnaires in an open text format. The assessments were performed with the Medical Faculty's online evaluation form and anonymized by source. For online courses (VAC & SST), the questionnaires (T1, T2, T4, T5) were accessible via internet. Time stamps ensured the participant's compliance with the 90 minutes time frame directly before or after the courses. For the on-site course (SAM, T3), printed questionnaires were completed manually and digitalized later.

Answers on each item were compared to a list of accepted answers and assessed by two raters. In cases of disagreement, the final score was assigned by a third rater, a cardiologist. A correct answer was awarded one point. For the evaluation of results scores were separately

summed for each of the assessed performance categories (DIAG, DESC, PM). The maximum score in each category was six points.

Additional evaluation forms (EV1-EV3) using six-point Likert scales (best score=1) were employed after every course to measure satisfaction and self-assessed increase in competence.

## 2.6. Statistics

Data handling and statistical analyses were performed with SPSS 27 (Armonk, NY: IBM Corp.).  $H_{1,6}$  were assessed by two-tailed testing and results deemed significant at  $p < .05$ . Considering that  $H_4$  coincides with the (statistical)  $H_0$  (i.e., no performance difference at T5 between groups regarding different intervention sequences),  $H_4$  was assessed at an adjusted  $\alpha$ -level of  $p < .20$ . This approach allows for increasing the chance to reject  $H_0$ , as recommended when testing for equivalence [37]. All other analyses were deemed exploratory and therefore, not corrected for multiple comparisons.

Effect size was interpreted according to Cohen [38] ( $d$ : small  $0.20 \leq d < 0.49$ , medium  $0.50 \leq d < 0.79$ , large  $\geq 0.8$ ). Power analyses were performed with GPower 3.1 [39] (assuming:  $\alpha = .05$ , two-tailed testing, sufficient power =  $1 - \beta \geq 0.8$ ).

Sum scores regarding diagnosis and sound description at T1-T5 as well as identification of the point of maximal intensity at T3 were non-normally distributed and contained outliers as identified by Shapiro-Wilk tests, visual inspection of Q-Q plots, and boxplots. This also applied

**Table 1: Cardiac auscultation performance (T1-T5): Sum scores of sound description (DESC) and diagnosis (DIAG) at T1-T5 as well as identification of the point of maximal intensity (PM) at T3 (maximum score=6). Performance of Mann-Whitney U tests comparing the experimental (A) and control group (B). Power (d) only sufficient for detecting a large effect size (power (1- $\beta$ ):  $d \geq 0.8 = 0.81$ ).**

		A(EXP)		B(CTR)		Mann-Whitney U test			
		n	median	n	median	U	z	p	d
T1	DESC	27	0	28	0	377.5	-0.01	.99	-
	DIAG		0		0.5	373	-0.09	.93	-
T2	DESC	27	4	28	1	62	-5.28	<.001	2.06
	DIAG		4		1	62.5	-5.38	<.001	2.05
T3 (Primary endpoint)	DESC	27	3	28	0	62	-5.48	<.001	2.06
	DIAG		1		1	347.5	-0.53	.60	-
	PM		3		3	342.5	-0.62	.54	-
T4	DESC	27	4	28	2	62	-3.97	<.001	1.24
	DIAG		3		1	211	-2.86	.004	0.82
T5	DESC	26	4	28	4	377.5	-0.04	.97	-
	DIAG		4		3	319	-1.01	.31	-

to the items evaluating course satisfaction and self-assessed competence ( $H_5$ ,  $H_6$ ). When also considering the design of the study that did not allow for a repeated measure approach, Mann-Whitney U tests were performed to compare the experimental and control group concerning all outcome measures.

## 3. Results

### 3.1. Cardiac auscultation skills

There was a significant difference in description performance (DESC; e.g. systolic/diastolic murmur, low-/high-pitched sound, volume dynamics) between the experimental (N=27) and control group (N=28) immediately after the first course (T2:  $Median_{exp}=4$ ,  $Median_{control}=1$ ;  $p < .001$ ,  $d=2.06$ ), at the simulator (T3:  $Median_{exp}=3$ ,  $Median_{control}=0$ ;  $p < .001$ ,  $d=2.06$ ), and before the third course (T4:  $Median_{exp}=4$ ,  $Median_{control}=2$ ;  $p < .001$ ,  $d=1.24$ ), which was not present at the first assessment (T1:  $Median_{exp}=0$ ,  $Median_{control}=0$ ;  $p=.99$ ;  $H_{1A-B}$  proved), (see figure 3 and table 1).

In terms of diagnostic accuracy (DIAG), no significant difference was found between groups at the first assessment (T1:  $Median_{exp}=0$ ,  $Median_{control}=0.5$ ;  $p=.93$ ) and at the simulator (T3:  $Median_{exp}=1$ ,  $Median_{control}=1$ ;  $p=.60$ ;  $H_{2B}$  disproved). However, immediately after the first course and before the third course, there was a significant difference (T2:  $Median_{exp}=4$ ,  $Median_{control}=1$ ;  $p < .001$ ,  $d=2.05$ ; T4:  $Median_{exp}=3$ ,  $Median_{control}=1$ ,  $p=.004$ ,  $d=0.82$ ;  $H_{2A}$  proved) between interventions.

Participation in the VAC did not allow for better identification of the point of maximal intensity of heart murmurs

(PM) at the simulator (T3:  $Median_{exp}=3$ ,  $Median_{control}=3$ ;  $p=.54$ ;  $H_3$  disproved).

Note, however, that in all sum score-related analyses, power was only sufficient for detecting a large effect size (power (1- $\beta$ ):  $d \geq 0.8 = 0.81$ ).

#### 3.1.1. Evaluation of the cross-over design ( $H_4$ )

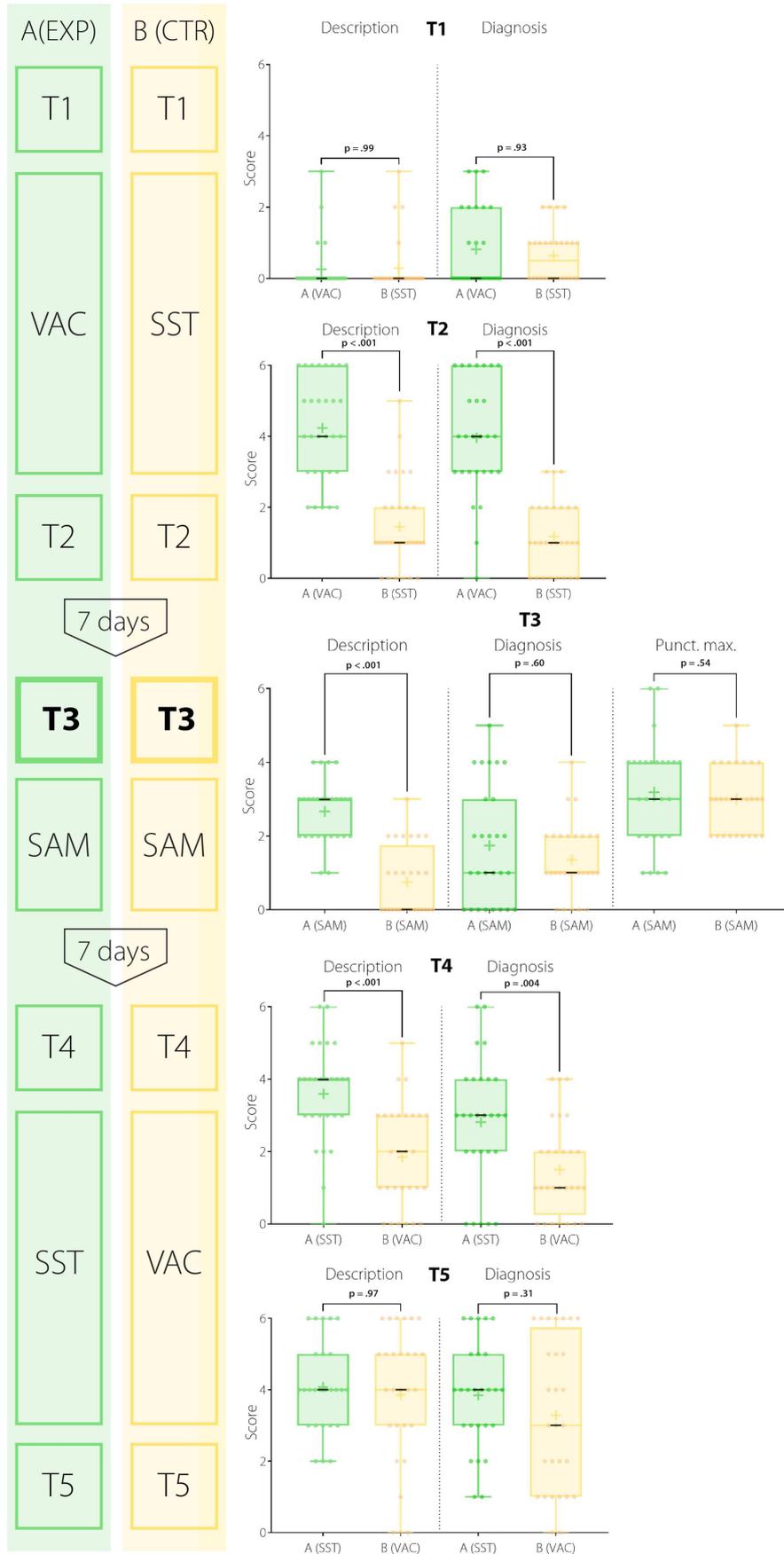
At the final assessment (T5), no difference between the experimental (N=26) and control group (N=28) concerning DIAG and DESC was found (DESC:  $Median_{exp}=4$ ,  $Median_{control}=4$ ;  $p=.97$ ; DIAG:  $Median_{exp}=4$ ,  $Median_{control}=3$ ;  $p=.31$ ;  $H_4$  proved).

### 3.2. Course satisfaction and self-assessed competence

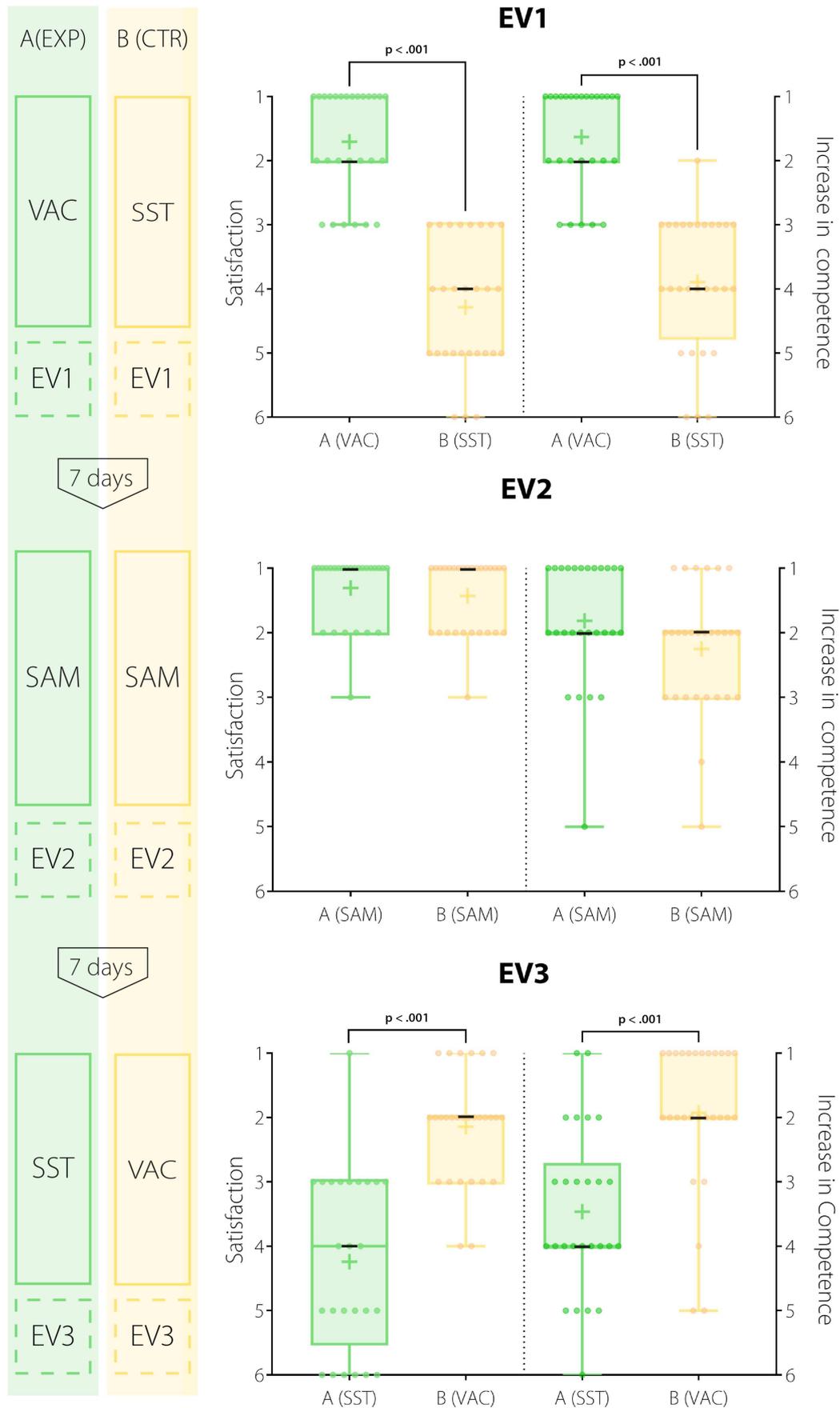
Participants of the VAC reported a significantly higher satisfaction compared to the literature self-study group (see figure 4 and table 2). This was found in group A (EXP) after the first course (EV1:  $Median_{exp}=1$ ,  $Median_{control}=4$ ;  $p < .001$ ,  $d=2.70$ ) and in group B (CTR) after the third course (EV3:  $Median_{exp}=4$ ,  $Median_{control}=2$ ;  $p < .001$ ,  $d=1.92$ ;  $H_5$  proved).

Participation in the VAC resulted in significantly higher increase in self-assessed competence than participation in literature self-study. Group A (EXP) reported a higher increase after the first course (EV1:  $Median_{exp}=1$ ,  $Median_{control}=4$ ;  $p < .001$ ,  $d=2.46$ ), just like group B (CTR) after the third course (EV3:  $Median_{exp}=4$ ,  $Median_{control}=2$ ;  $p < .001$ ,  $d=1.31$ ;  $H_6$  proved).

At the auscultation simulator, both groups showed comparably high levels of satisfaction (EV2:  $Median_{exp}=1$ ,



**Figure 3: Cardiac auscultation performance: Sums scores of diagnostic accuracy, sound description at T1-T5 as well as identification of point of maximal intensity at T3 shown in bee-swarm boxplots (maximum score=6). Results of exposed group in green, results of control group in yellow. (+)=mean; (-)=median. Primary endpoint at T3.**



**Figure 4: Evaluation results: Six-point Likert scale-based evaluation (best score=1) of participant's satisfaction and self-assessed increase in competence after course participation in bee-swarm boxplots. Results of exposed group in green, results of control group in yellow. (+)=mean; (-)=median. No testing at EV2.**

**Table 2: Course satisfaction and self-assessed competence: Six-point Likert scale-based evaluation (best score=1) of participant's satisfaction and self-assessed increase in competence after course participation. Performance of Mann-Whitney U tests comparing the experimental (A) and control group (B) at EV1 and EV3. Power (d) only sufficient for detecting a large effect size (power (1- $\beta$ ):  $d \geq 0.8 = 0.81$ ). No testing at EV2.**

		A(EXP)		B(CTR)		Mann-Whitney U test			
		n	median	n	median	U	z	p	d
EV1	Satisfaction	27	1	28	4	732	-6.09	<.001	2.70
	Competence		1		4	720	-5.92	<.001	2.46
EV2	Satisfaction	27	1	28	1	-	-	-	-
	Competence		2		2	-	-	-	-
EV3	Satisfaction	26	4	28	2	73	-5.05	<.001	1.92
	Competence		4		2	136.5	-4.04	<.001	1.31

Median<sub>control</sub>=1) and indicated a high self-assessed increase in competence (EV2: Median<sub>exp</sub>=2, Median<sub>control</sub>=2).

## 4. Discussion

The present study demonstrates for the first time that a case-based virtual auscultation course via video conference may significantly improve the description of cardiac auscultation findings on a simulator compared to literature self-study.

### 4.1. Impact on study participants

Medical students participating in the VAC evidenced a distinct increase in the ability to describe sound characteristics of heart murmurs at the simulator. No significant difference in diagnostic accuracy was found. A similar effect was seen in a study by Giovanni et al. [24] comparing student's auscultation performance on patients six weeks after listening to auscultation files or training at an auscultation simulator. After training with a simulator, students showed better performance in heart sound interpretation without higher diagnostic accuracy.

Establishing an auscultation-based diagnosis is presumably linked to declarative, that is, explicit knowledge (e.g., "Aortic stenosis is a systolic murmur"). In contrast, the description of heart murmurs can be considered an implicit skill depending on procedural knowledge [40]. Unlike declarative knowledge, procedural knowledge is exercised in tasks. The results of the present study suggest that participation in the VAC results in superior retention of procedural than declarative knowledge. Importantly, in many instances, procedural knowledge may constitute the more important type of knowledge. As outlined by Kumar and Thompson [11] physicians do not necessarily require high diagnostic accuracy to identify a variety of different murmurs but should be able to distinguish physiological from pathological findings to initiate further diagnostics and cardiologist referral, if necessary.

In line with these considerations, a reliable acquisition and retention of procedural knowledge over a period of one week, as observed in the present study, has previously been reported by a study by H'Mida, Degrenne [41] comparing video and static images to teach a motor skill. However, the observation that participation in the VAC resulted in the improved description of heart murmurs but not higher diagnostic accuracy may also be related to effects of guessing. There was a high variability in making the correct diagnosis at the simulator, mainly driven by some participants that made the right diagnosis without a correct description of the causal pathology. Participation in the VAC did not significantly improve identification of typical patterns of sound radiation across thorax (PM). One possible explanation might be that the VAC did not allow to virtually auscultate all auscultation points on the thorax in each presented case, so participants had no opportunity to elaborate on the patterns of sound radiation individually.

### 4.2. Implications for cardiac auscultation training

In this study, the VAC and training on a simulator led to high rates of satisfaction and a notable increase in self-assessed competence in third year medical students. This might lead to a greater benefit from further auscultation training (e.g. bedside teaching) during the participant's ongoing medical studies as previously suggested by Bernardi et al. [20], demonstrating the importance of early training of essential examination skills.

Multiple studies have shown positive effects of simulation-based auscultation training, ranging from sound simulation [15], [16], [17] to high-fidelity simulators [20], [21]. Simulators like Harvey or SAM provide standardized training featuring many aspects of real patients, but they come at a high price and rationed practice time [24]. During contact restrictions access is further limited. Considering these limitations, video conference-based auscultation courses may be a valuable addition to the

already existing repertoire of auscultation training methods. Participation in training offered face-to-face or by video conferences can lead to similar levels of knowledge and confidence in healthcare professionals [42]. This is confirmed by the results of the present study regarding cardiac auscultation skills in medical students.

Consequently, further research is needed to examine skill transfer from a virtual auscultation course to patients in a bedside scenario, possibly through the comparison of a virtual course with an auscultation simulator. The integration of bedside recorded heart sounds at multiple positions across the patient's thorax could improve the identification of typical patterns of sound radiation.

Once established, virtual auscultation courses are easily accessible and transferable to other faculties, upscaling the number of courses does not require additional equipment and they are not affected by contact restrictions. The presented course design employed peer teaching and may therefore be more resource-efficient than formats relying on post-graduate teaching staff. Moreover, they allow for training auscultation even in remote areas with limited access to alternative training possibilities.

### 4.3. Limitations

Due to contact restrictions, the transfer of auscultation skills to patients in clinical practice has not been investigated in this study. However, good performance on an auscultation simulator correlated with good performance in real patients as shown by Fraser et al. [43] with regard to mitral regurgitation. Moreover, after training auscultation with virtual patients, auscultation performance on patients was equal to a control group participating in additional bedside teaching [17].

Long-time retention of auscultation skills was not assessed in this study. However, former studies have shown good long-term retention up to three years after training on an auscultation simulator [20], [21]. The sounds presented during and immediately after the VAC at the assessment T2 were the same. This might explain the superior performance of students participating in the VAC compared to SST simply by recognition of the previously presented heart sounds. In contrast, at T3 even though the same six pathologies were presented, the sound files were not identical with those at T2.

Moreover, even though also the VAC was supervised, the participant's screens could not be monitored for data protection reasons. Thus, it cannot be ensured that participants worked with the literature provided or followed the virtual course the entire time.

The present study was sufficiently powered for valid conclusions, but more subtle effects of the VAC on auscultation performance with a moderate or small effect size may not have been detected.

## 5. Conclusion

This study demonstrates for the first time that training medical students with a virtual auscultation course via video conference may significantly improve their heart auscultation skills after one week on a simulator when compared to literature self-study. The digital teaching format was rated as good by the participants and led to a self-assessed increase in competence and satisfaction. Thus, even after contact restrictions are lifted, an interactive online course may provide additional benefit and support acquiring fundamental skills in heart auscultation.

## Note

Bastian Malzkorn and Carsten Döing shared senior authorship.

## Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

## References

1. Chizner MA. Cardiac auscultation: rediscovering the lost art. *Curr Probl Cardiol.* 2008;33(7):326-408. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2008.03.003
2. Ewy GA, Felner JM, Juul D, Mayer JW, Sajid AW, Waugh RA. Test of a cardiology patient simulator with students in fourth-year electives. *J Med Educ.* 1987;62(9):738-743. DOI: 10.1097/00001888-198709000-00005
3. Holmboe ES. Faculty and the Observation of Trainees' Clinical Skills: Problems and Opportunities. *Acad Med.* 2004;79(1):16-22. DOI: 10.1097/00001888-200401000-00006
4. Vukanovic-Criley JM, Criley S, Warde CM, Boker JR, Guevara-Matheus L, Churchill WH, Nelson WP, Criley JM. Competency in cardiac examination skills in medical students, trainees, physicians, and faculty: a multicenter study. *Arch Intern Med.* 2006;166(6):610-616. DOI: 10.1001/archinte.166.6.610
5. Mangione S. Cardiac auscultatory skills of physicians-in-training: a comparison of three English-speaking countries. *Am J Med.* 2001;110(3):210-216. DOI: 10.1016/S0002-9343(00)00673-2
6. Mangione S, Nieman LZ. Cardiac auscultatory skills of internal medicine and family practice trainees. A comparison of diagnostic proficiency. *JAMA.* 1997;278(9):717-722. DOI: 10.1001/jama.1997.03550090041030
7. Dhuper S, Vashist S, Shah N, Sokal M. Improvement of cardiac auscultation skills in pediatric residents with training. *Clin Pediatr (Phila).* 2007;46(3):236-240. DOI: 10.1177/0009922806290028
8. Roy D, Sargeant J, Grey J, Hoyt B, Allen M, Fleming M. Helping family physicians improve their cardiac auscultation skills with an interactive CD-ROM. *J Contin Educ Health Prof.* 2002;22(3):152-159. DOI: 10.1002/chp.1340220304
9. Gaskin PR, Owens SE, Talner NS, Sanders SP, Li JS. Clinical auscultation skills in pediatric residents. *Pediatrics.* 2000;105(6):1184-1187. DOI: 10.1542/peds.105.6.1184

10. Mahnke CB, Nowalk A, Hofkosh D, Zuberbuhler JR, Law YM. Comparison of two educational interventions on pediatric resident auscultation skills. *Pediatrics*. 2004;113(5):1331-1335. DOI: 10.1542/peds.113.5.1331
11. Kumar K, Thompson WR. Evaluation of cardiac auscultation skills in pediatric residents. *Clin Pediatr (Phila)*. 2013;52(1):66-73. DOI: 10.1177/0009922812466584
12. Ward JJ, Wattier BA. Technology for Enhancing Chest Auscultation in Clinical Simulation. *Respiratory Care*. 2011;56(6):834-845. DOI: 10.4187/respcare.01072
13. McKinney J, Cook DA, Wood D, Hatala R. Simulation-based training for cardiac auscultation skills: systematic review and meta-analysis. *J Gen Intern Med*. 2013;28(2):283-291. DOI: 10.1007/s11606-012-2198-y
14. Butter J, Cook DA, Wood D, Hatala R. Simulation-based Mastery Learning Improves Cardiac Auscultation Skills in Medical Students. *J Gen Intern Med*. 2010;25(8):780-785. DOI: 10.1007/s11606-010-1309-x
15. Tokuda Y, Matayoshi T, Nakama Y, Kurihara M, Suzuki T, Kitahara Y, Kitai Y, Nakamura T, Itokazu D, Miyazato T. Cardiac auscultation skills among junior doctors: effects of sound simulation lesson. *Int J Med Educ*. 2020;11:107-110. DOI: 10.5116/ijme.5eb6.70c6
16. Barrett MJ, Kuzma MA, Seto TC, Richards P, Mason D, Barrett DM, Gracely EJ. The power of repetition in mastering cardiac auscultation. *Am J Med*. 2006;119(1):73-75. DOI: 10.1016/j.amjmed.2004.12.036
17. Sverdrup Ø, Jensen T, Solheim S, Gjesdal K. Training auscultatory skills: computer simulated heart sounds or additional bedside training? A randomized trial on third-year medical students. *BMC Med Educ*. 2010;10:3. DOI: 10.1186/1472-6920-10-3
18. Vukanovic-Criley JM, Boker JR, Creley SR, Rajagopalan S, Criley JM. Using virtual patients to improve cardiac examination competency in medical students. *Clin Cardiol*. 2008;31(7):334-339. DOI: 10.1002/clc.20213
19. Oliveira AC, Mattos S, Coimbra M. Development and Assessment of an E-learning Course on Pediatric Cardiology Basics. *JMIR Med Educ*. 2017;3(1):e10. DOI: 10.2196/mededu.5434
20. Bernardi S, Giudici F, Leone MF, Zuolo G, Furlotti S, Carretta R, Fabris B. A prospective study on the efficacy of patient simulation in heart and lung auscultation. *BMC Med Educ*. 2019;19(1):275. DOI: 10.1186/s12909-019-1708-6
21. Perlini S, Salinaro F, Santalucia P, Musca F. Simulation-guided cardiac auscultation improves medical students' clinical skills: the Pavia pilot experience. *Intern Emerg Med*. 2014;9(2):165-172. DOI: 10.1007/s11739-012-0811-z
22. Pereira D, Gomes P, Faria S, Cruz-Correia R, Coimbra M. Teaching cardiopulmonary auscultation in workshops using a virtual patient simulation technology - A pilot study. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2016;2016:3019-3022. DOI: 10.1109/EMBC.2016.7591365
23. Pereira D, Amelia-Ferreira M, Cruz-Correia R, Coimbra M. Teaching Cardiopulmonary Auscultation to Medical Students using a Virtual Patient Simulation Technology. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2020;2020:6032-6035. DOI: 10.1109/EMBC44109.2020.9175920
24. de Giovanni D, Roberts T, Norman G. Relative effectiveness of high- versus low-fidelity simulation in learning heart sounds. *Med Educ*. 2009;43(7):661-668. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03398.x
25. Quinn A, Kaminsky J, Adler A, Eisner S, Ovitsh R. Cardiac Auscultation Lab Using a Heart Sounds Auscultation Simulation Manikin. *MedEdPORTAL*. 2019;15:10839. DOI: 10.15766/mep\_2374-8265.10839
26. Friederichs H, Weissenstein A, Ligges S, Möller D, Becker JC, Marschall B. Combining simulated patients and simulators: pilot study of hybrid simulation in teaching cardiac auscultation. *Adv Physiol Educ*. 2014;38(4):343-347. DOI: 10.1152/advan.00039.2013
27. Rüllmann N, Lee U, Klein K, Malzkorn B, Mayatepek E, Schneider M, Döing C. Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19. *GMS J Med Educ*. 2020;37(7):Doc102. DOI: 10.3205/zma001395
28. Lam CS, Cheong PY, Ong BK, Ho KY. Teaching cardiac auscultation without patient contact. *Med Educ*. 2004;38(11):1184-1185. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2004.01989.x
29. Chen CH, Mullen AJ. COVID-19 Can Catalyze the Modernization of Medical Education. *JMIR Med Educ*. 2020;6(1):e19725. DOI: 10.2196/19725
30. Widyahening IS, Findyartini A, Ranakusuma RW, Dewiasty E, Harimurti K. Evaluation of the role of near-peer teaching in critical appraisal skills learning: a randomized crossover trial. *Int J Med Educ*. 2019;10:9-15. DOI: 10.5116/ijme.5c39.b55b
31. Kam J, Khadra S, Tran QH, Ainsworth H, Louie-Johnsun M, Winter M. Portable Video Media Versus Standard Verbal Communication in Surgical Teaching: A Prospective, Multicenter, and Randomized Controlled Crossover Trial. *J Surg Educ*. 2019;76(2):440-445. DOI: 10.1016/j.jsurg.2018.08.013
32. Benè KL, Bergus G. When learners become teachers: a review of peer teaching in medical student education. *Fam Med*. 2014;46(10):783-787.
33. Williams B. Case based learning—a review of the literature: is there scope for this educational paradigm in prehospital education? *Emerg Med J*. 2005;22(8):577-581. DOI: 10.1136/emj.2004.022707
34. Turk B, Ertl S, Wong G, Wadowski PP, Löffler-Stastka H. Does case-based blended-learning expedite the transfer of declarative knowledge to procedural knowledge in practice? *BMC Med Educ*. 2019;19(1):447. DOI: 10.1186/s12909-019-1884-4
35. Fießl HS, Middeke M. *Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung*. 4th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2014. DOI: 10.1055/b-0034-100129
36. Erdmann E. *Klinische Kardiologie*. 7th ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2009. DOI: 10.1007/978-3-540-79011-2
37. Bortz J, Christof S. *Statistics: For Human and Social Scientists*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2010.
38. Cohen J. *Statistical power analysis*. London: Taylor & Francis Ltd; 1988.
39. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G\*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods*. 2009;41(4):1149-1160. DOI: 10.3758/BRM.41.4.1149
40. Barrett MJ, Lacey CS, Sekara AE, Linden EA, Gracely EJ. Mastering cardiac murmurs: the power of repetition. *Chest*. 2004;126(2):470-475. DOI: 10.1378/chest.126.2.470
41. H'Mida C, Degrenne O, Souissi N, Rekik G, Trabelsi K, Jarraya M, Bragazzi NL, Khacharem A. Learning a Motor Skill from Video and Static Pictures in Physical Education Students-Effects on Technical Performances, Motivation and Cognitive Load. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(23):9067. DOI: 10.3390/ijerph17239067
42. Martin P, Kumar S, Abernathy L, Browne M. Good, bad or indifferent: a longitudinal multi-methods study comparing four modes of training for healthcare professionals in one Australian state. *BMJ Open*. 2018;8(8):e021264. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-021264

43. Fraser K, Wright B, Girarrd L, Tworek J, Paget M, Welikovich L, McLaughlin K. Simulation training improves diagnostic performance on a real patient with similar clinical findings. *Chest*. 2011;139(2):376-381. DOI: 10.1378/chest.10-1107

**Please cite as**

Rüllmann N, Hirtz R, Lee U, Klein K, Mayatepek E, Malzkorn B, Döing C. Virtual auscultation course via video chat in times of COVID-19 improves cardiac auscultation skills compared to literature self-study in third-year medical students: a prospective randomized controlled cross-over study. *GMS J Med Educ*. 2022;39(2):Doc21. DOI: 10.3205/zma001542, URN: urn:nbn:de:0183-zma0015426

**Corresponding author:**

Carsten Döing  
University Children's Hospital Düsseldorf, Department of General Pediatrics, Neonatology and Pediatric Cardiology, Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf, Germany  
Carsten.Doeing@med.uni-duesseldorf.de

**This article is freely available from**

<https://doi.org/10.3205/zma001542>

**Received:** 2021-06-03

**Revised:** 2021-10-16

**Accepted:** 2022-01-24

**Published:** 2022-04-14

**Copyright**

©2022 Rüllmann et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

# Virtueller Auskultationskurs via Videokonferenz in Zeiten von COVID-19 verbessert die kardialen Auskultationsfertigkeiten im Vergleich zum Fachliteratureigenstudium von Medizinstudierenden im dritten Studienjahr: eine prospektive randomisierte kontrollierte Cross-over-Studie

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Die Herzauskultation ist eine der wichtigsten klinischen Fertigkeiten, die im Medizinstudium gelehrt werden. Aufgrund von Kontaktbeschränkungen während der SARS-CoV-2-Pandemie war die Interaktion mit Patienten sehr begrenzt. Daher wurde ein Peer-to-Peer-Kurs zur fallbasierten Auskultation per Videokonferenz entwickelt.

**Methoden:** In einer randomisierten, kontrollierten Cross-over-Studie wurde untersucht, ob die Teilnahme an einem virtuellen Auskultationskurs die Herzauskultationsfertigkeiten von Medizinstudierenden im dritten Studienjahr verbessern könnte. Sechzig Medizinstudierende wurden randomisiert einer Experimental- oder Kontrollgruppe zugeteilt. Aufgrund von Nichterscheinen nahmen insgesamt 55 Studierende teil. Je nach Zuteilung besuchten die Studierenden in unterschiedlicher Reihenfolge drei neunzigminütige Kurse im Abstand von einer Woche: einen virtuellen, fallbasierten Auskultationskurs per Videokonferenz, ein Fachliteratureigenstudium und einen Kurs mit einem High-Fidelity-Auskultationssimulator (SAM II) in Präsenz. Der primäre Endpunkt der Studie war die Performance der beiden Gruppen am Simulator nach der Teilnahme am virtuellen Auskultationskurs oder am Fachliteratureigenstudium. Um ihre Auskultationsfähigkeit zu bewerten, nahmen die Studierenden an fünf Assessments teil, bei denen stets dieselben sechs Pathologien verwendet wurden: Stenose und Insuffizienz der Aorten- und Mitralklappe, Ventrikelseptumdefekt und persistierender Ductus arteriosus. Außerdem bewerteten die Teilnehmenden ihre Zufriedenheit mit den einzelnen Kursformaten und gaben eine Selbsteinschätzung der Zunahme ihrer Kompetenz ab.

**Ergebnisse:** Im Vergleich zum Fachliteratureigenstudium führte die Teilnahme am virtuellen Auskultationskurs zu einer signifikant verbesserten Beschreibung der Herzgeräusche am Auskultationssimulator in Bezug auf Zuordnung zu Systole und/oder Diastole, Identifizierung hoher und tiefer Frequenzen sowie Lautstärkedynamik. Bei der diagnostischen Präzision und der Identifizierung des Punctum maximum gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Nach dem virtuellen Kurs zeigten die Teilnehmenden eine höhere Zufriedenheit und einen höheren Zuwachs an selbst eingeschätzter Kompetenz im Vergleich zu den Teilnehmenden des Fachliteratureigenstudiums.

**Schlussfolgerung:** In dieser Studie wurde erstmals nachgewiesen, dass ein fallbasierter virtueller Auskultationskurs Aspekte der Herzauskultation am Simulator verbessern kann. Dies kann den weiteren Erwerb dieser wesentlichen klinischen Fertigkeit erleichtern, auch wenn Kontaktbeschränkungen aufgehoben werden.

**Schlüsselwörter:** virtuelle Auskultation, Videokonferenz, Fachliteratureigenstudium, Distanzunterricht, Patientensimulator, Herzauskultation, COVID-19, Skills Lab, Peer Teaching

Nils Rüllmann<sup>1,2</sup>

Raphael Hirtz<sup>3</sup>

Unaa Lee<sup>2</sup>

Kathrin Klein<sup>4</sup>

Ertan Mayatepek<sup>2</sup>

Bastian Malzkorn<sup>1</sup>

Carsten Döing<sup>1,2</sup>

1 Heinrich-Heine-Universität  
Düsseldorf, Medizinische  
Fakultät, Studiendekanat,  
Düsseldorf, Deutschland

2 Universitätsklinikum  
Düsseldorf, Heinrich-Heine-  
Universität Düsseldorf, Klinik  
für Allgemeine Pädiatrie,  
Neonatologie und  
Kinderkardiologie,  
Düsseldorf, Deutschland

3 Universitätsklinikum Essen,  
Universität Duisburg-Essen,  
Kinderklinik II, Abteilung für  
Pädiatrische Endokrinologie  
und Diabetologie, Essen,  
Deutschland

4 Universitätsklinikum  
Düsseldorf, Heinrich-Heine-  
Universität Düsseldorf, Klinik  
für Kardiologie, Pneumologie  
und Angiologie, Düsseldorf,  
Deutschland

# 1. Hintergrund

Die Herzauskultation mittels Stethoskop ermöglicht die unmittelbare Identifizierung wichtiger kardialer Pathologien. Sie ist leicht zugänglich und Bestandteil der meisten körperlichen Untersuchungen, so dass geschulte Untersuchende bereits eine genaue Diagnose stellen [1] oder weiterführende Diagnostik einleiten können.

Die Auskultation ist eine wesentliche Untersuchungstechnik. Sie erfordert die Entwicklung komplexer auditiver Fähigkeiten. In der medizinischen Ausbildung werden diese in Vorlesungen, Untersuchungskursen und am Krankenbett gelehrt. Der Unterricht am Krankenbett ermöglicht Medizinstudierenden, in einer realistischen Umgebung zu lernen, gehörte Herztöne und -geräusche in einen Zusammenhang mit weiteren Befunden zu stellen und typische Schallausbreitungsmuster über dem Thorax zu identifizieren. Geringer Kontakt mit selten vorkommenden Befunden sowie das ungünstige Verhältnis von Lernenden zu Patient\*innen stellen jedoch eine Herausforderung dar [2]. Darüber hinaus verhindert die Variabilität der klinischen Präsentation standardisierten Unterricht [3] und Patient\*innen (z. B. Kinder) sind unter Umständen während der Untersuchung nicht kooperativ oder verfügbar, zuletzt aufgrund von Kontaktbeschränkungen während der SARS-CoV-2-Pandemie.

Zahlreiche Studien haben in der Vergangenheit gezeigt, dass Medizinstudierende [4], Assistenzärzt\*innen sowie Fachärzt\*innen [4], [5], [6], [7], [8] über schlechte Auskultationsfertigkeiten verfügen, was die Notwendigkeit besserer Schulungsmethoden unterstreicht. Obwohl es sich um eine klinische Kernkompetenz handelt, verbessert klinische Praxis nicht erforderlicherweise die Herzauskultationsfertigkeiten [9], [10], [11].

Mit der Generation der „Digital Natives“ hat der Einsatz von Simulationstechnologien und E-Learning für das Training und die Evaluation von klinischen Fertigkeiten in der medizinischen Ausbildung in den letzten zwei Jahrzehnten immer mehr zugenommen: Mehrere Simulationsmethoden zum Training der Herzauskultation, die in einer Übersichtsarbeit von Ward and Wattier [12] und einer Metaanalyse von McKinney, Cook [13] zusammengefasst sind, ermöglichen den verbesserten Transfer von Herzauskultationsfertigkeiten in die klinische Tätigkeit [14]. Virtuelle Lehrprogramme reichen von Geräuschsimulationen [15], [16], [17] über die Untersuchung virtueller Patient\*innen [18] bis hin zu pädiatrischen E-Learning-Kursen der kardiologischen Grundlagen [19]. Auskultationstraining an Auskultationssimulatoren (z. B. Student Auscultation Manikin=SAM II) und simulierten Patient\*innen in Skills Labs bieten eine weitere Möglichkeit, die Auskultation von physiologischen sowie pathologischen Befunden zu erlernen und zu trainieren [2], [12], [14], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26].

Während der anhaltenden Kontaktbeschränkungen aufgrund der SARS-CoV-2-Pandemie wurden die Kurse in Präsenz im Skills Lab an unserer Fakultät mit einem Auskultationssimulator ausgesetzt, die Interaktion mit echten Patient\*innen im Rahmen des Bedside Teaching

war eingeschränkt [27]. Ähnliche Hindernisse wurden bereits während des Ausbruchs von SARS-CoV-1 beschrieben [28]. Der dringende Bedarf an alternativen Ausbildungsmethoden erwies sich als Gelegenheit, die Modernisierung der medizinischen Ausbildung [29] an unserer Fakultät im Sommersemester 2020 weiter voranzubringen: Ein virtueller Auskultationskurs (VAC) via Videokonferenz wurde von einem Studierenden mit umfangreicher Erfahrung im Peer-Teaching unter Unterstützung von Fachärzt\*innen für Kardiologie und Kinderkardiologie konzipiert [27].

In Anlehnung an Ergebnisse früherer Studien [14], [20], [21], [22], [23] wurden die folgenden Hypothesen (H) bezüglich der Wirkung eines VAC auf die Auskultationsfertigkeiten von Medizinstudierenden abgeleitet: Die Teilnahme an einem VAC ermöglicht eine verbesserte Beschreibung ( $H_1$ ), eine höhere diagnostische Präzision ( $H_2$ ) und eine zuverlässigere Identifizierung des Punctum Maximum ( $H_3$ ) von Herzgeräuschen im Vergleich zum Fachliteratureigenstudium, unmittelbar nach dem Kurs ( $H_{1A}$ ,  $H_{2A}$ ) und bei der Nachuntersuchung am Simulator ( $H_{1B}$ ,  $H_{2B}$ ,  $H_3$ ). Die Performance der Teilnehmenden am Auskultationssimulator stellte den primären Endpunkt der Studie dar ( $H_{1B}$ ,  $H_{2B}$ ,  $H_3$ ).

Um den Teilnehmenden die Möglichkeit zu geben, von allen eingesetzten Lehrmethoden zu profitieren, wurde ein Cross-over-Design gewählt. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass dieser Ansatz bei den Teilnehmenden am Ende der Studie unabhängig von der Reihenfolge, in der die Kurse absolviert wurden, zu vergleichbaren Herzauskultationsfertigkeiten führt ( $H_4$ ) [30], [31].

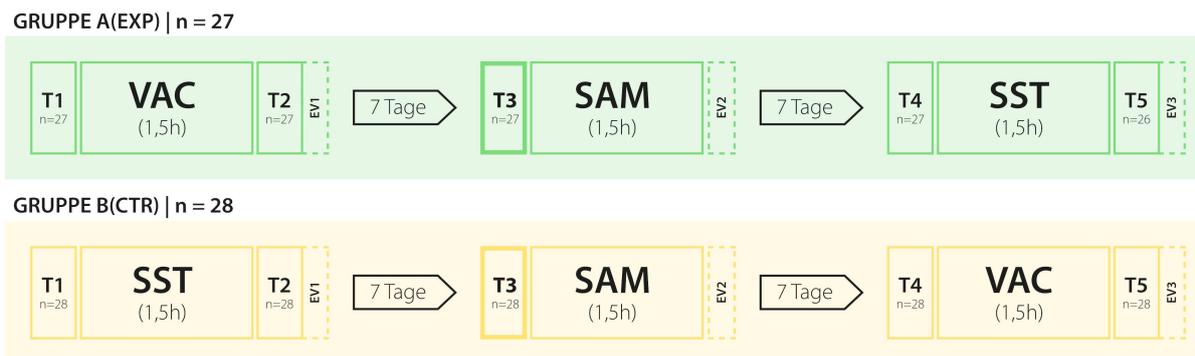
In Anlehnung an frühere Evaluationsergebnisse [27] wurde erwartet, dass die Teilnahme am virtuellen Auskultationskurs zu einer höheren Zufriedenheit ( $H_5$ ) und einem höheren Anstieg der selbst eingeschätzten Kompetenz ( $H_6$ ) im Vergleich zum Fachliteratureigenstudium führt.

## 2. Methoden

### 2.1. Studiendesign

Eine prospektive, randomisierte, kontrollierte Cross-over-Studie wurde an der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf durchgeführt. Ziel der Studie war es, die Herzauskultationsfertigkeiten nach der einmaligen Teilnahme an einem neunzigminütigen, virtuellen, fallbasierten Auskultationskurs mit der Teilnahme an einem zeitäquivalenten Fachliteratureigenstudium zu vergleichen.

Wie in Abbildung 1 dargestellt, wurden im Rahmen dieser Studie drei Kursformate in unterschiedlicher Reihenfolge angeboten: ein virtueller Auskultationskurs (VAC), ein Fachliteratureigenstudium (SST) während einer Videokonferenz, die beide über Microsoft Teams (MS Teams; [https://www.microsoft.com/de-de]) gehalten wurden, und ein Kurs unter Verwendung eines Auskultationssimulators (SAM) in Präsenz. Die Kurse fanden im Abstand



**Abbildung 1: Studiendesign: prospektiv kontrolliertes Cross-over-Design mit drei Interventionen (VAC: virtueller Auskultationskurs, SAM: Auskultationstrainer, SST: Fachliteratur-Eigenstudium), fünf Assessments (T1-T5) und Evaluationen (EV1-EV3) der Zufriedenheit der Studierenden und der Zunahme der selbst eingeschätzten Kompetenz nach jeder Intervention (EV1-EV3) im Abstand von jeweils einer Woche. Kursabfolge der Experimentalgruppe in Grün, Kursabfolge der Kontrollgruppe in Gelb. Die Performance der Teilnehmenden bei T3 ist als primärer Endpunkt definiert.**

von einer Woche in Gruppen von fünf (SAM) bis zehn Teilnehmenden (VAC & SST) statt.

Die Auskultationsperformance wurde während fünf Assessments (T1-T5) anhand derselben sechs Pathologien bewertet, die bei erwachsenen und pädiatrischen Patient\*innen vorkommen: Stenose und Insuffizienz der Aorten- und Mitralklappe, Ventrikelseptumdefekt und persistierender Ductus arteriosus. Der primäre Endpunkt der Studie war die Performance an einem Auskultationsimulator sieben Tage nach der Teilnahme an einer von zwei verschiedenen Interventionen. Gruppe A (Experimentalgruppe) nahm an einem virtuellen Auskultationskurs (VAC) teil, Gruppe B (Kontrollgruppe) am Fachliteratureigenstudium (SST). Die Assessments T1, T2, T4, T5 wurden vor und nach VAC und SST durchgeführt, um die unmittelbare Auswirkung auf die Auskultationsfertigkeiten zu untersuchen.

Die Zufriedenheit und die Zunahme der selbst eingeschätzten Kompetenz der Teilnehmenden wurden anhand von Evaluationsbögen (EV1-EV3) erfasst, die nach jedem Kurs ausgefüllt wurden.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Deutschland genehmigt (Nr. 2021-1298) und in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki durchgeführt.

## 2.2. Randomisierung

Sechzig Medizinstudierende im dritten Studienjahr wurden auf freiwilliger Basis rekrutiert und gaben ihr Einverständnis zur Teilnahme. Die erfolgreiche Teilnahme wurde mit zehn Euro entlohnt. Der Randomisierungsprozess ist in Abbildung 2 dargestellt.

Während der ersten beiden Studienjahre im Rahmen des Düsseldorfer Curriculums nehmen Studierende der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität an einem Untersuchungskurs teil, in dem sie die Herzauskultation am gesunden Herzen erlernen. Pathologische Befunde werden in den kardiologischen Vorlesungen im Rahmen des vierten Studienjahres vermittelt.

## 2.3. Interventionen

Die Studierenden nahmen an drei Kursen (VAC, SST, SAM) von gleicher Länge (90 Minuten) in zwei verschiedenen, von der Randomisierung abhängigen Reihenfolgen teil. Um Verzerrungen zu vermeiden, wurden alle Kurse vom selben Tutor gegeben.

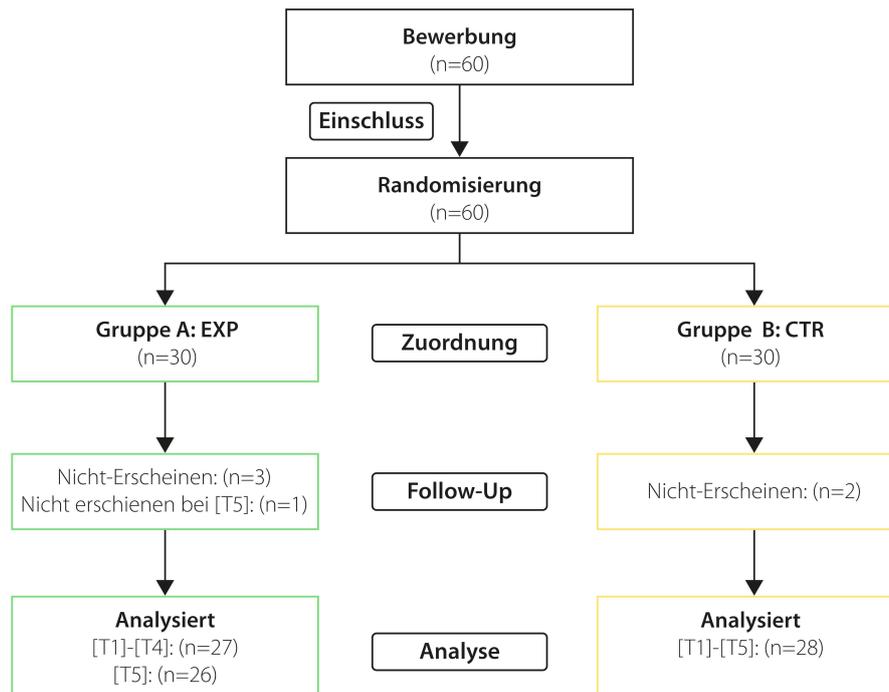
### 2.3.1. Virtueller Auskultationskurs (VAC)

Das interaktive, fallbasierte Online-Seminar wurde entwickelt, um die Auskultationstechnik, die Beschreibung und die Interpretation von Auskultationsbefunden in einem externen Kontext zu verbessern [27]. Der Kurs wurde von einem erfahrenen Medizinstudierenden gegeben, da sich Peer-Teaching sowohl für Lehrende als auch für Lernende als vorteilhaft erwiesen hat [30], [32]. In Anlehnung an das Modell des fallbasierten Lernens [33], [34] wurden klinische Fälle unter Verwendung synthetisierter Auskultationsgeräusche vorgestellt. Es wurden Fälle von Erwachsenen und Kindern besprochen.

Mit freundlicher Genehmigung der Universität Bern, Schweiz wurden synthetisierte Herztöne und -geräusche verwendet, die im Rahmen des dort entwickelten Online-Lernprogrammes Clinisurf [<https://clinisurf.elearning.aum.iml.unibe.ch/>] bereitgestellt wurden.

### 2.3.2. Fachliteratureigenstudium (SST)

Die Kontrollintervention bestand aus dem Studium von Auszügen zweier deutscher Lehrbücher zur Herzauskultation: „Füefl: Anamnese und klinische Untersuchung“ ([35], S.184, 196, 197-207) als Referenzlehrbuch des Untersuchungskurses der Medizinischen Fakultät und „Erdmann: Klinische Kardiologie“ ([36], S.375-377, 381-383, 397-415) als Referenzlehrbuch für Kardiologie-Vorlesungen. Diese Auszüge wurden als eBook-Kapitel zu Beginn einer betreuten, neunzigminütigen Videokonferenz zur Verfügung gestellt. Die Beschreibung der Herzgeräusche, einschließlich der phonokardiographischen Visualisierungen, und das präsentierte klinische Wissen entsprachen dem des VAC.



**Abbildung 2: Randomisierung:** N = 60 Medizinstudierende wurden rekrutiert und nach dem Zufallsprinzip mit Hilfe von Zufallszahlen, die mit dem Research Randomizer [<https://www.randomizer.org>] generiert wurden, zwei gleich großen Gruppen zugeordnet: Gruppe A (EXP) = Experimentalgruppe, B (CTR) = Kontrollgruppe. Aufgrund von Nicht-Erscheinen begann die Studie mit n=55 Teilnehmenden (A: n=27; B: n=28); eine teilnehmende Person der Gruppe A erschien nicht während des Follow-Up.

Einschlusskriterien: Alter > 18 Jahre, Medizinstudierende im dritten Jahr an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Internetzugang, Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie. Ausschlusskriterien: Rücknahme der Einwilligung.

Bislang gibt es keine Belege für die Wirksamkeit des Fachliteratureigenstudiums zur Herzauskultation. Es wurde als Kontrollintervention gewählt, da es eine Standardmethode für Medizinstudierende zur Vorbereitung auf das klinische Arbeiten darstellt. Das Fachliteratureigenstudium ist somit ein relevanter Komparator, auch wenn das Erlernen der Auskultation allein anhand von Literatur unüblich ist und die Wirksamkeit des Eigenstudiums bisher nicht untersucht wurde.

### 2.3.3. Auskultationssimulator (SAM)

Im Skills Lab auskultierten die Teilnehmenden den Auskultationssimulator „Cardionics Student Auscultation Manikin II“ (SAM, Cardionics, Webster, Texas, USA), der die gleichen sechs Herzgeräusche, die auch während der beiden weiteren Kursen behandelt wurden, darstellte. Die Auskultationsperformance wurde bewertet (T3). Nach der Teilnahme am Assessment wurden verschiedene Herzgeräusche vorgestellt und die damit verbundenen Herzkrankheiten und ihr klinischer Hintergrund mit dem Tutor besprochen.

## 2.4. Assessment

Die Reihenfolge der kardialen Pathologien wurde mit dem Research Randomizer [<https://www.randomizer.org/>] randomisiert. Um Verwechslungen zu vermeiden, war die Reihenfolge der Pathologien gemäß des Cross-over-Designs der Studie identisch: Vor VAC, SST und SAM und nach

VAC und SST wurde für beide Gruppen jeweils die gleiche Reihenfolge verwendet.

Unmittelbar vor und nach VAC und SST (T1, T2, T4, T5) hörten sich die Studierenden 15 Minuten lang die Auskultationsgeräusche über ihre eigenen Kopfhörer an. Sie wurden gebeten, die Geräuschcharakteristika zu beschreiben (z. B. Zuordnung zu Systole und/oder Diastole, Identifizierung von tiefen und hohen Frequenzen, Lautstärkedynamik) und für jeden Auskultationsbefund eine Diagnose zu stellen. Die verwendeten Auskultationsdateien waren dieselben, die im VAC verwendet wurden, und waren für die Assessments T1, T2, T4 und T5 identisch. Die Teilnehmenden erhielten keine Rückmeldung zu ihren Antworten.

Am Simulator benutzten die Teilnehmenden ihre eigenen Stethoskope, um die gleichen Geräusche zu auskultieren, die während des VAC und des SST behandelt wurden. Neben einer Beschreibung der Geräuschcharakteristika und einer Diagnose bezüglich der vorgestellten Pathologien wie während des Assessments T1, T2, T4, T5 wurden die Teilnehmenden gebeten, für jedes Herzgeräusch ein Punctum Maximum anzugeben. Die synthetisierten Auskultationsgeräusche wurden von Cardionics, dem Hersteller des Auskultationssimulators SAM II, zur Verfügung gestellt.

## 2.5. Datenerhebung und -verarbeitung

Für die Kategorien „Geräuschbeschreibung“ (DESC), „Diagnose“ (DIAG) und am Simulator „Punctum maxi-

mum“ (PM) gaben die Teilnehmenden ihre Antworten über Fragebögen in Form von Freitext. Die Antworten wurden mit dem Online-Bewertungsformular der Medizinischen Fakultät erfasst und ab Quelle anonymisiert. Für die Online-Kurse (VAC & SST) waren die Fragebögen (T1, T2, T4, T5) über das Internet zugänglich. Die Formulareingaben wurden mit Zeitstempeln versehen, um sicherzustellen, dass Eingaben nur während des 90-minütigen Zeitintervalls der Kurse erfolgten. Für den Kurs in Präsenz (SAM, T3) wurden gedruckte Fragebögen handschriftlich ausgefüllt und anschließend digitalisiert.

Die Antworten wurden mit einer Liste akzeptierter Antworten für jedes Item verglichen und von zwei Bewerter\*innen beurteilt. Bei Unstimmigkeiten wurde die Punktzahl von einer dritten Bewerterin, einer Kardiologin, vergeben. Eine richtige Antwort wurde mit einem Punkt bewertet. Für die Auswertung der Ergebnisse wurden die Punktzahlen für jede der bewerteten Kategorien (DIAG, DESC, PM) separat summiert. Die maximale Punktzahl in jeder Kategorie betrug sechs Punkte.

Zusätzliche Bewertungsbögen (EV1-EV3) mit sechsstufigen Likert-Skalen (beste Punktzahl=1) wurden eingesetzt, um die Zufriedenheit und den selbst eingeschätzten Kompetenzzuwachs nach jedem Kurs zu messen.

## 2.6. Statistik

Datenverarbeitung und statistische Analysen wurden mit SPSS 27 (Armonk, NY: IBM Corp.) durchgeführt.  $H_{1-6}$  wurden zweiseitig getestet und Ergebnisse mit einem  $p$ -Wert  $< 0.5$  als signifikant angesehen. In Anbetracht der Tatsache, dass  $H_4$  mit der (statistischen)  $H_0$  übereinstimmt (d. h. kein Leistungsunterschied bei T5 zwischen den Gruppen in Bezug auf die unterschiedliche Reihenfolge der Kurse), wurde  $H_4$  mit einem adjustierten  $\alpha$ -Fehlerniveau von  $p < .20$  bewertet. Dieser Ansatz ermöglichte es, die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen,  $H_0$  abzulehnen, wie in solchen Fällen empfohlen [37]. Alle anderen Analysen wurden explorativ durchgeführt und daher nicht für multiple Vergleiche korrigiert.

Eine Interpretation der Effektstärke erfolgte nach Cohen [38] ( $d$ : klein  $0.20 \leq d < 0.49$ , mittel  $0.50 \leq d < 0.79$ , groß  $\geq 0.8$ ). Power-Analysen wurden mit GPower 3.1 [39] durchgeführt (Annahme:  $\alpha = .05$ , zweiseitiger Test, ausreichende Power =  $1 - \beta \geq 0.8$ ).

Summenscores bezüglich Diagnosestellung und Geräuschbeschreibung bei T1-T5 sowie zur Identifizierung des Punctum Maximum bei T3 waren nicht normalverteilt und enthielten Ausreißer, wie sich auf Grundlage von Shapiro-Wilk-Tests und der Inspektion von Q-Q-Plots und Boxplots zeigte. Dies galt auch für die Items zur Bewertung der Kurszufriedenheit und der selbst eingeschätzten Kompetenz ( $H_5$ ,  $H_6$ ). In Anbetracht des Studiendesigns, das keine Messwiederholung zuließ, wurden Mann-Whitney-U-Tests durchgeführt, um Experimental- und Kontrollgruppe bezüglich aller Ergebnismessungen zu vergleichen.

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Kardiale Auskultationsfertigkeiten

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der Beschreibung der Auskultationsbefunde (DESC; z. B. Zuordnung zu Systole und/oder Diastole, Identifizierung von tiefen und hohen Frequenzen, Lautstärkedynamik) zwischen Experimental- ( $n=27$ ) und Kontrollgruppe ( $n=28$ ) unmittelbar nach dem ersten Kurs (T2: Median<sub>exp</sub>=4, Median<sub>control</sub>=1;  $p < .001$ ,  $d=2.06$ ), am Simulator (T3: Median<sub>exp</sub>=3, Median<sub>control</sub>=0;  $p < .001$ ,  $d=2.06$ ) und vor dem dritten Kurs (T4: Median<sub>exp</sub>=4, Median<sub>control</sub>=2;  $p < .001$ ,  $d=1.24$ ), was beim ersten Assessment nicht der Fall war (T1: Median<sub>exp</sub>=0, Median<sub>control</sub>=0;  $p=.99$ ;  $H_{1A-B}$  angenommen), (siehe Abbildung 3 und Tabelle 1).

Hinsichtlich der Diagnosestellung (DIAG) wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen beim ersten Assessment (T1: Median<sub>exp</sub>=0, Median<sub>control</sub>=0,5;  $p=.93$ ) und am Simulator (T3: Median<sub>exp</sub>=1, Median<sub>control</sub>=1;  $p=.60$ ;  $H_{2B}$  verworfen) festgestellt. Unmittelbar nach dem ersten Kurs und vor dem dritten Kurs gab es jedoch einen signifikanten Unterschied (T2: Median<sub>exp</sub>=4, Median<sub>control</sub>=1;  $p < .001$ ,  $d=2.05$ ; T4: Median<sub>exp</sub>=3, Median<sub>control</sub>=1,  $p=.004$ ,  $d=0.82$ ;  $H_{2A}$  angenommen).

Die Teilnahme am VAC ermöglichte keine bessere Identifizierung des Punctum Maximum der Herzgeräusche (PM) am Simulator (T3: Median<sub>exp</sub>=3, Median<sub>control</sub>=3;  $p=.54$ ;  $H_3$  verworfen).

Zu beachten ist, dass bei allen Summenscore-bezogenen Analysen die Power nur für den Nachweis eines Gruppenunterschieds mit großer Effektstärke ausreichte (power  $(1-\beta)$ :  $d \geq 0.8 = 0.81$ ).

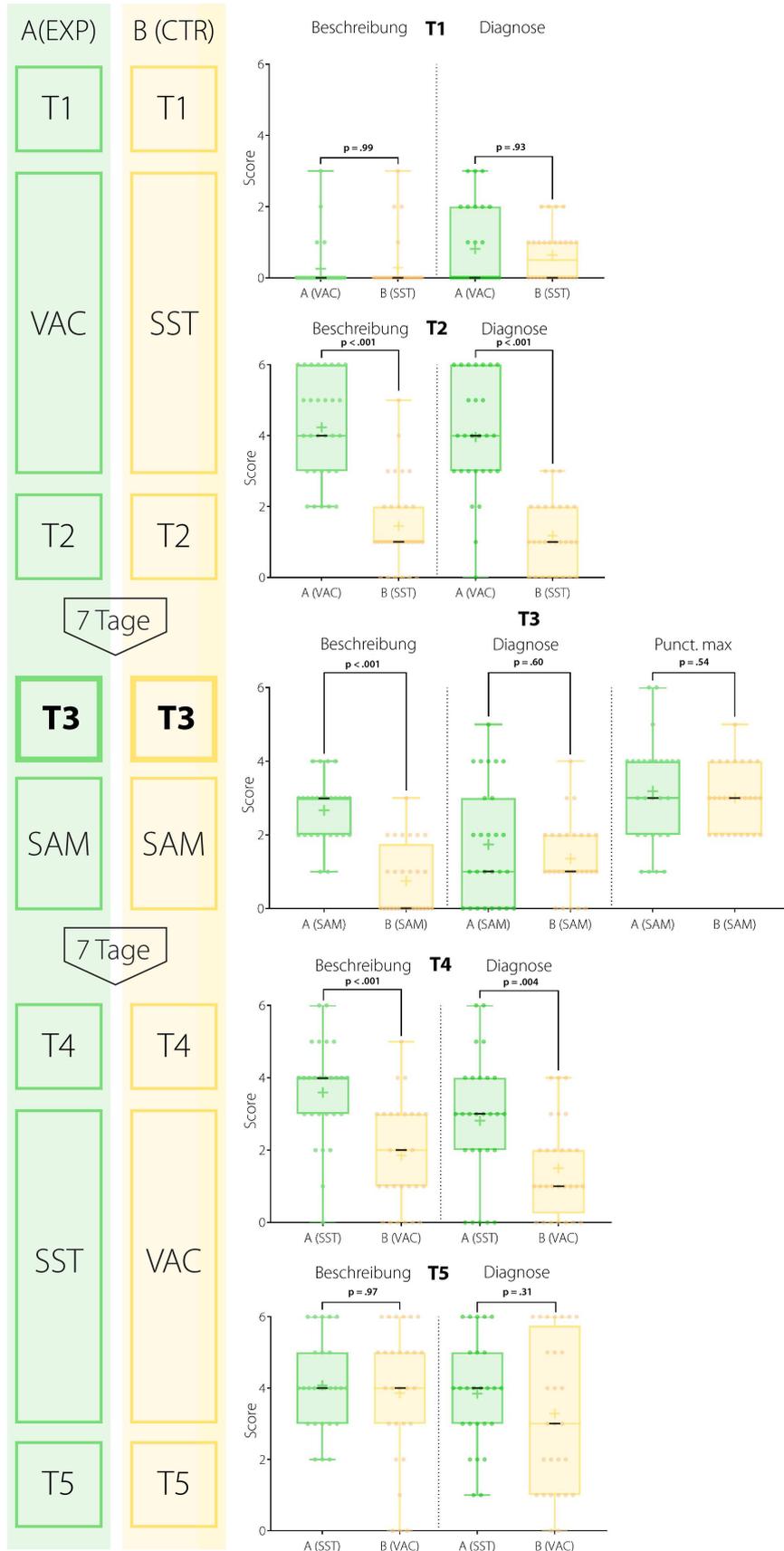
#### 3.1.1 Evaluation des Cross-over-Designs ( $H_4$ )

Beim letzten Assessment (T5) wurde kein signifikanter Unterschied zwischen Experimental- ( $n=26$ ) und Kontrollgruppe ( $n=28$ ) hinsichtlich DIAG und DESC festgestellt (DESC: Median<sub>exp</sub>=4, Median<sub>control</sub>=4;  $p=.97$ ; DIAG: Median<sub>exp</sub>=4, Median<sub>control</sub>=3;  $p=.31$ ;  $H_4$  angenommen).

### 3.2. Kurszufriedenheit und selbst eingeschätzte Kompetenz

Teilnehmende des VAC gaben eine signifikant höhere Zufriedenheit im Vergleich zu Teilnehmenden des SST (siehe Abbildung 4 und Tabelle 2) an. Dies zeigte sich in Gruppe A (EXP) nach dem ersten Kurs (EV1: Median<sub>exp</sub>=1, Median<sub>control</sub>=4;  $p < .001$ ,  $d=2.70$ ) und in Gruppe B (CTR) nach dem dritten Kurs (EV3: Median<sub>exp</sub>=4, Median<sub>control</sub>=2;  $p < .001$ ,  $d=1.92$ ;  $H_5$  angenommen).

Die Teilnahme am VAC führte zu einem signifikant höheren Anstieg der selbst eingeschätzten Kompetenz als die Teilnahme am Fachliteratureigenstudium. Gruppe A (EXP) gab einen höheren Anstieg nach dem ersten Kurs (EV1: Median<sub>exp</sub>=1, Median<sub>control</sub>=4;  $p < .001$ ,  $d=2.46$ ) an, ebenso wie Gruppe B (CTR) nach dem dritten Kurs (EV3: Median<sub>exp</sub>=4, Median<sub>control</sub>=2;  $p < .001$ ,  $d=1.31$ ;  $H_6$  angenommen).



**Abbildung 3: Kardiale Auskultationsfertigkeiten: Summenscores für Diagnosestellung (DIAG), Geräuschbeschreibung (DESC) bei T1-T5 sowie Identifizierung des Punctum Maximum (PM) bei T3, dargestellt in Beeswarm Boxplots (maximale Punktzahl = 6). Ergebnisse der Experimentalgruppe in Grün, Ergebnisse der Kontrollgruppe in Gelb. (+) = Mittelwert; (-) = Median. Primärer Endpunkt bei T3.**

**Tabelle 1: Kardiale Auskultationsfertigkeit (T1-T5): Summenscores der Geräuschbeschreibung (DESC) und diagnostischer Präzision (DIAG) bei T1-T5 sowie Identifizierung des Punctum Maximum (PM) bei T3 (maximale Punktzahl=6). Durchführung von Mann-Whitney-U-Tests zum Vergleich von Experimental- (A) und Kontrollgruppe (B). Power (d) nur ausreichend für die Feststellung einer großen Effektstärke (Power (1-β):  $d \geq 0,8=0,81$ ).**

		A(EXP)		B(CTR)		Mann-Whitney U Test			
		n	Median	n	Median	U	z	p	d
T1	DESC	27	0	28	0	377.5	-0.01	.99	-
	DIAG		0		0.5	373	-0.09	.93	-
T2	DESC	27	4	28	1	62	-5.28	<.001	2.06
	DIAG		4		1	62.5	-5.38	<.001	2.05
T3 (Primärer Endpunkt)	DESC	27	3	28	0	62	-5.48	<.001	2.06
	DIAG		1		1	347.5	-0.53	.60	-
	PM		3		3	342.5	-0.62	.54	-
T4	DESC	27	4	28	2	62	-3.97	<.001	1.24
	DIAG		3		1	211	-2.86	.004	0.82
T5	DESC	26	4	28	4	377.5	-0.04	.97	-
	DIAG		4		3	319	-1.01	.31	-

**Tabelle 2: Kurszufriedenheit und selbst eingeschätzter Kompetenzzuwachs: Bewertung der Zufriedenheit und des selbst eingeschätzten Kompetenzzuwachses der Teilnehmenden nach der Kursteilnahme auf einer sechsstufigen Likert-Skala (bester Wert=1). Durchführung von Mann-Whitney-U-Tests zum Vergleich der Experimental- (A) und Kontrollgruppe (B) bei EV1 und EV3. Power (d) nur ausreichend für den Nachweis einer großen Effektgröße (Power (1-β):  $d \geq 0,8=0,81$ ). Keine Durchführung statistischer Tests bei EV2.**

		A(EXP)		B(CTR)		Mann-Whitney U Test			
		n	Median	n	Median	U	z	p	d
EV1	Zufriedenheit	27	1	28	4	732	-6.09	<.001	2.70
	Kompetenz		1		4	720	-5.92	<.001	2.46
EV2	Zufriedenheit	27	1	28	1	-	-	-	-
	Kompetenz		2		2	-	-	-	-
EV3	Zufriedenheit	26	4	28	2	73	-5.05	<.001	1.92
	Kompetenz		4		2	136.5	-4.04	<.001	1.31

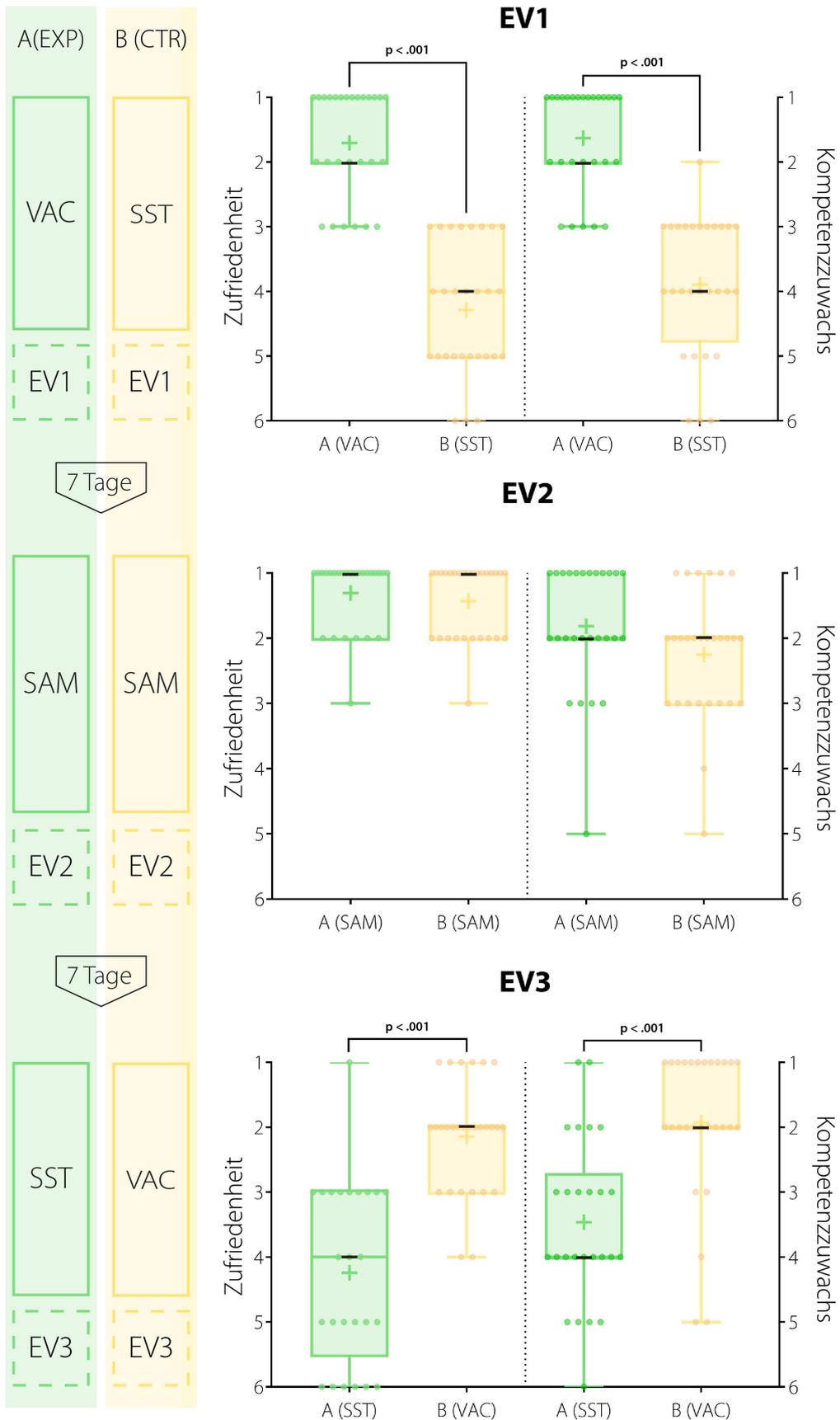
Am Auskultationssimulator zeigten beide Gruppen eine vergleichbar hohe Zufriedenheit (EV2: Median<sub>exp</sub>=1, Median<sub>control</sub>=1) und gaben einen hohen selbst eingeschätzten Kompetenzzuwachs an (EV2: Median<sub>exp</sub>=2, Median<sub>control</sub>=2).

## 4. Diskussion

Die vorliegende Studie zeigt zum ersten Mal, dass ein fallbasierter virtueller Auskultationskurs via Videokonferenz die Beschreibung von Herzauskultationsbefunden am Simulator im Vergleich zum Fachliteratureigenstudium signifikant verbessern kann.

### 4.1. Einfluss auf Studienteilnehmende

Medizinstudierende, die am VAC teilnahmen, wiesen eine deutliche Verbesserung der Fähigkeit auf, Charakteristika von Herzgeräuschen am Simulator zu beschreiben. Es wurde kein signifikanter Unterschied in der diagnostischen Genauigkeit festgestellt. Ein ähnlicher Effekt wurde in einer Studie von Giovanni et al. [24] beobachtet, in der die Auskultationsperformance von Studierenden an Patient\*innen sechs Wochen nach dem Anhören von aufgenommenen Auskultationsbefunden oder dem Training an einem Auskultationssimulator verglichen wurde. Nach dem Training am Simulator zeigten die Studierenden eine bessere Performance bei der Interpretation der Tonbei-



**Abbildung 4: Evaluationsergebnisse: Auf einer sechsstufigen Likert-Skala basierende Evaluation (beste Punktzahl = 1) der Zufriedenheit der Teilnehmenden und des selbst eingeschätzten Kompetenzzuwachses nach der Kursteilnahme in Beeswarm Boxplots. Ergebnisse der Experimentalgruppe in Grün, Ergebnisse der Kontrollgruppe in Gelb. (+) = Mittelwert; (-) = Median. Keine Durchführung statistischer Tests bei EV2.**

spiele, ohne dass die diagnostische Präzision verbessert war.

Das Stellen einer auf Auskultation basierten Diagnose ist vermutlich mit deklarativem, d. h. explizitem Wissen verbunden (z. B. „Die Aortenstenose ist ein systolisches Geräusch“). Im Gegensatz dazu kann die Beschreibung von Herzgeräuschen als implizite Fähigkeit betrachtet werden, die von prozeduralem Wissen abhängt [40]. Im Gegensatz zu deklarativem Wissen wird prozedurales Wissen durch praktische Übungen trainiert. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten darauf hin, dass die Teilnahme am VAC zu einem höherem Erwerb von prozeduralem als von deklarativem Wissen führt. Es ist wichtig, dass prozedurales Wissen in vielen Fällen die relevantere Art von Wissen darstellen kann. Wie von Kumar and Thompson [11] dargelegt, benötigen Ärzt\*innen nicht zwingend eine hohe diagnostische Genauigkeit, um eine Vielzahl verschiedener Geräusche zu identifizieren, sondern sollten in der Lage sein, physiologische von pathologischen Befunden zu unterscheiden, um weitere Diagnostik einzuleiten und gegebenenfalls eine Überweisung an einen/eine Fachärzt\*in für Kardiologie zu initiieren.

Im Einklang mit diesen Überlegungen wurde in einer früheren Studie von H'Mida, Degrenne [41], in der Video- und Standbilder zum Erlernen einer motorischen Fertigkeit verglichen wurden, ein zuverlässiger Erwerb und Erhalt von prozeduralem Wissen über einen Zeitraum von einer Woche berichtet, wie er auch in der vorliegenden Studie beobachtet wurde.

Die Beobachtung, dass die Teilnahme am VAC zu einer verbesserten Beschreibung der Herzgeräusche, nicht jedoch zu einer höheren diagnostischen Präzision führte, könnte auch durch Raten zu begründen sein. Es gab eine hohe Variabilität beim Stellen der korrekten Diagnose am Simulator, hauptsächlich bedingt durch einige Teilnehmende, die die richtige Diagnose ohne eine korrekte Beschreibung des Auskultationsbefundes stellten.

Die Teilnahme am VAC verbesserte die Identifizierung eines Punctum Maximum (PM) nicht signifikant. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass es während des VAC nicht möglich war, alle Auskultationspunkte auf dem Thorax in jedem vorgestellten Fall virtuell auszukultieren. Die Teilnehmenden hatten somit keine Gelegenheit, typische Ausbreitungsmuster der Geräusche selbstständig zu erarbeiten.

## 4.2. Implikationen für das Training der kardialen Auskultation

In dieser Studie führten der VAC und das Training an einem Simulator zu hohen Zufriedenheitsraten und einer messbaren Steigerung der selbst eingeschätzten Kompetenz bei Medizinstudierenden im dritten Studienjahr. Dies könnte zu einem größeren Nutzen von weiterem Auskultationstraining für Teilnehmenden (z. B. Unterricht am Krankenbett) im Verlauf des Medizinstudiums führen, wie zuvor von Bernardi et al. vorgeschlagen [20]. Dies

unterstreicht die Bedeutung eines frühzeitigen Trainings grundlegender Untersuchungsfertigkeiten.

Zahlreiche Studien haben die positiven Auswirkungen eines von Tonsimulation [15], [16], [17] bis zu High-Fidelity-Simulatoren [20], [21] reichenden simulationsbasierten Auskultationstrainings gezeigt. Simulatoren wie „Harvey“ oder „SAM“ bieten ein standardisiertes Training mit vielen Aspekten echter Patient\*innen, sind jedoch kostenintensiv in der Beschaffung und in der Nutzungszeit limitiert [24]. Bei Kontaktbeschränkungen ist der Zugang weiter eingeschränkt.

In Anbetracht dieser Einschränkungen können auf Videokonferenz basierende Auskultationskurse eine wertvolle Ergänzung des bestehenden Repertoires an Methoden der Vermittlung von Auskultationstrainingmethoden sein. Die Teilnahme an Schulungen, die in Präsenz oder via Videokonferenz angeboten werden, kann zu ähnlichem Wissen und Vertrauen bei Angehörigen von Gesundheitsberufen führen [42]. Dies wird durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie bezüglich der Herzauskultationsfertigkeiten bei Medizinstudierenden bestätigt.

Folglich sind weitere Untersuchungen erforderlich, um die Übertragung von Fertigkeiten aus einem virtuellen Auskultationskurs auf Patient\*innen in einem Bedside-Szenario zu untersuchen, beispielsweise durch den Vergleich mit einem Auskultationssimulator. Die Integration von am Krankenbett aufgezeichneten Herztönen und -geräuschen an mehreren Positionen auf dem Thorax von Patient\*innen könnte die Identifizierung typischer Muster der Geräuschausbreitung verbessern.

Einmal etabliert, sind virtuelle Auskultationskurse leicht zugänglich und auf andere Fakultäten übertragbar, nicht von Kontaktbeschränkungen betroffen und eine Erhöhung der Anzahl von Kursen erfordert keine zusätzliche Ausrüstung. Das vorgestellte Kurskonzept basiert auf Peer Teaching und ist daher möglicherweise ressourceneffizienter als Formate, die graduiertes Lehrpersonal erfordern. Darüber hinaus ermöglichen sie die Ausbildung in der Auskultation auch in abgelegenen Gebieten mit begrenztem Zugang zu alternativen Ausbildungsmöglichkeiten.

## 4.3. Limitationen

Aufgrund von Kontaktbeschränkungen wurde die Übertragung von Auskultationsfertigkeiten auf Patient\*innen in der klinischen Praxis in dieser Studie nicht untersucht. Allerdings korrelierte eine gute Leistung an einem Auskultationssimulator mit einer guten Leistung an realen Patient\*innen, wie Fraser et al. [43] in Bezug auf die Mitralinsuffizienz zeigen konnten: Die Auskultationsfertigkeiten an Patient\*innen nach dem Auskultationstraining mit virtuellen Patient\*innen entsprach der einer Kontrollgruppe, die an zusätzlichem Unterricht am Krankenbett teilnahm [17].

Der langfristige Effekt auf die Auskultationsfertigkeiten wurde in dieser Studie nicht untersucht. Frühere Studien haben jedoch gezeigt, dass die Auskultationsfertigkeiten bis zu drei Jahre nach dem Training an einem Auskultationssimulator gut erhalten bleiben [20], [21].

Die Tonbeispiele, die während und unmittelbar nach VAC bei Assessment T2 dargeboten wurden, waren identisch. Dies könnte die bessere Leistung der am VAC teilnehmenden Studierenden im Vergleich zum SST allein durch das Wiedererkennen der zuvor präsentierten Herzgeräusche erklären. Im Gegensatz dazu waren bei T3 die Tondateien nicht identisch zu T2, obwohl dieselben sechs Pathologien präsentiert wurden.

Auch wenn die Teilnehmenden während des VAC über ihrer Kameras beobachtet werden konnten, wurden die Bildschirme der Teilnehmenden aus Datenschutzgründen nicht überwacht. Somit kann nicht sichergestellt werden, dass die Teilnehmenden mit der zur Verfügung gestellten Literatur gearbeitet oder den virtuellen Kurs während der gesamten Zeit verfolgt haben.

Die vorliegende Studie war ausreichend gepowert, um valide Schlussfolgerungen zu ziehen, aber subtilere Effekte des VAC auf die Auskultationsleistung mit einer moderaten oder kleinen Effektgröße wurden möglicherweise nicht erkannt.

## 5. Schlussfolgerung

Diese Studie demonstriert erstmals, dass die Ausbildung von Medizinstudierenden mit einem virtuellen Auskultationskurs per Videokonferenz die Herzauskultationsfertigkeiten nach einer Woche am Simulator im Vergleich zum Fachliteratureigenstudium deutlich verbessern kann. Das digitale Lehrformat wurde von den Teilnehmenden als gut bewertet und führte zu einer selbst eingeschätzten Kompetenzzunahme und höherer Zufriedenheit. Somit kann ein interaktiver Online-Kurs auch nach Aufhebung der Kontaktbeschränkungen einen zusätzlichen Nutzen bieten und den Erwerb grundlegender Fertigkeiten in der Herzauskultation unterstützen.

## Anmerkung

Bastian Malzkorn und Carsten Döing teilen sich die Seniorautorenschaft.

## Interessenkonflikt

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

## Literatur

- Chizner MA. Cardiac auscultation: rediscovering the lost art. *Curr Probl Cardiol.* 2008;33(7):326-408. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2008.03.003
- Ewy GA, Felner JM, Juul D, Mayer JW, Sajid AW, Waugh RA. Test of a cardiology patient simulator with students in fourth-year electives. *J Med Educ.* 1987;62(9):738-743. DOI: 10.1097/00001888-198709000-00005
- Holmboe ES. Faculty and the Observation of Trainees' Clinical Skills: Problems and Opportunities. *Acad Med.* 2004;79(1):16-22. DOI: 10.1097/00001888-200401000-00006
- Vukanovic-Criley JM, Criley S, Warde CM, Boker JR, Guevara-Matheus L, Churchill WH, Nelson WP, Criley JM. Competency in cardiac examination skills in medical students, trainees, physicians, and faculty: a multicenter study. *Arch Intern Med.* 2006;166(6):610-616. DOI: 10.1001/archinte.166.6.610
- Mangione S. Cardiac auscultatory skills of physicians-in-training: a comparison of three English-speaking countries. *Am J Med.* 2001;110(3):210-216. DOI: 10.1016/S0002-9343(00)00673-2
- Mangione S, Nieman LZ. Cardiac auscultatory skills of internal medicine and family practice trainees. A comparison of diagnostic proficiency. *JAMA.* 1997;278(9):717-722. DOI: 10.1001/jama.1997.03550090041030
- Dhuper S, Vashist S, Shah N, Sokal M. Improvement of cardiac auscultation skills in pediatric residents with training. *Clin Pediatr (Phila).* 2007;46(3):236-240. DOI: 10.1177/0009922806290028
- Roy D, Sargeant J, Grey J, Hoyt B, Allen M, Fleming M. Helping family physicians improve their cardiac auscultation skills with an interactive CD-ROM. *J Contin Educ Health Prof.* 2002;22(3):152-159. DOI: 10.1002/chp.1340220304
- Gaskin PR, Owens SE, Talner NS, Sanders SP, Li JS. Clinical auscultation skills in pediatric residents. *Pediatrics.* 2000;105(6):1184-1187. DOI: 10.1542/peds.105.6.1184
- Mahnke CB, Nowalk A, Hofkosh D, Zuberhuhler JR, Law YM. Comparison of two educational interventions on pediatric resident auscultation skills. *Pediatrics.* 2004;113(5):1331-1335. DOI: 10.1542/peds.113.5.1331
- Kumar K, Thompson WR. Evaluation of cardiac auscultation skills in pediatric residents. *Clin Pediatr (Phila).* 2013;52(1):66-73. DOI: 10.1177/0009922812466584
- Ward JJ, Wattier BA. Technology for Enhancing Chest Auscultation in Clinical Simulation. *Respiratory Care.* 2011;56(6):834-845. DOI: 10.4187/respcare.01072
- McKinney J, Cook DA, Wood D, Hatala R. Simulation-based training for cardiac auscultation skills: systematic review and meta-analysis. *J Gen Intern Med.* 2013;28(2):283-291. DOI: 10.1007/s11606-012-2198-y
- Butter J, Cook DA, Wood D, Hatala R. Simulation-based Mastery Learning Improves Cardiac Auscultation Skills in Medical Students. *J Gen Intern Med.* 2010;25(8):780-785. DOI: 10.1007/s11606-010-1309-x
- Tokuda Y, Matayoshi T, Nakama Y, Kurihara M, Suzuki T, Kitahara Y, Kitai Y, Nakamura T, Itokazu D, Miyazato T. Cardiac auscultation skills among junior doctors: effects of sound simulation lesson. *Int J Med Educ.* 2020;11:107-110. DOI: 10.5116/ijme.5eb6.70c6
- Barrett MJ, Kuzma MA, Seto TC, Richards P, Mason D, Barrett DM, Gracely EJ. The power of repetition in mastering cardiac auscultation. *Am J Med.* 2006;119(1):73-75. DOI: 10.1016/j.amjmed.2004.12.036
- Sverdrup Ø, Jensen T, Solheim S, Gjesdal K. Training auscultatory skills: computer simulated heart sounds or additional bedside training? A randomized trial on third-year medical students. *BMC Med Educ.* 2010;10:3. DOI: 10.1186/1472-6920-10-3
- Vukanovic-Criley JM, Boker JR, Creley SR, Rajagopalan S, Criley JM. Using virtual patients to improve cardiac examination competency in medical students. *Clin Cardiol.* 2008;31(7):334-339. DOI: 10.1002/clc.20213

19. Oliveira AC, Mattos S, Coimbra M. Development and Assessment of an E-learning Course on Pediatric Cardiology Basics. *JMIR Med Educ.* 2017;3(1):e10. DOI: 10.2196/mededu.5434
20. Bernardi S, Giudici F, Leone MF, Zuolo G, Furlotti S, Carretta R, Fabris B. A prospective study on the efficacy of patient simulation in heart and lung auscultation. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):275. DOI: 10.1186/s12909-019-1708-6
21. Perlini S, Salinaro F, Santalucia P, Musca F. Simulation-guided cardiac auscultation improves medical students' clinical skills: the Pavia pilot experience. *Intern Emerg Med.* 2014;9(2):165-172. DOI: 10.1007/s11739-012-0811-z
22. Pereira D, Gomes P, Faria S, Cruz-Correia R, Coimbra M. Teaching cardiopulmonary auscultation in workshops using a virtual patient simulation technology - A pilot study. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2016;2016:3019-3022. DOI: 10.1109/EMBC.2016.7591365
23. Pereira D, Amelia-Ferreira M, Cruz-Correia R, Coimbra M. Teaching Cardiopulmonary Auscultation to Medical Students using a Virtual Patient Simulation Technology. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2020;2020:6032-6035. DOI: 10.1109/EMBC44109.2020.9175920
24. de Giovanni D, Roberts T, Norman G. Relative effectiveness of high- versus low-fidelity simulation in learning heart sounds. *Med Educ.* 2009;43(7):661-668. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03398.x
25. Quinn A, Kaminsky J, Adler A, Eisner S, Ovitsh R. Cardiac Auscultation Lab Using a Heart Sounds Auscultation Simulation Manikin. *MedEdPORTAL.* 2019;15:10839. DOI: 10.15766/mep\_2374-8265.10839
26. Friederichs H, Weissenstein A, Ligges S, Möller D, Becker JC, Marschall B. Combining simulated patients and simulators: pilot study of hybrid simulation in teaching cardiac auscultation. *Adv Physiol Educ.* 2014;38(4):343-347. DOI: 10.1152/advan.00039.2013
27. Rüllmann N, Lee U, Klein K, Malzkorn B, Mayatepek E, Schneider M, Döing C. Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19. *GMS J Med Educ.* 2020;37(7):Doc102. DOI: 10.3205/zma001395
28. Lam CS, Cheong PY, Ong BK, Ho KY. Teaching cardiac auscultation without patient contact. *Med Educ.* 2004;38(11):1184-1185. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2004.01989.x
29. Chen CH, Mullen AJ. COVID-19 Can Catalyze the Modernization of Medical Education. *JMIR Med Educ.* 2020;6(1):e19725. DOI: 10.2196/19725
30. Widyahening IS, Findyartini A, Ranakusuma RW, Dewiasty E, Harimurti K. Evaluation of the role of near-peer teaching in critical appraisal skills learning: a randomized crossover trial. *Int J Med Educ.* 2019;10:9-15. DOI: 10.5116/ijme.5c39.b55b
31. Kam J, Khadra S, Tran QH, Ainsworth H, Louie-Johnsun M, Winter M. Portable Video Media Versus Standard Verbal Communication in Surgical Teaching: A Prospective, Multicenter, and Randomized Controlled Crossover Trial. *J Surg Educ.* 2019;76(2):440-445. DOI: 10.1016/j.jsurg.2018.08.013
32. Benè KL, Bergus G. When learners become teachers: a review of peer teaching in medical student education. *Fam Med.* 2014;46(10):783-787.
33. Williams B. Case based learning—a review of the literature: is there scope for this educational paradigm in prehospital education? *Emerg Med J.* 2005;22(8):577-581. DOI: 10.1136/emj.2004.022707
34. Turk B, Ertl S, Wong G, Wadowski PP, Löffler-Stastka H. Does case-based blended-learning expedite the transfer of declarative knowledge to procedural knowledge in practice? *BMC Med Educ.* 2019;19(1):447. DOI: 10.1186/s12909-019-1884-4
35. Fießl HS, Middeke M. *Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung.* 4th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2014. DOI: 10.1055/b-0034-100129
36. Erdmann E. *Klinische Kardiologie.* 7th ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2009. DOI: 10.1007/978-3-540-79011-2
37. Bortz J, Christof S. *Statistics: For Human and Social Scientists.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2010.
38. Cohen J. *Statistical power analysis.* London: Taylor & Francis Ltd; 1988.
39. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G\*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods.* 2009;41(4):1149-1160. DOI: 10.3758/BRM.41.4.1149
40. Barrett MJ, Lacey CS, Sekara AE, Linden EA, Gracely EJ. Mastering cardiac murmurs: the power of repetition. *Chest.* 2004;126(2):470-475. DOI: 10.1378/chest.126.2.470
41. H'Mida C, Degrenne O, Souissi N, Rekek G, Trabelsi K, Jarraya M, Bragazzi NL, Khacharem A. Learning a Motor Skill from Video and Static Pictures in Physical Education Students-Effects on Technical Performances, Motivation and Cognitive Load. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(23):9067. DOI: 10.3390/ijerph17239067
42. Martin P, Kumar S, Abernathy L, Browne M. Good, bad or indifferent: a longitudinal multi-methods study comparing four modes of training for healthcare professionals in one Australian state. *BMJ Open.* 2018;8(8):e021264. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-021264
43. Fraser K, Wright B, Girarrd L, Tworek J, Paget M, Welikovich L, McLaughlin K. Simulation training improves diagnostic performance on a real patient with similar clinical findings. *Chest.* 2011;139(2):376-381. DOI: 10.1378/chest.10-1107

**Korrespondenzadresse:**

Carsten Döing  
 Universitätsklinikum Düsseldorf, Klinik für Allgemeine Pädiatrie, Neonatologie und Kinderkardiologie, Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf, Deutschland  
 Carsten.Doeing@med.uni-duesseldorf.de

**Bitte zitieren als**

Rüllmann N, Hirtz R, Lee U, Klein K, Mayatepek E, Malzkorn B, Döing C. Virtual auscultation course via video chat in times of COVID-19 improves cardiac auscultation skills compared to literature self-study in third-year medical students: a prospective randomized controlled cross-over study. *GMS J Med Educ.* 2022;39(2):Doc21. DOI: 10.3205/zma001542, URN: urn:nbn:de:0183-zma0015426

**Artikel online frei zugänglich unter**

<https://doi.org/10.3205/zma001542>

**Eingereicht:** 03.06.2021

**Überarbeitet:** 16.10.2021

**Angenommen:** 24.01.2022

**Veröffentlicht:** 14.04.2022

**Copyright**

©2022 Rüllmann et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

## 4 Nicht publizierte Methoden und Ergebnisse

### 4.1 Methoden

Die in der Publikation [42] veröffentlichten Ergebnisse beziehen sich auf summierte Punktzahlen zu den Kategorien. Hiermit ist die differenzierte Bewertung der Items Geräuschbeschreibung, Diagnose, und, am Simulator, "Punctum maximum" möglich, jedoch keine Differenzierung zwischen den auskultierten Vitien. Zur Darstellung detaillierter Unterschiede in der Verteilung richtiger und falscher Antworten bei Assessment T3 (Assessment am Simulator, sieben Tage nach erstmaliger Teilnahme am virtuellen Auskultationskurs oder Literatureigenstudium [42]) wurden exemplarisch die Antworten bei den Vitien „Mitralklappeninsuffizienz“ und „Ventrikelseptumdefekt“ (mit den Items DIAG, DESC und PM) unter Verwendung des  $\chi^2$ -Test für Unabhängigkeit verglichen. Der Test untersucht, ob zwischen erwarteten und beobachteten Häufigkeiten nominal-verteilter Variablen statistisch signifikante Unterschiede bestehen [43]. Als (statistisches)  $H_0$  wurde definiert, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen A(EXP) und B(CTR) besteht, also die Teilnahme am VAC keinen signifikanten Einfluss auf die Auskultationsfertigkeiten am Simulator hat. Ergebnisse mit einem p-Wert  $<.05$  wurden als signifikant angesehen.

### 4.2 Ergebnisse

#### 4.2.1 Detaillierte Darstellung der Performance bei T3

Bezüglich der Beschreibung der Mitralklappeninsuffizienz zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zur zuvor erfolgten Teilnahme am VAC, in Gruppe A(EXP) wurde das Geräusch 20 mal richtig beschrieben, in Gruppe B(CTR) sechs Mal,  $\chi^2(1)=15.28$ ,  $p<.0001$ . Weder bei Diagnosestellung ( $\chi^2(1)=.022$ ,  $p=.883$ ) noch bei Identifikation des Punctum Maximum ( $\chi^2(1)=.900$ ,  $p=.343$ ) gab es einen signifikanten Zusammenhang.

Bezüglich des Ventrikelseptumdefektes zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bei Geräuschbeschreibung ( $\chi^2(1)=2.298$ ,  $p=.130$ ) oder Punctum Maximum ( $\chi^2(1)=.933$ ,  $p=.334$ ). Da für das Item Diagnosestellung erwartete Häufigkeiten  $n<5$  bestanden, sind die Ergebnisse möglicherweise fehlerbehaftet: Nur unter der Bedingung, dass die erwarteten Werte  $>5$  sind, folgt der berechnete  $\chi^2$ -Wert asymptotisch einer Chi-Quadrat-Verteilung.

		<b>A (EXP)</b> n=27	<b>B (CTR)</b> n=28	$\chi^2$	p-Wert																																										
<b>Mitralklappeninsuffizienz</b> Beschreibung	Richtig	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>15.28</b>	<b>p&lt;.0001</b>																																										
	Falsch	7	22			<b>Mitralklappeninsuffizienz</b> Diagnosestellung	Richtig	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>0.02</b>	<b>p=.883</b>	Falsch	12	13	<b>Mitralklappeninsuffizienz</b> Punctum maximum	Richtig	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>0.90</b>	<b>p=.343</b>	Falsch	11	8	<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Beschreibung	Richtig	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>2.30</b>	<b>p=.130</b>	Falsch	15	21	<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Diagnosestellung	Richtig	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0.26<sup>1</sup></b>	<b>p=.609<sup>1</sup></b>	Falsch	24	26	<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Punctum maximum	Richtig	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>0.93</b>	<b>p=.334</b>
<b>Mitralklappeninsuffizienz</b> Diagnosestellung	Richtig	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>0.02</b>	<b>p=.883</b>																																										
	Falsch	12	13			<b>Mitralklappeninsuffizienz</b> Punctum maximum	Richtig	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>0.90</b>	<b>p=.343</b>	Falsch	11	8	<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Beschreibung	Richtig	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>2.30</b>	<b>p=.130</b>	Falsch	15	21	<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Diagnosestellung	Richtig	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0.26<sup>1</sup></b>	<b>p=.609<sup>1</sup></b>	Falsch	24	26	<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Punctum maximum	Richtig	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>0.93</b>	<b>p=.334</b>	Falsch	17	21						
<b>Mitralklappeninsuffizienz</b> Punctum maximum	Richtig	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>0.90</b>	<b>p=.343</b>																																										
	Falsch	11	8			<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Beschreibung	Richtig	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>2.30</b>	<b>p=.130</b>	Falsch	15	21	<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Diagnosestellung	Richtig	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0.26<sup>1</sup></b>	<b>p=.609<sup>1</sup></b>	Falsch	24	26	<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Punctum maximum	Richtig	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>0.93</b>	<b>p=.334</b>	Falsch	17	21															
<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Beschreibung	Richtig	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>2.30</b>	<b>p=.130</b>																																										
	Falsch	15	21			<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Diagnosestellung	Richtig	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0.26<sup>1</sup></b>	<b>p=.609<sup>1</sup></b>	Falsch	24	26	<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Punctum maximum	Richtig	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>0.93</b>	<b>p=.334</b>	Falsch	17	21																								
<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Diagnosestellung	Richtig	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0.26<sup>1</sup></b>	<b>p=.609<sup>1</sup></b>																																										
	Falsch	24	26			<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Punctum maximum	Richtig	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>0.93</b>	<b>p=.334</b>	Falsch	17	21																																	
<b>Ventrikelseptumdefekt</b> Punctum maximum	Richtig	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>0.93</b>	<b>p=.334</b>																																										
	Falsch	17	21																																												

**Tabelle 2: Detaillierte Ergebnisse bei T3.** Ergebnisse für Mitralklappeninsuffizienz und Ventrikelseptumdefekt, p-Werte berechnet mit  $\chi^2$ -Test für Unabhängigkeit. Ergebnisse mit einem p-Wert <.05 wurden als signifikant angesehen. <sup>1</sup>Erwartete Häufigkeit<5: Ergebnisse möglicherweise fehlerbehaftet

#### 4.2.2 Weitere Evaluationsergebnisse

Neben den bereits im Rahmen der Veröffentlichung [42] vorgestellten Evaluationsergebnissen bezüglich globaler Zufriedenheit mit den einzelnen Kursangeboten und der subjektiven Einschätzung des eigenen Kompetenzzuwachses waren weitere Fragen Bestandteil der Evaluation, die ebenso wie die zuvor genannten mittels einer sechsstufigen Likert-Skala (beste Punktzahl = 1) beantwortet wurden.

Nach dem VAC bestätigten die Proband:innen die Aussage, dass die Teilnahme am virtuellen Auskultationskurs ihre Motivation, sich mit der Auskultation zu beschäftigen, gesteigert habe (A(EXP), EV1: MW=1.4; SD=0.6; n=27; B(CTR), EV3: MW=2.0; SD=1.1; n=27). Nach Teilnahme am Fachliteratureigenstudium ergab sich hierzu eine geringere Zustimmung (A(EXP), EV3: MW=3.5; SD=1.3; n=26; B(CTR), EV1: MW=2.8; SD=1.3; n=28). Ein ähnliches Ergebnis zeigte sich bezüglich einer guten Vorbereitung auf die Auskultation an Simulator und/oder Patient:innen. Nach dem VAC wurde einer

entsprechenden Aussage zugestimmt (A(EXP), EV1: MW=1.8; SD=0.8; n=27; B(CTR), EV3: MW=2.3; SD=1.0; n=28), ebenso nach Auskultation am Simulator (A(EXP), EV2: MW=1.3; SD=0.7; n=27; B(CTR), EV2: MW=1.3; SD=0.5; n=28), nach dem Fachliteratureigenstudium eher nicht (A(EXP), EV3: MW=3.7; SD=1.4; n=26; B(CTR), EV1: MW=4.4; SD=1.4; n=28). Die Ortsunabhängigkeit des eLearning-Kurses habe die Motivation zur Kursteilnahme der Teilnehmer:innen des VAC gesteigert (A(EXP), EV1: MW=1.3; SD=0.9; n=27; B(CTR), EV3: MW=2.1; SD=1.1; n=27).

Das Auskultationstraining mittels Auskultationssimulator habe die Motivation der Teilnehmenden, sich mit der Auskultation zu beschäftigen, gesteigert (A(EXP), EV2: MW=1.3; SD=0.7; n=27; B(CTR), EV2: MW=1.3; SD=0.5; n=28), sie fühlten sich in der Auskultation von Patient:innen im klinischen Alltag sicherer (A(EXP), EV2: MW=1.7; SD=1.0; n=27; B(CTR), EV2: MW=2.3; SD=1.1; n=28).

## 5 Diskussion

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass ein fallbasierter, virtueller Auskultationskurs via Videokonferenz die Fähigkeit zur Beschreibung von Herzgeräuschen im Vergleich mit einem Fachliteratureigenstudium signifikant verbessern kann.

### 5.1 Effekt der Teilnahme am virtuellen Auskultationskurs auf die Performance am Simulator

Die Teilnahme am virtuellen Auskultationskurs führte zu einer signifikanten Verbesserung der Auskultationsfertigkeiten am Simulator: Bei nicht signifikant erhöhter diagnostischer Präzision war die Fähigkeit zur Beschreibung der verschiedenen Auskultationsbefunde deutlich gesteigert.

Dass der Einsatz von Simulationstechnik zu verbesserten Auskultationsfertigkeiten von Medizinstudierenden führen kann, konnte bereits vielfach gezeigt werden. Eine Untersuchung von Bernardi et al. verglich die kardialen und pulmonalen Auskultationsfertigkeiten von Medizinstudierenden im dritten Studienjahr, die an einem umfangreichen Lehrprogramm bestehend aus Vorlesung, einem Kurs, in dem Tonbeispiele angehört wurden und *bedside teaching* teilgenommen hatten mit solchen, die zusätzlich zu diesem Curriculum für eine Stunde an einem *High-Fidelity*-Simulator (SAM II ©) trainiert wurden [22]. Ein zwei Jahre später durchgeführtes Assessment am Auskultationsimulator zeigte bei denjenigen, die am Simulator trainiert hatten, eine für die untersuchten kardialen Auskultationsbefunde signifikant bessere Beschreibung der Herzgeräusche mittels grafischer Darstellung sowie teilweise eine erhöhte diagnostische Präzision. Dies ist mit den Ergebnissen dieser Studie vereinbar: Teilnehmer:innen des VAC zeigten bei der Auskultation am Simulator (T3) eine deutlich bessere Beschreibung des Auskultationsbefundes (Vorkommen in Systole und / oder Diastole, Differenzierung zwischen hohen und tiefen Frequenzen, Lautstärkedynamik), ohne dass es einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen bezüglich der diagnostischen Präzision gab. Allerdings wurden teilweise andere Herzgeräusche verwendet, wodurch die Vergleichbarkeit möglicherweise eingeschränkt ist. Da in beiden Studien die Mitralklappeninsuffizienz als Pathologie verwendet wurde, ist hier ein direkter Vergleich möglich: Bei der hiesigen Studie entspricht der direkte Vergleich der Performance für die Mitralklappeninsuffizienz dem globalen Ergebnis: Die Teilnahme am VAC führte zu einer verbesserten Beschreibung der Mitralklappeninsuffizienz, die sich nicht in einer gebesserten diagnostischen Präzision widerspiegelt. Bei der Untersuchung von Bernardi et

al. waren bezüglich der Mitralklappeninsuffizienz sowohl Geräuschbeschreibung als auch die Diagnosestellung signifikant besser bei der mittels Simulator trainierten Gruppe [22]. Dies ist möglicherweise darin begründet, dass beim Training am Simulator (wie bei Bernardi et al. erfolgt) im Gegensatz zum VAC ein selbstständiges Erarbeiten des Punctum Maximums möglich war, was das Stellen einer korrekten Diagnose erleichtert haben könnte. Für den Ventrikelseptumdefekt zeigte sich zwischen beiden Gruppen sowohl für die Diagnosestellung als auch für die Geräuschbeschreibung kein signifikanter Unterschied. Ventrikelseptumdefekt und Mitralklappeninsuffizienz besitzen eine ähnliche Klangqualität (hochfrequent, holosystolisch) und sind am ehesten anhand des Ausbreitungsmusters über dem Thorax zu differenzieren.

Eine leichte Diskrepanz zwischen Beschreibung und Diagnosestellung zeigte sich auch in der Untersuchung von de Giovanni et al. [32]: Studienteilnehmer:innen, Medizinstudierende aus dem dritten Studienjahr, trainierten zunächst an einem Auskultationssimulator oder nahmen an einem Lernprogramm teil, das auf das Anhören von Auskultationsbefunden fokussiert war. Bei einem sechs Wochen später folgenden Assessment, bei dem Patient:innen auskultiert sowie simulierte Herzgeräusche befundet wurden, zeigten beide Gruppen eine etwas bessere Fähigkeit zur Beschreibung der Herzgeräusche als diagnostische Präzision. Das Ziel dieser Untersuchung war allerdings, „Low-“ mit „High-Fidelity“-Simulation zu vergleichen, sodass es keine statistische Grundlage für Aussagen über Unterschiede zwischen diagnostischer Präzision und Beschreibung der Charakteristika der Herzgeräusche gibt.

Es wird postuliert, dass für die kardiale Auskultation sowohl deklaratives als auch prozedurales Wissen benötigt wird. Die Diagnosestellung basiert auf deklarativem Wissen und verknüpft den Auskultationsbefund ("Hochfrequentes Holosystolikum") mit einer Diagnose ("Mitralklappeninsuffizienz" / "Ventrikelseptumdefekt"). Die Erhebung des Auskultationsbefundes hingegen kann, abhängig von prozeduralem Wissen, als implizite, technische Fertigkeit betrachtet werden und somit durch praktische Übung des Gehörs trainiert werden, beispielsweise durch wiederholtes Anhören der Auskultationsbefunde [9]. Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass die Teilnahme am VAC insbesondere den Erwerb von prozeduralem Wissen fördern kann. Dem Studiendesign folgend konnte dieses Wissen über eine Woche behalten werden. Die Retention von prozeduralem Wissen wurde auch in einer Studie von H'Mida et al., die anhand einer bestimmten Judotechnik unterschiedlicher Formen der Visualisierung zur Vermittlung eines motorischen Skills

untersuchte, demonstriert [44]: Auch hier zeigte sich eine relevante Retention prozeduralen Wissens über ein Zeitintervall von einer Woche.

Für die kardiale Auskultation stellt in vielen Fällen prozedurales Wissen zur Differenzierung zwischen physiologischen und pathologischen Befunden den relevanteren Anteil der Auskultationsfertigkeit dar, wie auch von Kumar und Thompson in einer Studie zur Untersuchung der Auskultationsfertigkeiten von Assistenzärzt:innen der Pädiatrie beschrieben wurde [8]. So ist bei vorliegendem Verdacht einer relevanten Pathologie die Initiierung weiterer Diagnostik und/oder die Verweisung an Fachärzt:innen für die Stellung einer Diagnose notwendig. Sie erfolgt, ausreichende Ressourcen vorausgesetzt, in der Regel nicht allein durch die Auskultation, sondern wird durch weitere Diagnostik, zum Beispiel mittels Echokardiographie, bestätigt.

Da ausschließlich pathologische Befunde im Assessment dieser Studie verwendet wurden, lässt sich über die Fähigkeit zur Diskriminierung zwischen physiologischen und pathologischen Befunden keine sichere Aussage treffen. In einer Intervention vergleichbaren zeitlichen Umfangs (90 Minuten) an Medizinstudierenden des dritten bis fünften Studienjahres von Pereira et al. wurde dies unter Verwendung einer virtuellen Patientensimulation genauer untersucht: Es wurde zwischen fünf pathologischen sowie einem Normalbefund differenziert. Insbesondere die Fähigkeit zur Erkennung eines Normalbefundes verbesserte sich (von 40,17% vor der Intervention auf 56,92%), allerdings wurden einige Auskultationsbefunde nach der Intervention weniger zuverlässig erkannt und / oder häufiger als Normalbefunde interpretiert, beispielsweise die Aortenklappenstenose. Die Untersuchung zeigt, dass auf Simulationstechnologie basiertes Auskultationstraining durchaus die Fähigkeit zur Differenzierung zwischen pathologischen und physiologischen Auskultationsbefunden verbessern kann. Allerdings wurde ausschließlich unmittelbar nach dem Kurs getestet, sodass sich anhand dieser Studie keine Aussage über einen langfristigen Lerneffekt treffen lässt. Da es im Rahmen dieser Studie zudem keine Kontrollgruppe gab, wurden keine statistischen Tests zur Bewertung der Signifikanz der Ergebnisse erhoben [27].

In der hiesigen Studie zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen bezüglich der korrekten Identifizierung des Punctum maximum. Dies könnte durch die Art der Vermittlung erklärt sein: Der Fokus des VAC lag auf der Diskussion des Herzgeräuschs. Die Studierenden hatten im Gegensatz zum Assessment am Auskultationssimulator (T3) nicht die Möglichkeit, sich die Verteilungsmuster der

verschiedenen Herzgeräusche durch virtuelle Auskultation an verschiedenen Auskultationspunkten selbstständig zu erarbeiten. Dies könnte die zuvor beschriebene Diskrepanz zu den Ergebnisse der Studie von Bernardi et al. erklären [22]. Eine Ergänzung um mehrere Auskultationspunkte für die verschiedenen Pathologien erscheint somit für die Fortführung des VAC sinnvoll und könnte gegebenenfalls auch zur Differenzierung von Vitien mit ähnlicher Geräuschcharakteristik führen (beispielsweise Mitralklappeninsuffizienz und Ventrikelseptumdefekt, siehe oben). Die von der Beschreibung der Herzgeräusche separat abgefragte Identifizierung des Punctum Maximum wird den unterschiedlichen Bedingungen der Auskultationssituation zwischen virtuellem Auskultieren und Auskultieren am Simulator gerecht. Andere Untersuchungen, die die Wirksamkeit verschiedener Interventionen zur Vermittlung der Auskultation untersucht haben, haben auf eine genauere Differenzierung verzichtet und die Ausbreitungsmuster über dem Thorax als Teil der Beschreibung der Auskultationsbefunde in die Evaluation einbezogen [22, 30, 32]. Ein direkter Vergleich mit anderen Studien bezüglich dieser Fragestellung ist somit nur eingeschränkt möglich.

Unmittelbar nach dem VAC zeigten sich bei T2 sowohl die Befundbeschreibung als auch die Diagnosestellung der Teilnehmer:innen deutlich gebessert. Auch andere Untersuchungen führten Tests im direkten Anschluss an die Intervention durch und konnten zumindest teilweise eine Verbesserung der Teilnehmer:innen zeigen [13, 27]. Der zu beobachtende Effekt könnte im Rahmen dieser Studie auch dadurch erklärt sein, dass die zu befundenden Hörbeispiele während T2 den Pathologien entsprechen, die zuvor während des VAC ausführlich besprochen wurden, wenn auch in anderer Reihenfolge.

Beim abschließenden Assessment T5 zeigte sich zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied mehr, was auch bei anderen Studien, die Unterrichtsmethoden mithilfe eines *Cross-over-Designs* miteinander vergleichen, gesehen werden konnte: Bei einer Untersuchung unter Medizinstudierenden und jungen Assistenzärzt:innen zur Vermittlung eines bestimmten chirurgischen Vorgehens wurden ein video-basiertes und ein mündliches Format verglichen. Die Studienteilnehmer:innen durchliefen beide Formate in unterschiedlicher Reihenfolge. Beim abschließenden Assessment bestanden zwischen beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede bezüglich des erworbenen Wissens [41]. Die Studie bewertete zusätzlich den Wissenszuwachs der Teilnehmer:innen für die einzelnen Interventionen, was aufgrund der anonymisierten Datenerhebung im Rahmen dieser Studie zur Auskultation nicht möglich war. Die Ergebnisse deuten dennoch darauf

hin, dass die Reihenfolge der Kursformate für die Performance der Teilnehmer:innen nicht relevant scheint: Sie könnten in jedem Fall profitieren.

## 5.2 Implikationen für die Vermittlung kardialer Auskultation

### 5.2.1 Weitere Möglichkeiten zur Vermittlung der kardialen Auskultation

Die verschiedenen Einheiten wurden jeweils unmittelbar im Anschluss evaluiert. Die Teilnahme am VAC und Training mittels Simulator führten zu einer hohen Zufriedenheit und einer deutlichen Zunahme der selbst eingeschätzten Kompetenz. Eine ähnlich hohe Zufriedenheit mit dem VAC war bereits bei ersten Evaluationen zur Einführung des Kurskonzeptes beobachtet worden [34]. Beide Kurse hätten zudem die Motivation der Teilnehmenden, sich mit der Auskultation zu beschäftigen, erhöht und würden zu einer zukünftig erhöhten Sicherheit bei Auskultation von echten Patient:innen führen.

Dass das Training der Auskultation mittels Simulationstechnologie von Teilnehmenden positiv bewertet wird, wird durch weitere Studien [44, 45] bestätigt: Die Kombination eines Online-Tutorials zum selbstständigen Erarbeiten verschiedener Auskultationsbefunde mit einer kurzen Trainingseinheit an einem Auskultationssimulator führte in einer Untersuchung von Butter et al. unter den teilnehmenden Medizinstudierenden des dritten Studienjahres zu selbst eingeschätzter Zunahme von Auskultationsfertigkeiten und stärkte ihr Selbstvertrauen bezüglich eigener klinischer Fertigkeiten. Die Kombination des Tutorials mit dem Training am Simulator wurde von den Teilnehmenden als besser eingeschätzt als ausschließlich klinisch erworbene Erfahrung. Diese Einschätzung korrelierte mit einer Zunahme der Auskultationsfertigkeiten [30].

Ein früher Einstieg in das Training von klinischen Fertigkeiten wie der kardialen Auskultation erscheint sinnvoll, um im weiteren Verlauf des Medizinstudiums von weiteren Möglichkeiten des Auskultationstrainings, zum Beispiel im Rahmen von *bedside teaching* oder individuellem Patient:innenkontakt im Rahmen klinischer Praktika profitieren zu können. Basierend auf den Ergebnissen einer multizentrischen Studie von Vukanovic et al., in der unter anderem gezeigt wurde, dass die Auskultationsfertigkeiten von Medizinstudierenden nach dem dritten Studienjahr nicht mehr zunahmten [12], betonten die Autor:innen um Bernardi et al die Notwendigkeit eines frühen Auskultationstrainings [22]. Basierend auf den Ergebnissen der Evaluationen sowie der nachgewiesenen Verbesserung der Auskultationsfertigkeiten ist davon auszugehen, dass

auch die Studienteilnehmer:innen im weiteren Verlauf ihres Studiums von weiterem Auskultationstraining verstärkt profitieren werden.

Eine Übertragbarkeit der erworbenen Auskultationsfertigkeiten auf echte Patient:innen wurde in dieser Studie nicht untersucht. Ob Simulationen einen positiven Einfluss hierauf haben können, war jedoch bereits Bestandteil von Studien. In einer Untersuchung von Fraser et al. nahmen drei Gruppen Medizinstudierender des ersten Studienjahres jeweils an einer Fallsimulation mit dem Leitsymptom Brustschmerz teil, die unter anderem auch die kardiale Auskultation an einem *High-Fidelity*-Simulator beinhaltete [31]. Hierbei stellte der Simulator eine Aortenklappenstenose, eine Mitralklappeninsuffizienz oder kein Herzgeräusch dar. Anschließend auskultierten die Teilnehmer:innen einen Patienten mit Mitralklappeninsuffizienz. Die Gruppe, die bereits zuvor am Simulator mit der Mitralklappeninsuffizienz konfrontiert war, zeigte eine im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen signifikant bessere Fähigkeit, Symptome zu identifizieren und die richtige Diagnose zu stellen. In dieser Studie gab es allerdings keine Kontrollgruppe, die nicht an einem Simulator trainiert wurde. Die bereits zuvor diskutierte Untersuchung von Butter et al. untersuchte die Wirksamkeit eines computerbasierten Tutorials im Eigenstudium sowie ein 30-40 minütiges Training an einem Auskultationssimulator [30]. Dieser kombinierte Ansatz führte sowohl in einem Assessment am Auskultationssimulator als auch bei der Untersuchung von echten Patient:innen zu einer besseren Performance. Allerdings beschränkte sich die Untersuchung der Patient:innen nicht ausschließlich auf die Auskultation und es wurden zusätzliche Informationen zu den Patient:innen zur Verfügung gestellt. Die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen waren zwar signifikant, aber nicht groß. Beide hier zitierten Studien zeigen, dass Simulationstechnologie nicht nur zu besseren Ergebnissen führen kann, wenn für das Assessment nicht die gleiche Methode zum Einsatz kommt, die auch als Intervention verwendet wird, sondern auch eine Übertragung auf echte Patient:innen möglich ist.

Die traditionellen Wege der Vermittlung der kardialen Auskultation sind in den letzten zwei Jahrzehnten um zahlreiche neue simulationsbasierte Möglichkeiten ergänzt worden. Die Programme reichen vom simplen Anhören von simulierten oder aufgezeichneten Tonbeispielen über komplexere computerbasierte Lernplattformen (beispielsweise unter Verwendung virtueller Patient:innen) bis hin zu Auskultationssimulatoren wie 'Harvey' oder 'SAM II ©', die neben der Auskultation mehrerer Auskultationspunkte mit dem eigenen Stethoskop auch weitere klinische Symptome präsentieren können. Diese *High-*

*Fidelity*-Simulatoren ermöglichen das am ehesten der Realität entsprechende Lernumfeld. Allerdings sind sie, ähnlich wie *bedside teaching*, in der zeitlichen Verfügbarkeit limitiert, ihre Anschaffung ist ressourcenintensiv [32]. Bei Kontaktbeschränkungen sind sie, da präsenzbasiert, ebenso in der Nutzungsmöglichkeit eingeschränkt. Studien belegen die Wirksamkeit der Simulatoren [18, 22]. Im direkten Vergleich der Auskultationsfertigkeiten von Medizinstudierenden im dritten Studienjahr nach einem dreistündigen Training mit 'Harvey' oder einem zeitäquivalenten computerbasierten Kurs in Eigenstudium zeigte sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich Befundbeschreibung, der Diagnosestellung oder Untersuchungsfertigkeiten bei einem sechs Wochen später durchgeführten Assessment an echten Patient:innen [32]. Die komplexeren Simulationen führen nicht zwingend zu einem höheren Lernerfolg. 'Klassisches' *bedside teaching* stellt trotz der bereits erwähnten Einschränkungen (unter anderem begrenzte Verfügbarkeit und Skalierbarkeit) die dem praktischen Arbeiten am ehesten entsprechende Unterrichtsform dar. Ein vierstündiges *bedside teaching* war allerdings einem zeitäquivalenten Training mittels computerbasierter Simulation nicht überlegen: Stattdessen zeigte sich für beide Gruppen bei einem abschließenden Assessment an echten Patient:innen eine noch zu verbessernde Auskultationsperformance [24]. Die Autor:innen um Sverdrup et al. führten dies unter anderem auf die zu kurze Dauer der Trainingseinheiten zurück.

In der Zusammenschau ist basierend auf den bisherigen Erkenntnissen die Neu- und Weiterentwicklung von Lehrmethoden weiterhin notwendig. Die Ergebnisse der hiesigen Studie suggerieren, dass die Auskultationskurse via Videokonferenz eine mögliche Ergänzung zum bereits etablierten Repertoire an Trainingsmöglichkeiten für die kardiale Auskultation darstellen kann.

Die initiierten Kontaktbeschränkungen haben weltweit zu einer Zunahme von virtuellen Lernangeboten innerhalb des Medizinstudiums geführt, wie in einem explorativen Review durch Wilcha et al. zusammengefasst wird [46]. Videokonferenzen stellen einen wesentlichen Bestandteil dieser virtuellen Lehrangebote dar. Dass ein Training mittels Videokonferenz eine sinnvolle Alternative darstellen kann, wurde von Martin et al. in einer Studie untersucht, die Videokonferenzen mit einem auf Präsenz basierendem Format, einem Online-Eigenstudium sowie einer Kombination aus Videokonferenz und Online-Eigenstudium verglich [47]. Teilnehmer:innen wurden aus medizinischem Fachpersonal rekrutiert, neben Mediziner:innen waren auch Mitarbeiter:innen aus der Pflege

eingeschlossen. Trainiert wurde die klinische Supervision von Mitarbeiter:innen und Studierenden. Ein möglicher Wissenszuwachs der Teilnehmer:innen wurde nicht überprüft. Bezüglich der Akzeptanz und selbst eingeschätztem Wissenszuwachs zeigten sich die verschiedenen Formate gleichwertig. In Freitextkommentaren gaben die Teilnehmenden unter anderem die Ortsunabhängigkeit als Vorteil von Videokonferenzen an. In den Evaluationen des VAC wird diese Aussage bestätigt: Die Teilnehmer:innen unterstützen die Aussage, dass die Ortsunabhängigkeit für sie einen motivierenden Faktor darstellt.

### 5.2.2 Langzeitgedächtnis

Ob das im VAC vermittelte Wissen über einen längeren Zeitraum hinaus behalten werden kann, wurde in dieser Studie nicht untersucht, auch aufgrund der unvorhersehbaren Dynamik der SARS-CoV-2 Pandemie: Die Kurse und das Assessment am Auskultationssimulator waren auf Teilnahme in Präsenz angewiesen. Allerdings konnten Studien, die das Training an Auskultationssimulatoren untersuchten, einen positiven Effekt bis zu einem untersuchten Zeitraum von drei Jahren nachweisen [18, 22]. Auskultationsfertigkeiten, die innerhalb eines achtwöchigen Praktikums in der Inneren Medizin zusätzlich mittels virtueller Patient:innen vertieft wurden, blieben über den Zeitraum eines Jahres bestehen [26].

### 5.2.3 Ausblick

Auch wenn der VAC von den Teilnehmer:innen gut evaluiert wurde und sich die Auskultationsperformance der Teilnehmer:innen des VAC signifikant besser darstellte, waren die Ergebnisse noch verbesserungswürdig. Um einen weiteren Zuwachs der Fertigkeiten der Teilnehmer:innen zu erreichen, wäre beispielsweise die Verlängerung des Kurses denkbar, um sich mittels Auskultation weiterer Auskultationspunkte über dem virtuellen Patienten die Geräuschausbreitung über dem Thorax selbstständig zu erarbeiten. Auch eine Kombination mehrerer Formate scheint denkbar und hat im Rahmen einiger hier diskutierter Untersuchungen bereits zu verbesserten Auskultationsfertigkeiten geführt [22, 30].

Basierend auf den Ergebnissen der im Rahmen dieser Dissertation veröffentlichten Publikationen wäre beispielsweise eine curriculare Integration sequenziell angebotener Kursformate denkbar. Fachliteratureigenstudium und virtueller Auskultationskurs würden in einem Training an einem Auskultationssimulator münden, virtuelle Auskultationskurse könnten gemeinsam mit weiterer, bereits beschriebener Simulationstechnologie ein weiteres Bindeglied zwischen theoretischem Lernen und dem Lernen an Patient:innen

darstellen [18]. Die Bewertung eines Curriculums zur Vermittlung von Auskultationsfertigkeiten sollte im besten Fall immer anhand der Performance an Patient:innen erfolgen. Zur Untersuchung der Effekte des VAC wäre beispielsweise der Vergleich eines Trainings mittels Auskultationssimulator mit dem virtuellen Auskultationskurs anhand der Auskultation von echten Patient:innen unter Verwendung eines longitudinalen prospektiven Studiendesigns denkbar. Obwohl für andere Unterrichtsformate, die auf Simulationen basieren, bereits eine Übertragbarkeit auf die Auskultation echter Patient:innen nachgewiesen werden konnte, sind hierzu weitere Untersuchungen notwendig.

Virtuelle Auskultationskurse benötigen keine spezielle Infrastruktur. Für die Teilnahme ist neben einem Computer oder Tablet und Kopfhörern nur ein Internetzugang notwendig, der Kurs ist nicht von einer bestimmten Plattform für Videokonferenzen abhängig. Sobald das Kurskonzept und entsprechende Materialien entwickelt sind, kann er rasch auch größeren Gruppen zugänglich gemacht werden und auf andere Fakultäten übertragen werden. Durch den Einsatz studentischer Tutor:innen ist er möglicherweise ressourcenschonender, da keine medizinischen Fachkräfte eingesetzt werden müssen. Die Ortsunabhängigkeit erhöht die Motivation zur Teilnahme und ermöglicht die Kursteilnahme auch in abgelegenen Gebieten oder strukturschwachen Regionen. Auch der Einsatz voraufgezeichneter Seminare im Sinne des *blended learning* stellt eine Alternative dar: *Blended Learning* kombiniert traditionelle Präsenzveranstaltungen mit online zur Verfügung gestellten Inhalten und ermöglicht einen individuelleren Lernprozess. Eine Meta-Analyse unter Einbeziehung elf systematischer Reviews, die *blended* mit *non-blended* Lehr- und Lernmethoden in der Ausbildung im Gesundheitswesen verglich, konnte bei niedriger Evidenz eine mögliche Überlegenheit von *blended learning* zeigen [48]. Voraufgezeichnete Lehrinhalte im Rahmen des *blended learning* zur Vermittlung klinischer Fertigkeiten an Studierende der Krankenpflege führten in einem Review von Coyne et al. zu einem erhöhten Lern-Effekt und einer hohen Zufriedenheit der Studierenden [49].

## 5.3 Übertragung auf weitere Zielgruppen und Lerninhalte

### 5.3.1 Weitere Zielgruppen

Ein positiver Effekt auf die Auskultationsfertigkeiten von Medizinstudierenden im dritten Studienjahr konnte nachgewiesen werden. Wie bereits einleitend ausgeführt, zeigt sich auch unter jungen Mediziner:innen eine schlechte Auskultationsperformance, die sich auch

mit zunehmender klinischer Erfahrung nicht signifikant besserte [14], wobei sich diesbezüglich widersprüchliche Angaben in der Literatur finden. Zwar fokussieren sich die meisten Untersuchungen zur Wirksamkeit von neuen Unterrichtsmethoden, die diskutiert wurden, auf Medizinstudierende, einige beziehen sich aber auch auf Mediziner:innen: Die Studie von Tokuda et al. unter Assistenzärzt:innen konnte mittels einfacher Tonsimulation eine Verbesserung der Auskultationsfertigkeiten erreichen. Allerdings erfolgte das Assessment direkt im Anschluss an die Simulationseinheit unter Verwendung der gleichen Tonbeispiele [13]. In der multizentrischen, in Griechenland durchgeführten Studie von Germanakis et al. wurden die Auskultationsfertigkeiten von Assistenzärzt:innen der Pädiatrie sowie Allgemeinmediziner:innen untersucht. Nach einem ersten Assessment nahmen die Proband:innen an einem 16-stündigen, multimedia-gestützten Kurs teil, in dem verschiedene kardiale Pathologien besprochen und entsprechende Auskultationsbeispiele unter Unterstützung von Phonokardiogrammen vorgestellt wurden. Im Anschluss an den Kurs erfolgte ein erneutes Assessment. Vor Kursteilnahme zeigte sich eine unabhängig vom Ausbildungsstand verbesserungswürdige Auskultationsperformance (u.a. korrekte Identifikation nicht-normaler Herzgeräusche: 67%), die sich im Anschluss deutlich gebessert zeigte (u.a. korrekte Identifikation nicht-normaler Herzgeräusche (92,5%). Der Kurs erbrachte eine deutliche Verbesserung der Auskultationsfertigkeiten, auch wenn keine Aussage über mögliche Langzeiteffekte getroffen werden können. Der Zeitaufwand für die Teilnehmenden war mit 16 Stunden zwar hoch, aber die Performance der Teilnehmenden signifikant verbessert [16].

Eine Vermittlung der kardialen Auskultation mittels eines dem VAC entsprechenden Konzeptes an praktizierende Mediziner:innen könnte eine weitere Möglichkeit darstellen. Ein Angebot, das sich an Assistenzärzt:innen und weiteres medizinisches Personal richtet, muss aufgrund der veränderten Alltagssituation andere Anforderungen erfüllen, insbesondere müssen möglichst niedrige Hürden für die Teilnahme gelten. Dies wird unter anderem durch die Ortsunabhängigkeit und leicht zu erreichende technische Voraussetzungen erfüllt. Die recht kurze Dauer würde die Teilnahme auch in den Abendstunden ermöglichen. Seminare in kleinen Gruppen und die damit verstärkte Interaktivität des Formats können die Motivation zur Teilnahme zusätzlich erhöhen. *High-Fidelity*-Simulatoren stellen eine Alternative dar, allerdings sind diese ortsgebunden und stehen in der Regel nur größeren Institutionen wie Universitätskliniken zur Verfügung, da sie hier auch zum Training Studierender eingesetzt werden können. Zudem ist ihre Überlegenheit zur Vermittlung der kardialen Auskultation nicht nachgewiesen.

### 5.3.2 Weitere Inhalte

Die Übertragung des entwickelten Konzeptes "Videokonferenz" auf andere Lehrinhalte oder Zielgruppen neben Medizinstudierenden wurde in dieser Studie nicht untersucht. Die Vermittlung praktischer Fertigkeiten im Medizinstudium mittels fallbasierter *peer-teaching* Kurse via Videokonferenz könnte jedoch eine auch für andere Zielgruppen und Lehrinhalte zu erwägende Unterrichtsform darzustellen. Eine mögliche Übertragung auf die Vermittlung der Lungenauskultation soll im weiteren Verlauf diskutiert werden:

Eine aktuelle Metaanalyse zur diagnostischen Präzision der Lungenauskultation von Arts et al. attestierte eine durchschnittliche Sensitivität von nur 37% und Spezifität von 89% [50], daraus leiten die Autor:innen der Studie die Empfehlung zum Einsatz alternativer Diagnostik zur Untersuchung der Lunge ab. Eine weitere Untersuchung von Hafke-Dys et al. verglich die Lungen-Auskultationsfertigkeiten Medizinstudierender und Ärzt:innen in unterschiedlich weit fortgeschrittener Ausbildung sowie verschiedener Fachrichtungen [51]. Einzig die Untersuchungsfertigkeiten der Pulmolog:innen zeigten sich im Vergleich überlegen, die Performance der anderen Gruppen war ähnlich verbesserungsfähig. Dies deutet darauf hin, dass die Verbesserung der Auskultationsfertigkeiten durch mehr Training und Anwendung in der Praxis zu erreichen sein könnte. So ist gegebenenfalls auch eine deutliche Erhöhung der, wie zuvor beschrieben, recht niedrigen Wirksamkeit der Auskultation möglich.

Die Lungenauskultation wird ähnlich der kardialen Auskultation klassischerweise im Rahmen von Vorlesungen und *bedside teaching* vermittelt. Auch hier entstanden dank neuer technischer Möglichkeiten alternative Kurskonzepte, beispielsweise unter Verwendung der zuvor diskutierten Auskultationssimulatoren [44]. Auch der für diese Studie eingesetzte Simulator SAM II © unterstützt das Trainieren der Lungenauskultation mittels künstlich erzeugter Auskultationsbefunde.

Im Staten Island University Hospital, New York wurde 2016 ein auf SAM II © basierender Kurs zur Vermittlung der Lungenauskultation eingeführt. Der Kurs richtete sich an Medizinstudierende im zweiten Studienjahr. Eine Untersuchung zur Wirksamkeit des Kurses wurde nicht durchgeführt, allerdings erbrachten Evaluationen des Kurses eine sehr positive Bewertung durch die Teilnehmenden, sodass er unter kontinuierlicher Verbesserung weiterhin angeboten wird [44].

In der Studie von Bernardi et al. bezüglich des Effektes eines Trainings mit einem Auskultationssimulator wurde auch die pulmonale Auskultation trainiert und evaluiert. Im

Gegensatz zur kardialen konnte jedoch für die pulmonale Auskultation kein signifikanter Unterschied in der Performance im Vergleich mit der nicht am Simulator trainierten Kontrollgruppe gezeigt werden. Dies wurde unter anderem darauf zurückgeführt, dass bei der pulmonalen Auskultation, im Gegensatz zur kardialen auf die Verwendung von Visualisierungen der Geräusche verzichtet wurde. Eine Erweiterung der schlichten Zuordnung des auskultierten Geräuschs zu einer Diagnose um das Erkennen typischer Muster könne, den Autor:innen folgend, gegebenenfalls den Effekt des Trainings verstärken [22].

Es gibt zahlreiche Beispiele für Kurskonzepte, die Simulationstechnologie zur Vermittlung der Lungenauskultation verwenden. Die Verwendung realitätsnäherer, komplexerer Simulationen führte in einer Studie von Chen et al. an Studierenden der Krankenpflege nicht zu einem höheren Wissenszuwachs der Teilnehmenden: Es wurden sowohl kardiale als auch pulmonale Auskultation untersucht. Im Vergleich von Training mittels *High-Fidelity*-Simulator und dem ausschließlichen Anhören von Auskultationsbefunden ließ sich kein signifikanter Unterschied zeigen [52].

Die vorliegende Literatur zeigt Potenzial für weiteres Training der pulmonalen Auskultation bereits während des Medizinstudiums und der weiteren ärztlichen Ausbildung. Für das Training scheinen Simulationen unter Verwendung von *High-Fidelity*-Simulatoren, ähnlich wie bei der kardialen Auskultation nicht zwingend überlegen. Vorteile, die virtuelle Kurse zur Vermittlung der kardialen Auskultation bieten, lassen sich durchaus auch auf die pulmonale Auskultation übertragen. Das Konzept eines solchen Kurskonzeptes zur Vermittlung der Auskultation der Lunge wurde allerdings bisher nicht publiziert.

## 5.4 Limitationen

Die zentralen Erkenntnisse der durchgeführten Studie sollten unter Beobachtung der Limitationen der Studie betrachtet werden: Da sie nur an einem Zentrum und nur innerhalb eines Studienjahres durchgeführt wurde, ist die Möglichkeit einer Übertragung auf andere Standorte nicht sicher möglich. Die Teilnahme an der Studie war freiwillig, sodass am ehesten an der Herzauskultation interessierte, zum Lernen motivierte Studierende teilgenommen haben. Da die Daten ab Quelle anonym erhoben wurden, war eine Zuordnung der Assessments zu einzelnen Teilnehmer:innen nicht möglich, sodass im Gegensatz zu anderen Studien, in denen mehrere Interventionen hintereinander

durchlaufen wurden (z.B. [41]), keine Aussage über den individuellen Wissenszuwachs der Teilnehmer:innen bezüglich der einzelnen Interventionen möglich ist.

Die Tonbeispiele, die vor und nach VAC und SST für die Tests verwendet wurden, wurden auch während des VAC verwendet, sodass die Teilnehmenden möglicherweise bei T2 die Tonbeispiele wiedererkannt haben, ohne die Geräusche tatsächlich zu analysieren. Allerdings zeigte sich beim abschließenden Assessment T5 kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen, obwohl nur Gruppe B kurz zuvor am VAC teilgenommen hatte. Bei Assessment T3 am Auskultationssimulator wurden andere Tonbeispiele eingesetzt, die die Teilnehmenden zuvor nicht kannten. Alle verwendeten Tonbeispiele waren künstlich erzeugt und stammten nicht von echten Patient:innen. Eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die praktische Tätigkeit als Arzt ist, da die Teilnehmer:innen nicht an Patient:innen geprüft wurden, nicht sicher möglich.

Bei der Auswertung der Fragebögen zeigte sich, dass bei Assessment T3 teilweise trotz inkorrekt beschriebener Geräusche die korrekte Diagnose zu den zu befundenen Herzgeräuschen gestellt wurde. Da eigentlich zu erwarten ist, dass das Stellen einer Diagnose auf Geräuscherkennung und -beschreibung basiert, könnte diese Diskrepanz durch Raten der Teilnehmenden erklärt sein.

Eine Überwachung der Bildschirme der Teilnehmer:innen während der Online-Veranstaltungen erfolgte aus Datenschutzgründen und ob der technischen Hürden nicht, sodass nicht sicher ausgeschlossen werden kann, dass unterstützende Mittel für die Beantwortung der Assessments T1, T2, T4 und T5 herangezogen wurden. Außerdem kann keine sichere Aussage darüber getroffen werden, ob die Teilnehmer:innen den Kursen kontinuierlich gefolgt sind. Der Kurs am Simulator fand in Präsenz statt, das Assessment T3 erfolgte die Beantwortung des Assessments supervidiert auf Papierbögen, sodass die zuvor beschriebenen Limitationen nicht zutreffen. Es kann nicht sicher ausgeschlossen werden, dass die Teilnehmer:innen eigene Mittel zur Vor- oder Nachbereitung der verschiedenen Kurseinheiten genutzt haben, auch wenn sie darum gebeten wurden, dies nicht zu tun. Die Fragebögen waren online über individuelle Links abrufbar, zum Ausschluss der Eingabe Dritter wurden Zeitstempel miterfasst und die Zahl eingegangener Fragebögen mit der Zahl der Teilnehmer:innen abgeglichen. Eine Eingabe Dritter scheint unwahrscheinlich, ist aber nicht auszuschließen.

Die für die Evaluation verwendeten Fragen waren teilweise suggestiv, was zu einer zu positiveren Beantwortung der Fragen geführt haben könnte.

„Die vorliegende Studie war ausreichend gepowert, um valide Schlussfolgerungen zu ziehen, aber subtilere Effekte des VAC auf die Auskultationsleistung mit einer moderaten oder kleinen Effektgröße wurden möglicherweise nicht erkannt.“[42]

## 5.5 Schlussfolgerungen

Im Rahmen des Projektes konnte ein neuer virtueller Auskultationskurs zur Vermittlung der kardialen Auskultation entwickelt werden. Evaluationen, die während des ersten Semesters, in dem der Kurs angeboten wurde, erhoben wurden, konnten bereits eine hohe Zufriedenheit der Teilnehmer:innen zeigen [34]. In der anschließenden Studie konnte erstmals gezeigt werden, dass das Auskultationstraining von Medizinstudierenden im dritten Studienjahr mittels eines virtuellen, *peer-teaching* basierten Auskultationskurses via Videokonferenz ihre Auskultationsfertigkeiten an einem Auskultationssimulator im Vergleich mit einem Fachliteratureigenstudium signifikant verbessern kann. Das virtuelle Angebot via Videokonferenz wurde auch im Rahmen der Studie von den Teilnehmenden gut bewertet und führte zu einer selbst eingeschätzten Zunahme der Kompetenz der Teilnehmer:innen.

Das Konzept von auf Videokonferenz basierten Kursen bietet großes Potential zur Vermittlung praktischer Fertigkeiten. Weitere praktische Fertigkeiten könnten mittels dieses Konzepts vermittelt, weitere Zielgruppen erreicht werden. Denn aufwändigere, praxisnähere Simulationen führen nicht konsequent zu einer höheren Zunahme an Fertigkeiten. Auch über die Zeit von pandemiebedingten Kontaktbeschränkungen hinaus kann ein interaktiver Online-Kurs eine sinnvolle Erweiterung zu bereits bestehenden Möglichkeiten der Vermittlung von Auskultationsfertigkeiten darstellen, von denen Medizinstudierende im weiteren Verlauf ihres Studiums und auch darüber hinaus profitieren können.

## 6 Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Collaborators, G.B.D.D.a.I.I.a.P., *Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017*. Lancet, 2018. **392**(10159): p. 1789-1858.
2. Roth, G.A., et al., *Demographic and epidemiologic drivers of global cardiovascular mortality*. N Engl J Med, 2015. **372**(14): p. 1333-41.
3. Chizner, M.A., *Cardiac Auscultation: Rediscovering the Lost Art*. Current Problems in Cardiology, 2008. **33**(7): p. 326-408.
4. Iversen, K., et al., *Effect of teaching and type of stethoscope on cardiac auscultatory performance*. Am Heart J, 2006. **152**(1): p. 85.e1-7.
5. Fießl, H.S. and M. Middeke, *Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung*. 4 ed. 2014, Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
6. Erdmann, E., *Klinische Kardiologie*. 7 ed. 2009, Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
7. Finley, J.P., *Teaching Heart Auscultation to Health Professionals*. 2019: Canadian Pediatric Cardiology Association.
8. Kumar, K. and W.R. Thompson, *Evaluation of cardiac auscultation skills in pediatric residents*. Clin Pediatr (Phila), 2013. **52**(1): p. 66-73.
9. Barrett, M.J., et al., *Mastering cardiac murmurs: the power of repetition*. Chest, 2004. **126**(2): p. 470-5.
10. Mangione, S., *Cardiac auscultatory skills of physicians-in-training: a comparison of three English-speaking countries*. Am J Med, 2001. **110**(3): p. 210-6.
11. Mangione, S. and L.Z. Nieman, *Cardiac auscultatory skills of internal medicine and family practice trainees. A comparison of diagnostic proficiency*. JAMA, 1997. **278**(9): p. 717-22.
12. Vukanovic-Criley, J.M., et al., *Competency in cardiac examination skills in medical students, trainees, physicians, and faculty: a multicenter study*. Arch Intern Med, 2006. **166**(6): p. 610-6.
13. Tokuda, Y., et al., *Cardiac auscultation skills among junior doctors: effects of sound simulation lesson*. International Journal of Medical Education, 2020. **11**: p. 107-110.
14. Mahnke, C.B., et al., *Comparison of two educational interventions on pediatric resident auscultation skills*. Pediatrics, 2004. **113**(5): p. 1331-5.
15. Gaskin, P.R., et al., *Clinical auscultation skills in pediatric residents*. Pediatrics, 2000. **105**(6): p. 1184-7.
16. Germanakis, I., et al., *Skills of primary healthcare physicians in paediatric cardiac auscultation*. Acta Paediatr, 2013. **102**(2): p. e74-8.
17. Dhuper, S., et al., *Improvement of cardiac auscultation skills in pediatric residents with training*. Clin Pediatr (Phila), 2007. **46**(3): p. 236-40.
18. Perlini, S., et al., *Simulation-guided cardiac auscultation improves medical students' clinical skills: the Pavia pilot experience*. Intern Emerg Med, 2014. **9**(2): p. 165-72.
19. Ward, J.J. and B.A. Wattier, *Technology for Enhancing Chest Auscultation in Clinical Simulation*. Respiratory Care, 2011. **56**(6): p. 834-845.
20. McKinney, J., et al., *Simulation-based training for cardiac auscultation skills: systematic review and meta-analysis*. J Gen Intern Med, 2013. **28**(2): p. 283-91.
21. Cook, D.A., et al., *Comparative effectiveness of technology-enhanced simulation versus other instructional methods: a systematic review and meta-analysis*. Simul Healthc, 2012. **7**(5): p. 308-20.

22. Bernardi, S., et al., *A prospective study on the efficacy of patient simulation in heart and lung auscultation*. BMC Medical Education, 2019. **19**(1).
23. Barrett, M.J., et al., *The power of repetition in mastering cardiac auscultation*. Am J Med, 2006. **119**(1): p. 73-5.
24. Sverdrup, Ø., et al., *Training auscultatory skills: computer simulated heart sounds or additional bedside training? A randomized trial on third-year medical students*. BMC Med Educ, 2010. **10**: p. 3.
25. Mattioli, L.F., J.M. Belmont, and A.M. Davis, *Effectiveness of teaching cardiac auscultation to residents during an elective pediatric cardiology rotation*. Pediatr Cardiol, 2008. **29**(6): p. 1095-100.
26. Vukanovic-Criley, J.M., et al., *Using virtual patients to improve cardiac examination competency in medical students*. Clin Cardiol, 2008. **31**(7): p. 334-9.
27. Pereira, D., et al., *Teaching cardiopulmonary auscultation in workshops using a virtual patient simulation technology - A pilot study*. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc, 2016. **2016**: p. 3019-3022.
28. Pereira, D., et al., *Teaching Cardiopulmonary Auscultation to Medical Students using a Virtual Patient Simulation Technology*. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc, 2020. **2020**: p. 6032-6035.
29. Oliveira, A.C., S. Mattos, and M. Coimbra, *Development and Assessment of an E-learning Course on Pediatric Cardiology Basics*. JMIR Medical Education, 2017. **3**(1): p. e10.
30. Butter, J., et al., *Simulation-based Mastery Learning Improves Cardiac Auscultation Skills in Medical Students*. Journal of General Internal Medicine, 2010. **25**(8): p. 780-785.
31. Fraser, K., et al., *Simulation training improves diagnostic performance on a real patient with similar clinical findings*. Chest, 2011. **139**(2): p. 376-381.
32. de Giovanni, D., T. Roberts, and G. Norman, *Relative effectiveness of high- versus low-fidelity simulation in learning heart sounds*. Med Educ, 2009. **43**(7): p. 661-8.
33. Chen, C.H. and A.J. Mullen, *COVID-19 Can Catalyze the Modernization of Medical Education*. JMIR Medical Education, 2020. **6**(1): p. e19725.
34. Rüllmann, N., et al., *Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19*. GMS J Med Educ, 2020. **37**(7): p. Doc102.
35. Kassebaum, D.K., R.E. Averbach, and G.E. Fryer, Jr., *Student preference for a case-based vs. lecture instructional format*. J Dent Educ, 1991. **55**(12): p. 781-4.
36. Benè, K.L. and G. Bergus, *When learners become teachers: a review of peer teaching in medical student education*. Fam Med, 2014. **46**(10): p. 783-7.
37. Widyahening, I.S., et al., *Evaluation of the role of near-peer teaching in critical appraisal skills learning: a randomized crossover trial*. Int J Med Educ, 2019. **10**: p. 9-15.
38. Turk, B., et al., *Does case-based blended-learning expedite the transfer of declarative knowledge to procedural knowledge in practice?* BMC Med Educ, 2019. **19**(1): p. 447.
39. Thistlethwaite, J.E., et al., *The effectiveness of case-based learning in health professional education. A BEME systematic review: BEME Guide No. 23*. Med Teach, 2012. **34**(6): p. e421-44.
40. Lam, C.S., et al., *Teaching cardiac auscultation without patient contact*. Med Educ, 2004. **38**(11): p. 1184-5.
41. Kam, J., et al., *Portable Video Media Versus Standard Verbal Communication in Surgical Teaching: A Prospective, Multicenter, and Randomized Controlled Crossover Trial*. J Surg Educ, 2019. **76**(2): p. 440-445.

42. Rüllmann, N., et al., *Virtual auscultation course via video chat in times of COVID-19 improves cardiac auscultation skills compared to literature self-study in third-year medical students: a prospective randomized controlled cross-over study*. GMS J Med Educ, 2022. **39**(2): p. Doc21.
43. Natrop, J., *Angewandte Deskriptive Statistik*. 2015.
44. Kaminsky, J., et al., *Respiratory Auscultation Lab Using a Cardiopulmonary Auscultation Simulation Manikin*. MedEdPORTAL, 2021. **17**: p. 11107.
45. Quinn, A., et al., *Cardiac Auscultation Lab Using a Heart Sounds Auscultation Simulation Manikin*. MedEdPORTAL, 2019. **15**: p. 10839.
46. Wilcha, R.J., *Effectiveness of Virtual Medical Teaching During the COVID-19 Crisis: Systematic Review*. JMIR Med Educ, 2020. **6**(2): p. e20963.
47. Martin, P., et al., *Good, bad or indifferent: a longitudinal multi-methods study comparing four modes of training for healthcare professionals in one Australian state*. BMJ Open, 2018. **8**(8): p. e021264.
48. Lockey, A., et al., *Blended Learning in Health Care Education: An Overview and Overarching Meta-analysis of Systematic Reviews*. J Contin Educ Health Prof, 2022. **42**(4): p. 256-264.
49. Coyne, E., et al., *Investigation of blended learning video resources to teach health students clinical skills: An integrative review*. Nurse Educ Today, 2018. **63**: p. 101-107.
50. Arts, L., et al., *The diagnostic accuracy of lung auscultation in adult patients with acute pulmonary pathologies: a meta-analysis*. Sci Rep, 2020. **10**(1): p. 7347.
51. Hafke-Dys, H., et al., *The accuracy of lung auscultation in the practice of physicians and medical students*. PLoS One, 2019. **14**(8): p. e0220606.
52. Chen, R., L.E. Grierson, and G.R. Norman, *Evaluating the impact of high- and low-fidelity instruction in the development of auscultation skills*. Med Educ, 2015. **49**(3): p. 276-85.

# 7 Anhang

EvaSys	Fragebogen A3/B3 - SAM (Simulator): <i>Auskultationsquiz</i>	
Auskultationsquiz B3 - SAM (Simulator) - [Papierfragebogen]		<b>Medizinische Fakultät</b>
Humanmedizin	WS 20/21	

Bitte so markieren:     Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.  
Korrektur:     Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

**1. Auskultationsbefund Nr. 1:**

1.1 Auskultationsbefund - Nummer:

1.2 Punctum maximum des Auskultationsbefundes:

1.3 Beschreibung des Auskultationsbericht:

1.4 Diagnose:

**2. Auskultationsbefund Nr. 2:**

2.1 Auskultationsbefund - Nummer:

2.2 Punctum maximum des Auskultationsbefundes:

2.3 Beschreibung des Auskultationsbericht:

2.4 Diagnose:

F15710U1061985624P1PL0V1 08.10.2020, Seite 1/3



**3. Auskultationsbefund Nr. 3:**

3.1 Auskultationsbefund - Nummer:

3.2 Punctum maximum des Auskultationsbefundes:

3.3 Beschreibung des Auskultationsbericht:

3.4 Diagnose:

**4. Auskultationsbefund Nr. 4:**

4.1 Auskultationsbefund - Nummer:

4.2 Punctum maximum des Auskultationsbefundes:

4.3 Beschreibung des Auskultationsbericht:

4.4 Diagnose:



EvaSys	Fragebogen A3/B3 - SAM (Simulator): <i>Auskultationsquiz</i>	
--------	--	---

**5. Auskultationsbefund Nr. 5:**

5.1 Auskultationsbefund - Nummer:

5.2 Punctum maximum des Auskultationsbefundes:

5.3 Beschreibung des Auskultationsbericht:

5.4 Diagnose:

**6. Auskultationsbefund Nr. 6:**

6.1 Auskultationsbefund - Nummer:

6.2 Punctum maximum des Auskultationsbefundes:

6.3 Beschreibung des Auskultationsbericht:

6.4 Diagnose:

F15710U1061985624P3PL0V1
08.10.2020, Seite 3/3



**Abb.1: Fragebogen T3.** Dieser Fragebogen wurde eingesetzt, um die Antworten der Studierenden für das Assessment am Auskultationssimulator zu sammeln.



Abb.2: Student Auscultation Manikin II.

### Fall: Aortenklappenstenose

Systole                      Diastole

1.HT                      2.HT                      1.HT

*„Raues, niederfrequentes, spindelförmiges Mesosystolikum mit P.m. im 2. ICR rechts und Fortleitung in die Carotiden“*

Abb.3: Auszug auf dem VAC

# Danksagung

Das Gelingen dieses Projektes ist der tatkräftigen Unterstützung bereits aufgeführter Co-Autor:innen der Publikationen sowie zahlreicher weiterer Menschen zu verdanken, denen ich hiermit meinen herzlichen Dank aussprechen möchte:

**Carsten Döing** aus der Klinik für Allgemeine Pädiatrie, Neonatologie und Kinderkardiologie, und Leiter des Trainingszentrums, Studienleiter, Mentor:

*Am Anfang war die Idee: Warum sollte ein neues entwickeltes, gut evaluiertes Kurskonzept nicht publiziert und auf seine Wirksamkeit hin untersucht werden? Für diesen und viele andere Einfälle, die unglaubliche Energie, Unterstützung bei Durchführung und Postproduktion dieses Projekts in unzähligen Stunden bin ich sehr dankbar.*

Das Team des Studiendekanats der medizinischen Fakultät, insbesondere **Judith de Bruin** und **Juliana Sievers** sowie **Rabea Hunsmann**

*Die datenschutzkonforme Datenerhebung über die universitäts-eigenen Evaluations-Tools war ein zeitaufwändiger Prozess, den Judith de Bruin und Juliana Sievers tatkräftig unterstützt haben. Rabea Hunsmann hat als für das Trainingszentrum verantwortliche Mitarbeiterin die Durchführung und Organisation der Kurseinheiten mit getragen.*

Das **Team des Trainingszentrums** der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

*Das Trainingszentrum durfte ich als studentischer Tutor lange begleiten, zuletzt in einer Arbeitsgruppe, in der neue Kurse entwickelt werden sollten. Das hat weit geführt! Ich danke euch allen für die gute Zusammenarbeit, und auch für die ein oder andere Pizza...*

**Eva Thimm** aus der Klinik für Allgemeine Pädiatrie, Neonatologie und Kinderkardiologie

*Danke für die zahlreichen guten Ratschläge im Schreibprozess der Publikationen.*

Natürlich sollen auch die zahlreichen guten **Freundinnen und Freunde**, unter anderem Johanna, Aglaia, Ben, Eva, Felix, Ferdinand, Julius, Leon, Lukas, Noa, Olli, Paul, Rajib, Rebecca, Sarah, Taha, Tessa, Tobi, und Tobi nicht unerwähnt bleiben, die zwar nicht mit geschrieben haben, aber doch immer da waren:

*Auch wenn wir nach dem Studium alle wie guter Hefeteig auseinander gegangen sind - Was war das dank euch nicht für eine wunderbare Zeit gefühlt endloser Möglichkeiten?*

### **Meine Eltern und Brüder**

*Ich bin da, wo ich früher nie sein wollte. Und fühle mich pudelwohl dabei! Danke für das Voran- und Nebenan-Schreiten auf meinem Weg – bis hierhin und von hier an!*