

Infektionsdiagnostische Handlungskompetenzen von Studierenden der Humanmedizin als essenzielle Grundlage für eine ärztliche Resilienz gegenüber zukünftigen infektionsmedizinischen Herausforderungen

Zusammenfassung

Die Lehre im Fach „Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene“ zeichnet sich durch die Vermittlung von infektionsmedizinischen Handlungskompetenzen aus. Dies geschieht zumeist in zeit- und kostenintensiven praktischen Kursen, die im Wettbewerb mit anderen Lehrveranstaltungen stehen. Die Lehrveranstaltungen müssen dabei zwingend das Alleinstellungsmerkmal der Übertragbarkeit von Infektionserregern mit den weitreichenden Auswirkungen auf den individuellen Patienten, das Patientenumfeld, die Gesellschaft, Tiere und Umwelt berücksichtigen (One-Health-Konzept). Das Verständnis für die Komplexität dieser erregerassoziierten Risiken erfordert ein belastbares Wissen zur Epidemiologie, Prävention, Diagnostik und Therapie von Infektionskrankheiten. Eine auch zukünftig gesicherte ärztliche Resilienz gegenüber den infektionsmedizinischen Herausforderungen ist nur über infektionsmedizinische Handlungskompetenzen bei Studierenden der Humanmedizin zu erreichen. Hierbei stellt das Verständnis für eine qualifizierte Infektionsdiagnostik eine Kernkompetenz für jegliche eigenverantwortliche Ausübung wissenschaftlich-begründeter und evidenzbasierter ärztlicher Tätigkeit dar. Kenntnis und Einsatz adäquater und schneller Infektionsdiagnostik sind unabdingbar, weil nur sie als Grundlage der rationalen antimikrobiellen Therapie den missbräuchlichen Antibiotikaeinsatz verhindern, der die Hauptursache für die Entwicklung multiresistenter Krankheitserreger ist. Darüber hinaus spielt eine schnelle Infektionsdiagnostik bei der Eindämmung von Ausbrüchen und Unterbrechung von Infektionsketten eine zentrale Rolle. Ein rasches ärztliches Handeln ist im hochdynamischen Kompetenzfeld der Virologie, Mikrobiologie und Hygiene gleichermaßen gefordert, da Aussagekraft und Interpretation der Infektionsdiagnostik stark vom Infektionszeitpunkt, dem klinischen Kontext sowie von Impfungen oder Vorerkrankungen abhängen. Die korrekte Probenentnahme, die Auswahl des geeigneten Testverfahrens sowie die kritische Bewertung mikrobiologischer und virologischer Befunde sind essenzielle ärztliche Handlungskompetenzen, die keinesfalls im Selbststudium, sondern nur in einer strukturierten praxisorientierten Ausbildung mit praktischen Übungen erworben werden können und zentrale Elemente der Infektionsdiagnostik, -prävention und -therapie darstellen.

Claudia Brandt^{1,2}
Karsten Becker^{1,3}
Sandra Ciesek^{4,5}
Ulf Dittmer^{4,6}
Volkhard A. J. Kempf^{1,2}
Bettina Löffler^{1,7}
Frauke Mattner^{1,8}
Klaus Pfeffer^{1,9}
Jonathan Jantsch^{1,10}

- 1 Ständige Arbeitsgemeinschaft Aus-, Weiter- und Fortbildung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie, Hannover, Deutschland
- 2 Institut für Medizinische Mikrobiologie und Krankenhaushygiene, Universitätsmedizin Frankfurt, Deutschland
- 3 Friedrich Loeffler-Institut für Medizinische Mikrobiologie, Universitätsmedizin Greifswald, Deutschland
- 4 Gesellschaft für Virologie, Aschaffenburg, Deutschland
- 5 Institut für Medizinische Virologie, Universitätsmedizin Frankfurt, Deutschland
- 6 Institut für Virologie, Universitätsklinikum Essen, Deutschland
- 7 Institut für Medizinische Mikrobiologie, Universitätsklinikum Jena, Deutschland
- 8 Lehrstuhl für Hygiene und Umweltmedizin, Universität Witten/Herdecke, Deutschland

- 9 Institut für Medizinische Mikrobiologie und Krankenhaushygiene, Universitätsklinikum Düsseldorf, Deutschland
- 10 Institut für Medizinische Mikrobiologie, Immunologie und Hygiene, Uniklinik Köln, Deutschland

Stellungnahme

Studiengänge aller Fachrichtungen stehen unter dem permanenten Druck, die exponentielle Zunahme des Wissens adäquat für die Studierenden aufzubereiten. Die dafür bereitgestellten Mittel sowie die dafür verfügbare Zeit unterliegen jedoch aufgrund der Begrenztheit dieser Ressourcen einem zwischenfachlichen Wettbewerb und beschleunigen gleichzeitig die Suche nach alternativen Lehrformaten oder Selbstlernformaten. Sehr leicht können dadurch essentiell notwendige Lehrinhalte verdrängt werden, insbesondere kosten- und zeitintensive praktische Kursinhalte. Hierunter fallen auch die sogenannten Laborfächer, insbesondere die Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene mit ihren erregbezogenen und infektionsmedizinischen Inhalten. Die Übertragbarkeit von Infektionserregern als Alleinstellungsmerkmal von Infektionskrankheiten sowie die hohe Erregerdynamik hinsichtlich ihrer Ausbreitungs-, Virulenz- und Resistenzeigenschaften bedingen sowohl eine besondere patientenindividuelle als auch eine gesamtgesellschaftliche Dimension für das Management von Infektionserkrankungen. Angesichts der Herausforderungen durch eine sich ständig ändernde Arbeits- und Lebenswelt, die unter anderem durch demografische Prozesse, Klimawandel, Biodiversitätsverlust, das Zusammenrücken tierischer und menschlicher Lebensräume, Migration sowie terroristische und kriegerische Bedrohungen verursacht wird, können Infektionserkrankungen rasch bedrohliche gesamtgesellschaftliche Auswirkungen haben. Dies hat die SARS-CoV-2-Pandemie eindrücklich gezeigt. Pandemische und epidemische Ereignisse wurden in den letzten Jahren in besonderem Maße durch Virusinfektionen geprägt, wie respiratorische Viren, hämorrhagische Fiebertypen oder neu auftretende Zoonosen eindrücklich zeigen [1], [2], [3]. Eine Befähigung zu wissenschaftlich basierter Infektionsdiagnostik ist daher nicht nur für die Versorgung des einzelnen Patienten entscheidend, sondern bildet die Grundlage für Ausbruchsdetektion, Surveillance, Kontaktpersonennachverfolgung und gesundheitspolitische Entscheidungen. Ärztinnen und Ärzte müssen somit bereits im Studium befähigt werden, mikrobiologische und virologische Befunde nicht nur für den individuellen Patienten zu bewerten, sondern auch im öffentlichen Gesundheitskontext einzuordnen. Hinzu kommen neue Herausforderungen

durch den medizinisch-technischen Fortschritt (z.B. Einsatz von *medical devices* sowie Veränderungen in den Patientenkollektiven (z.B. Zunahme an sehr jungen, älteren, multimorbiden und immunsupprimierten Patienten) mit ungünstigen Auswirkungen auf die Ausbreitung und den Verlauf von Infektionserkrankungen.

Hochgefährlich ist auch die sogenannte „stumme Pandemie“ mit antibiotikaresistenten Bakterien und anderen Mikroorganismen, die sich weltweit stark ausbreiten. Laut aktuellen Zahlen des Robert Koch-Instituts (RKI) starben im Jahr 2019 in Deutschland schätzungsweise 9.600 Menschen direkt an Infektionen mit antibiotikaresistenten Erregern und 45.700 Menschen im Gefolge derartiger Infektionen [4]. Diese Zunahme von ambulant und nosokomial erworbenen Infektionen durch multiresistente bakterielle Erreger stellt eine der größten Bedrohungen für die Weltbevölkerung dar, wovon die WHO bereits im Jahr 2014 mit dem Begriff der „post-antibiotischen Ära“ eindringlich gewarnt hat [5]. Parallel dazu nimmt die Zahl der Infektionen als Hauptdiagnosen auf Intensivstationen weiter zu [6] und schon über 20% aller stationären Patienten werden wegen Infektionserkrankungen behandelt [7]. Weltweit zählt die Zunahme der Antibiotikaresistenzen zu den größten globalen Bedrohungen für die öffentliche Gesundheit. Multiresistente Keime sind Schätzungen zufolge direkt für 1,27 Millionen Todesfälle weltweit pro Jahr verantwortlich und tragen zu weiteren 4,95 Millionen Todesfällen bei [8]. Die moderne Infektionsmedizin kann jedoch nur dann als effektives Instrument zur Förderung der Resilienz gegenüber diesen Bedrohungen fungieren, wenn bereits im Medizinstudium ein umfassendes Verständnis für die Epidemiologie, Pathogenese, Diagnostik, Therapie und Prävention von Infektionserkrankungen vermittelt wird. Die Virologie nimmt hierbei eine besondere Stellung ein, da sie in besonderem Maße diagnostische, klinische sowie bevölkerungsmedizinische Perspektiven und Dynamiken miteinander verbindet. Sie vermittelt das Verständnis für die Entstehung von Virusvarianten, für Mutationsdynamiken und Immunescape-Mechanismen. Dies ist für die Wirksamkeit von zahlreichen Impfstoffen von zentraler Bedeutung. All die oben genannten Inhalte sind für eine moderne Infektionsmedizin unverzichtbar und dürfen im Rahmen von möglichen Reformprozessen nicht marginalisiert oder in digitale Selbstlernformate ausgelagert werden.

Fehlende Kompetenzen in den Bereichen Präanalytik, Analytik, kritische Beurteilung und therapeutische Umsetzung infektionsdiagnostischer Befunde führen zu Fehldiagnosen und Patientenfehlbehandlungen. Als Beispiel für eine unzulängliche Infektionsdiagnostik sei neben der Harnwegsinfektionsdiagnostik [9] auch die Sepsisdiagnostik genannt, von der bekannt ist, dass sie bei fehlerhafter Durchführung die Todesrate von septischen Patienten signifikant erhöht [10]. Darüber hinaus werden zukünftig patientennahe mikrobiologische und virologische Soforttestungen zunehmend in den Bereich der ambulanten Patientenversorgung verlagert, deren korrekte Durchführung von qualifiziertem Personal überwacht und mit einem adäquaten Qualitätsmanagement begleitet werden muss. Die wissenschaftlich basierte Interpretation der Ergebnisse dieser Soforttestungen kann, wie auch die mikrobiologische und virologische Notfalldiagnostik, nicht flächendeckend von klinischen Mikrobiologen und Virologen geleistet werden, sondern muss insbesondere im ländlichen Raum verstärkt durch die Allgemeinmedizin und andere ärztliche Disziplinen durchgeführt werden. Die hierfür zwingend erforderlichen praktischen Kompetenzen in den zentralen infektionsdiagnostischen Prozeduren und Verfahren sind nicht im Selbststudium erlernbar und müssen daher auch in Zukunft als integraler Bestandteil der Notfalldiagnostik im Medizinstudium verankert bleiben.

Da Infektionserkrankungen aufgrund der Übertragbarkeit von Erregern nie nur den infizierten Patienten betreffen, sondern auch dessen Umfeld vital gefährden können, müssen Studierende befähigt werden, ihr infektionsmedizinisches Handeln in seiner gesamten Komplexität auf andere Patienten, das Personal, Nutz-, Begleit- und Wildtiere sowie die Umwelt auszurichten. Sie müssen sich in einem *One-Health*-Kontext darüber bewusst sein, dass Erregerübertragungen von lokal begrenzten Ausbruchsgeschehen in epi- oder sogar pandemischen Ereignissen kulminieren können. In Bezug auf antiinfektive Therapiekonzepte bedeutet dies, die Vermeidung von Resistenzentwicklung und Resistenzselektion sowie die erheblichen sozioökonomischen Folgen für das Gesundheitssystem, die von akuten und chronischen Infektionen ausgehen, stets zu bedenken. Ebenso ist die Kenntnis über die entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen (Meldepflicht, Isolationspflicht, Hygienevorgaben) für jegliche ärztliche Tätigkeit verpflichtend. Nur eine fundierte infektionsdiagnostische Ausbildung der Studierenden im Medizinstudium stellt sicher, dass wir uns gegen die tödliche Gefahr durch Infektionen mit resistenten Keimen, nahrungsmittelübertragenen Erregern (wie z.B. EHEC) oder pandemischen Viren (wie z.B. SARS-CoV-2) sowie hochresistenten Pilzen (wie *Candida auris*) bestmöglich wappnen können.

Neuere Lehrkonzepte definieren ein zunehmend anspruchsvolleres und umfangreicheres Absolventenprofil für Studierende der Humanmedizin, deren Ziel darin besteht, die Arbeitstauglichkeit der Absolventinnen und Absolventen und deren Kompetenzen in den unterschiedlichen ärztlichen Rollen nach einem sechsjährigen Medi-

zinstudium zu gewährleisten. Gefordert wird in diesen Konzepten, dass die jungen Ärztinnen und Ärzte ihre tägliche Arbeit zukünftig vermehrt auf eine wissenschaftliche Grundlage stellen und dafür die aktuell beste verfügbare Evidenz im Sinne der evidenzbasierten Medizin heranziehen. In der Diskussion um eine Reform des Medizinstudiums in Deutschland findet sich bei der Ausgestaltung des Curriculums der Anspruch, den jeweiligen medizinischen Fakultäten erhebliche Spielräume einzuräumen. Das kann, insbesondere unter sich verändernden ökonomischen Rahmenbedingungen, dazu führen, dass substanzielle Anteile der Lerninhalte in das Eigenstudium und in digitale Lernangebote verschoben werden. Hieraus könnte resultieren, dass die Studierenden zukünftig nur unzureichend belastbare infektionsmedizinische Kenntnisse und Fertigkeiten erwerben. Diese sind in der Infektionsmedizin aber eine zwingende Voraussetzung für die Herausbildung einer kritischen und analytischen Denkfähigkeit, damit die Studierenden im Sinne einer überfachlichen/fächerübergreifenden Kompetenz zukünftig unabhängig von der Fachrichtung jedwede ärztliche Tätigkeit verantwortungsvoll ausüben können. Besonders kritisch wäre der Wegfall praktischer Fertigkeiten im Umgang mit Mikroorganismen (Bakterien, Viren, Pilze, Parasiten), da für eine wissenschaftlich basierte Behandlung von Infektionserkrankungen ist der spezifische direkte oder indirekte mikrobiologische oder virologische und somit kausale Erkrankungsnachweis zu erbringen ist. Nur auf der Grundlage eines mikrobiologischen bzw. virologischen Befundes kann schlussendlich eine gezielte infektiologische Behandlung gelingen [11].

Durch die Lehrinhalte der Medizinischen Mikrobiologie und Virologie sowie Hygiene zu Krankheitserregern, deren Charakteristika, Epidemiologie und Wechselbeziehungen mit ihren jeweiligen Wirten wird das Verständnis für spezifische Manifestationsformen von durch Infektionserreger hervorgerufenen Krankheitsbildern geprägt. Diese Kenntnisse sind nicht nur wegweisend in der infektiologischen Differenzialdiagnostik, sondern auch für die Auswahl geeigneter Untersuchungsmaterialien und für den labordiagnostischen Nachweis der Infektionserreger ebenso wie für die Therapie und Prävention von Infektionserkrankungen unabdingbar. Die Beherrschung der für die Patientenversorgung, das Patientenumfeld und für unsere Gesellschaft systemrelevanten Kerninhalte der Infektionsdiagnostik (u.a. Epidemiologie, Pathogenese, Entstehung und Verbreitung von Resistenzmechanismen, *diagnostic stewardship*), der Infektionsprävention (u.a. Hygiene, Impfungen) und der Infektionstherapie (u.a. Antibiotika, antivirale Therapiekonzepte, Immuntherapien, *antibiotic/antimicrobial stewardship*) wird bereits seit 2011 in Deutschland durch das Infektionsschutzgesetz im §23 rechtlich bindend eingefordert [12]. Der Erwerb dieser Kompetenzen kann aber nur zuverlässig durch die eigenständige Durchführung des infektionsdiagnostischen Untersuchungsgangs an praxisrelevanten Fallbeispielen im Medizinstudium vermittelt werden.

Nur unter direkter Anleitung und Aufsicht von fachärztlichem Personal können die Studierenden durch selbst-

ständiges praktisches Einüben infektionsdiagnostischer Grundfähigkeiten und Arbeitsabläufe die zentralen Prinzipien und Besonderheiten der Diagnostik sowie die sich daraus ableitenden therapeutischen und hygienischen Konsequenzen erlernen. Gleichzeitig wird ihnen dadurch der sichere und verantwortungsvolle, arbeits- und infektionsschutzgerechte Umgang mit infektiösen Patiententmaterialien und potentiell pathogenen Erregern sowie der verantwortungsbewusste Einsatz von Antibiotika vermittelt. Darüber hinaus wird das individuelle Durchdringen der immer komplexer werdenden diagnostischen Entscheidungsprozesse gefördert und somit der Transfer von entwickelten Lösungsstrategien auf ähnliche Situationen und Probleme vorbereitet. Ein tiefgreifendes Verständnis für die Bedeutung und Tragweite dieser theoretischen und praktischen Kenntnisse ist Voraussetzung dafür, dass sich auch in Zukunft angehende Medizinerinnen und Mediziner für eine Tätigkeit in diesem grundlegenden Fachgebiet der Medizin entscheiden [13]. Bei allen Reformprozessen des Medizinstudiums ist es dringend erforderlich, sicherzustellen, dass die Inhalte der Medizinischen Mikrobiologie und Virologie sowie der Hygiene weiterhin im praktischen Kontext von Fachärztinnen und Fachärzten für Mikrobiologie, Virologie und Infektionsepidemiologie sowie von Fachärztinnen und Fachärzten für Hygiene und Umweltmedizin im Rahmen von allgemein verpflichtenden Präsenzpraktika gelehrt werden. Nur so kann auch zukünftig eine sichere und fundierte Handlungskompetenz der Absolventinnen und Absolventen nicht nur zum Schutz des individuellen Patienten, sondern auch zum Eigenschutz und Schutz des Gemeinwohls gewährleistet werden.

Anmerkungen

KI-Nutzung

Während der Erstellung dieser Arbeit haben die Autoren ChatGPT (<https://chat.openai.com/>) zur Verbesserung der englischen Sprache und Grammatik genutzt. Danach haben die Autoren den Inhalt sorgfältig überprüft und übernehmen die volle Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung.

Interessenkonflikte

Die Autoren erklären, dass sie keine Interessenkonflikte in Zusammenhang mit diesem Artikel haben.

Literatur

- Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL, Daszak P. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*. 2008 Feb 21;451(7181):990-3. DOI: 10.1038/nature06536
- Morens DM, Fauci AS. Emerging Pandemic Diseases: How We Got to COVID-19. *Cell*. 2020 Sep 3;182(5):1077-92. DOI: 10.1016/j.cell.2020.08.021
- World Health Organization. Managing epidemics: Key facts about major deadly diseases. 2023 [last accessed 2026 Apr 1]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240083196>
- Meštrović T, Haller S, Robles Aguilar G, Meinen A, Gershberg Hayoon A, Geffers C, Dörre A, Abu Sin M, Gray AP, Swetschinski LR, Ikuta KS, Chung E, Wool EE, Han C, Araki DT, Hsu R, Dolecek C, Eckmanns T, Naghavi M. Antimicrobial resistance burden landscape in Germany in 2019: a comparative country-level estimation. *JAC Antimicrob Resist*. 2025 Aug 14;7(4):dlaf142. DOI: 10.1093/jacamr/dlaf142
- World Health Organization. Antimicrobial resistance: global report on surveillance. 2014 [last accessed 2026 Apr 1]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241564748>
- Sjoding MW, Prescott HC, Wunsch H, Iwashyna TJ, Cooke CR. Longitudinal Changes in ICU Admissions Among Elderly Patients in the United States. *Crit Care Med*. 2016 Jul;44(7):1353-60. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001664
- Rieg S, Küpper MF. Infectious diseases consultations can make the difference: a brief review and a plea for more infectious diseases specialists in Germany. *Infection*. 2016 Apr;44(2):159-66. DOI: 10.1007/s15010-016-0883-1
- Antimicrobial Resistance Collaborators. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*. 2022 Feb 12;399(10325):629-55. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0
- Vaughn VM, Gupta A, Petty LA, Malani AN, Osterholzer D, Patel PK, Younas M, Bernstein SJ, Burdick S, Ratz D, Szymczak JE, McLaughlin E, Czilok T, Basu T, Horowitz JK, Flanders SA, Gandhi TN. A Statewide Quality Initiative to Reduce Unnecessary Antibiotic Treatment of Asymptomatic Bacteriuria. *JAMA Intern Med*. 2023 Sep 1;183(9):933-41. DOI: 10.1001/jamainternmed.2023.2749
- Brunkhorst FM, Adamzik M, Axer H, Bauer M, Bode C, Bone HG, Brenner T, Bucher M, David S, Dietrich M, Eckmann C, Elke G, Esser T, Felbinger T, Geffers C, Gerlach H, Grabein B, Gründling M, Günther U, Hagel S, Hecker A, Henkel S, Janusan B, John S, Jörres A, Kaasch A, Kluge S, Kochanek M, Lajca A, Marx G, Mayer K, Meybohm P, Mörer O, Oppert M, Patchev V, Pletz M, Putensen C, Rahmel T, Rosendahl J, Rossaint R, Salzberger B, Sander M, Schaller S, Scharf-Janssen C, Schmitt F, Unterberg M, Weigand M, Weimann A, Weis S, Weiß B, Wolf A, Zarbock A. S3-Leitlinie Sepsis – Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge – Update 2025 [S3 guideline on sepsis-prevention, diagnosis, therapy, and follow-up care – update 2025]. *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2025 Dec;120(Suppl 2):163-231. DOI: 10.1007/s00063-025-01317-1
- Fätkenheuer G, Jung N, Kern WV, Fölsch UR, Salzberger B. Infektiologie – ein Schwerpunkt der Inneren Medizin [Infectious diseases – a specialty of internal medicine]. *Internist (Berl)*. 2018 Apr;59(4):334-40. DOI: 10.1007/s00108-018-0387-4
- Infektionsschutzgesetz (IfSG) vom 20. Juli 2000, zuletzt geändert durch Art. 3 Abs. 1 G v. 4.3.2026 I Nr. 60. [last accessed 2026 Apr 1]. Available from: <https://www.sozialgesetzbuch-sgb.de/ifsg/1.html>
- Telchik C, Peterson CJ, Yakubik T, Park S, Baffoe-Bonnie A, Sisco L. Gauging Medical Students' Interests in Infectious Diseases. *Clin Infect Dis*. 2025 Jun 4;80(5):1045-52. DOI: 10.1093/cid/ciae552

Korrespondenzadresse:

Priv.-Doz. Dr. med. Claudia Brandt
Institut für Medizinische Mikrobiologie und
Krankenhaushygiene, Universitätsmedizin,
Goethe-Universität Frankfurt, Universitätsklinikum
Frankfurt, Paul-Ehrlich-Str. 40, 60506 Frankfurt am Main,
Deutschland
claudia.brandt@ukffm.de

Artikel online frei zugänglich unter
<https://doi.org/10.3205/id000106>

Veröffentlicht: 26.05.2026

Copyright

©2026 Brandt 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/>.

Bitte zitieren als

Brandt C, Becker K, Ciesek S, Dittmer U, Kempf VAJ, Löffler B, Mattner F, Pfeffer K, Jantsch J. Infektionsdiagnostische Handlungskompetenzen von Studierenden der Humanmedizin als essenzielle Grundlage für eine ärztliche Resilienz gegenüber zukünftigen infektionsmedizinischen Herausforderungen. *GMS Infect Dis.* 2026;14:Doc06.
DOI: 10.3205/id000106, URN: urn:nbn:de:0183-id0001060

Infectious disease diagnostic competencies of medical students as a fundamental basis for physicians' resilience in addressing future infectious disease challenges

Abstract

Teaching in the field of “Medical Microbiology, Virology, and Hygiene” focuses on the development of clinical competence in infection medicine, primarily achieved through time- and cost-intensive practical courses, which often compete with other educational offerings. These courses must address the defining feature of transmissibility of infectious agents, with far-reaching consequences for individual patients, their environments, society, animals, and the broader ecosystem (One-Health concept). Understanding the complexity of pathogen-associated risks requires comprehensive knowledge in epidemiology, prevention, diagnostics, and therapy of infectious diseases. Ensuring long-term resilience in the medical profession against the challenges of infectious diseases can only be achieved through fostering infection-related competencies in medical students. Qualified infection diagnostics are a core competence for independent, evidence-based medical practice. Proficiency in rapid and appropriate infection diagnostics is indispensable, as it forms the foundation for rational antimicrobial therapy. This is critical in preventing the misuse of antibiotics, which is the primary cause of the development of multidrug-resistant pathogens. Additionally, rapid infection diagnostics play a central role in controlling outbreaks and interrupting infection chains. In virology, microbiology, and hygiene, prompt medical intervention is likewise essential, as the interpretation of infection diagnostics depends heavily on factors like the timing of infection, clinical context, and pre-existing conditions or vaccinations. Correct sample collection, selection of appropriate tests, and the critical evaluation of microbiological and virological findings are essential medical competencies, which cannot be shifted to self-learning formats but can only be acquired through structured, practice-oriented education including hands-on-training. These competencies are central to infection diagnostics, prevention, and therapy.

Claudia Brandt^{1,2}
Karsten Becker^{1,3}
Sandra Ciesek^{4,5}
Ulf Dittmer^{4,6}
Volkhard A. J. Kempf^{1,2}
Bettina Löffler^{1,7}
Frauke Mattner^{1,8}
Klaus Pfeffer^{1,9}
Jonathan Jantsch^{1,10}

- 1 Permanent Working Group on Training of Medical and Postgraduate Students and Continuing Medical Education, German Society for Hygiene and Microbiology, Hanover, Germany
- 2 Institute of Medical Microbiology and Hospital Hygiene, Frankfurt University Medicine, Frankfurt, Germany
- 3 Friedrich Loeffler-Institute of Medical Microbiology, Greifswald University Medicine, Greifswald, Germany
- 4 Society for Virology, Aschaffenburg, Germany
- 5 Institute of Medical Virology, Frankfurt University Medicine, Frankfurt, Germany
- 6 Institute of Virology, University Hospital Essen, Germany
- 7 Institute of Medical Microbiology, University Hospital Jena, Germany
- 8 Chair for Hygiene and für Hygiene und Environmental Medicine, Witten/Herdecke University, Witten, Germany
- 9 Institute of Medical Microbiology and Hospital

Hygiene, University Hospital
Dusseldorf, Germany

10 Institute of Medical
Microbiology, Immunology
and Hygiene, University
Hospital Cologne, Germany

Expert's opinion

Degree programs across all disciplines are under constant pressure to appropriately prepare students for the exponential increase in knowledge. However, the resources allocated for this purpose, as well as the available time, are subject to inter-disciplinary competition due to the limited nature of these resources, accelerating the search for alternative teaching and self-learning formats. This can easily lead to the displacement of essential educational content, particularly resource- and time-intensive practical courses. Among these are laboratory-based subjects, particularly Medical Microbiology, Virology, and Hygiene, which involve pathogen-related and infection medicine content. The transmissibility of infectious agents, as a defining feature of infectious diseases, as well as the high dynamics of pathogens in terms of their spread, virulence, and resistance characteristics, necessitate both a patient-specific and a societal approach to the management of infectious diseases.

Given the challenges posed by an ever-changing world, driven in part by demographic processes, climate change, biodiversity loss, the convergence of human and animal habitats, migration, and threats from terrorism and warfare, infectious diseases can quickly have profound societal impacts, as the SARS-CoV-2 pandemic demonstrated. Recent years have seen pandemic and epidemic events heavily influenced by viral infections, including respiratory viruses, hemorrhagic fever viruses, and emerging zoonoses [1], [2], [3]. The ability to perform scientifically based infection diagnostics is therefore crucial not only for individual patient care but also as a foundation for outbreak detection, surveillance, contact tracing, and health policy decisions. Doctors must be trained to assess microbiological and virological findings not only for individual patients but also within the context of public health. This includes dealing with challenges arising from medical-technological advancements (e.g., the use of medical devices) and demographic shifts (e.g., an increase in young, elderly, multimorbid, and immunosuppressed patients), which can adversely affect the spread and progression of infectious diseases.

Another significant challenge is the so-called “silent pandemic” of antibiotic-resistant bacteria and other microorganisms, which are rapidly spreading worldwide. According to the Robert Koch Institute (RKI), an estimated 9,600 people in Germany died from infections with anti-

biotic-resistant pathogens in 2019, and 45,700 deaths were associated with such infections [4]. This increase in both community-acquired and nosocomial infections caused by multidrug-resistant bacterial pathogens represents one of the greatest global threats which the WHO already warned about urgently in 2014 using the term “post-antibiotic era” [5]. Parallel to this, the number of infections as primary diagnoses in intensive care units continues to rise [6], with over 20% of all hospitalized patients being treated for infections [7]. The rise in antibiotic resistance is considered one of the greatest global health threats, with estimates attributing 1.27 million deaths annually worldwide directly to multidrug-resistant pathogens and contributing to another 4.95 million deaths [8]. However, modern infectious medicine can only be an effective tool in fostering resilience to these threats if medical students are provided with a comprehensive understanding of the epidemiology, pathogenesis, diagnostics, therapy, and prevention of infectious diseases. Likewise, virology plays a special role, as it uniquely combines diagnostic, clinical, and public health perspectives and dynamics. It provides insight into the emergence of viral variants, mutation dynamics, and immune escape mechanisms, which are essential for the effectiveness of many vaccines. All of the above-mentioned content is indispensable for modern infectious medicine and must not be marginalized or outsourced to digital self-learning formats during potential reform processes.

A lack of competencies in pre-analytical, analytical, critical evaluation, and therapeutic implementation of infection diagnostic findings can lead to misdiagnoses and patient mistreatment. For example, improper diagnosis of urinary tract infections [9] and in particular of sepsis [10] can significantly increase the mortality rate of patients. Furthermore, future microbiological and virological point-of-care testing is increasingly being shifted to outpatient care, requiring supervision by qualified personnel and adequate quality management. The scientifically based interpretation of these point-of-care test results as well as microbiological and virological emergency diagnostics, cannot be solely provided by clinical microbiologists, and virologists but must also be carried out by general practitioners and other medical disciplines, particularly in rural areas. The practical competencies in essential infection diagnostic procedures and methods, which are crucial for effective patient care, cannot be acquired through

self-study and must remain an integral part of the emergency diagnostic curriculum in medical school education. As infectious diseases affect not only the infected patient but also their environment and can pose a vital threat to public health, students must be trained to approach infection-related medical actions with a holistic view, encompassing other patients, staff, domestic and wild animals, and the environment. They need to be aware in a One-Health context that pathogen transmissions can evolve from localized outbreaks into epidemic or even pandemic events. In terms of anti-infective therapy concepts, this means considering the avoidance of resistance development and resistance selection, as well as the significant socio-economic impacts of acute and chronic infections on health systems. Moreover, knowledge of the corresponding legal frameworks (e.g., reporting obligations, isolation requirements, hygiene regulations) is mandatory for all medical practice. Thus, only a solid infection diagnostic education during medical studies ensures that we are adequately prepared for the lethal threat posed by resistant pathogens, foodborne pathogens (e.g., EHEC), pandemic viruses (e.g., SARS-CoV-2), and highly resistant fungi (e.g., *Candida auris*).

Newer educational concepts define an increasingly demanding and comprehensive graduate profile for medical students, aiming to ensure the employability and competence of graduates in various medical roles after a six-year medical curriculum. These concepts require that young doctors increasingly base their daily work on scientific findings and apply the best available evidence according to evidence-based medicine principles. In the ongoing discussion about medical education reform in Germany, there is a tendency to allow considerable flexibility to medical faculties in designing curricula. This could lead to substantial portions of content being shifted to self-study or digital learning formats, resulting in insufficient acquisition of infection-related knowledge and skills. However, these are indispensable in infection medicine for fostering critical and analytical thinking, ensuring that students can responsibly perform medical tasks in any discipline, independent of their specialization. The elimination of practical skills related to microorganisms (bacteria, viruses, fungi, parasites) would be particularly detrimental, since for scientifically based treatment of infectious diseases, it is necessary to provide specific microbiological or virological evidence, which alone forms the basis for targeted infectious disease treatment [11].

The educational content in Medical Microbiology, Virology, and Hygiene focuses on pathogens, their characteristics, epidemiology, and interactions with their hosts, thereby shaping the understanding of the specific manifestations of diseases caused by infectious agents. This knowledge is not only crucial in infectious differential diagnostics but also for selecting appropriate diagnostic materials, laboratory confirmation of infections, and for the therapy and prevention of infectious diseases. Mastering of core contents in infection diagnostics (e.g., epidemiology, pathogenesis, resistance mechanisms, diagnostic stew-

ardship), infection prevention (e.g., hygiene, vaccinations), and infection therapy (e.g., antibiotics, antiviral therapies, immunotherapies, antibiotic stewardship) has been legally mandated in Germany since 2011 through the Infection Protection Act (§23) [12]. These competencies can reliably be conveyed only through independent, practical infection diagnostic exercises using relevant case examples in medical school education.

Only under direct supervision and guidance from medically specialized staff students can learn the central principles and specificities of diagnostics, as well as the subsequent therapeutic and hygienic consequences, through practical exercises. Simultaneously, they will be taught safe, responsible handling of infectious patient materials and potentially pathogenic agents, as well as the responsible use of antibiotics. Moreover, the personal understanding of increasingly complex diagnostic decision-making processes will be promoted, preparing students to transfer developed solutions to similar situations and challenges. A deep understanding of the importance and scope of these theoretical and practical skills is essential for ensuring that future medical professionals will choose to work in this fundamental area of medicine [13].

In all reform processes of medical education, it is crucial to ensure that the content of Medical Microbiology, Virology, and Hygiene continues to be taught in the practical context of specialists in microbiology, virology, infection epidemiology, and hygiene, as part of compulsory practical courses. Only in this way it can be ensured that graduates will continue to possess the secure and sound competencies necessary to protect not only individual patients but also to safeguard public health and well-being.

Notes

Use of AI

During the preparation of this work, the authors used ChatGPT AI (<https://chat.openai.com/>) in order to improve English language and grammar. After using this tool/service, the authors reviewed and edited the content and take full responsibility for the content of the publication.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

References

- Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL, Daszak P. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*. 2008 Feb 21;451(7181):990-3. DOI: 10.1038/nature06536
- Morens DM, Fauci AS. Emerging Pandemic Diseases: How We Got to COVID-19. *Cell*. 2020 Sep 3;182(5):1077-92. DOI: 10.1016/j.cell.2020.08.021
- World Health Organization. Managing epidemics: Key facts about major deadly diseases. 2023 [last accessed 2026 Apr 1]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240083196>
- Meštrović T, Haller S, Robles Aguilar G, Meinen A, Gershberg Hayoon A, Geffers C, Dörre A, Abu Sin M, Gray AP, Swetschinski LR, Ikuta KS, Chung E, Wool EE, Han C, Araki DT, Hsu R, Dolecek C, Eckmanns T, Naghavi M. Antimicrobial resistance burden landscape in Germany in 2019: a comparative country-level estimation. *JAC Antimicrob Resist*. 2025 Aug 14;7(4):dlaf142. DOI: 10.1093/jacamr/dlaf142
- World Health Organization. Antimicrobial resistance: global report on surveillance. 2014 [last accessed 2026 Apr 1]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241564748>
- Sjoding MW, Prescott HC, Wunsch H, Iwashyna TJ, Cooke CR. Longitudinal Changes in ICU Admissions Among Elderly Patients in the United States. *Crit Care Med*. 2016 Jul;44(7):1353-60. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001664
- Rieg S, Küpper MF. Infectious diseases consultations can make the difference: a brief review and a plea for more infectious diseases specialists in Germany. *Infection*. 2016 Apr;44(2):159-66. DOI: 10.1007/s15010-016-0883-1
- Antimicrobial Resistance Collaborators. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*. 2022 Feb 12;399(10325):629-55. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0
- Vaughn VM, Gupta A, Petty LA, Malani AN, Osterholzer D, Patel PK, Younas M, Bernstein SJ, Burdick S, Ratz D, Szymczak JE, McLaughlin E, Czilok T, Basu T, Horowitz JK, Flanders SA, Gandhi TN. A Statewide Quality Initiative to Reduce Unnecessary Antibiotic Treatment of Asymptomatic Bacteriuria. *JAMA Intern Med*. 2023 Sep 1;183(9):933-41. DOI: 10.1001/jamainternmed.2023.2749
- Brunkhorst FM, Adamzik M, Axer H, Bauer M, Bode C, Bone HG, Brenner T, Bucher M, David S, Dietrich M, Eckmann C, Elke G, Esser T, Felbinger T, Geffers C, Gerlach H, Grabein B, Gründling M, Günther U, Hagel S, Hecker A, Henkel S, Janusan B, John S, Jörres A, Kaasch A, Kluge S, Kochanek M, Lajca A, Marx G, Mayer K, Meybohm P, Mörer O, Oppert M, Patchev V, Pletz M, Putensen C, Rahmel T, Rosendahl J, Rossaint R, Salzberger B, Sander M, Schaller S, Scharf-Janssen C, Schmitt F, Unterberg M, Weigand M, Weimann A, Weis S, Weiß B, Wolf A, Zarbock A. S3-Leitlinie Sepsis – Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge – Update 2025 [S3 guideline on sepsis-prevention, diagnosis, therapy, and follow-up care – update 2025]. *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2025 Dec;120(Suppl 2):163-231. DOI: 10.1007/s00063-025-01317-1
- Fätkenheuer G, Jung N, Kern WV, Fölsch UR, Salzberger B. Infektiologie – ein Schwerpunkt der Inneren Medizin [Infectious diseases – a specialty of internal medicine]. *Internist (Berl)*. 2018 Apr;59(4):334-40. DOI: 10.1007/s00108-018-0387-4
- Infektionsschutzgesetz (IfSG) vom 20. Juli 2000, zuletzt geändert durch Art. 3 Abs. 1 G v. 4.3.2026 I Nr. 60. [last accessed 2026 Apr 1]. Available from: <https://www.sozialgesetzbuch-sgb.de/ifsg/1.html>
- Telchik C, Peterson CJ, Yakubik T, Park S, Baffoe-Bonnie A, Sisco L. Gauging Medical Students' Interests in Infectious Diseases. *Clin Infect Dis*. 2025 Jun 4;80(5):1045-52. DOI: 10.1093/cid/ciae552

Corresponding author:

Priv.-Doz. Dr. med. Claudia Brandt
 Institut für Medizinische Mikrobiologie und
 Krankenhaushygiene, Universitätsmedizin,
 Goethe-Universität Frankfurt, Universitätsklinikum
 Frankfurt, Paul-Ehrlich-Str. 40, 60506 Frankfurt am Main,
 Germany
claudia.brandt@ukffm.de

Please cite as

Brandt C, Becker K, Ciesek S, Dittmer U, Kempf VAJ, Löffler B, Mattner F, Pfeffer K, Jantsch J. Infektionsdiagnostische Handlungskompetenzen von Studierenden der Humanmedizin als essenzielle Grundlage für eine ärztliche Resilienz gegenüber zukünftigen infektionsmedizinischen Herausforderungen. *GMS Infect Dis*. 2026;14:Doc06. DOI: 10.3205/id000106, URN: urn:nbn:de:0183-id0001060

This article is freely available from
<https://doi.org/10.3205/id000106>

Published: 2026-05-26

Copyright

©2026 Brandt 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/>.