

Minimum requirements for scientific training in medical studies

Abstract

We propose a new approach to deriving minimum standards for scientific training in medical studies. This approach allows specific learning objectives to be clearly defined and presented, in an easily comprehensible manner. We contend that a fundamental prerequisite for university studies is the instruction in the systematic scientific method that can be described through the scientific cycle. This instruction provides the foundation for the acquisition of scientific knowledge and evidence-based practice in medicine.

Keywords: medical education, scientific competence, learning objectives, standards

Julia Eckel¹
Elena Sperk²
Wilko Thiele³
Katrin
Schüttpelz-Brauns¹

1 Medical Faculty Mannheim Heidelberg University, University Medical Center Mannheim (UMM), Division for Study and Teaching Development, Medical Education Research Department, Mannheim, Germany

2 Medical Faculty Mannheim Heidelberg University, University Medical Center Mannheim (UMM), Mannheim Cancer Center Clinical Trials Unit, Mannheim, Germany

3 Medical Faculty Mannheim Heidelberg University, European Center for Angioscience (ECAS), Department of Microvascular Biology and Pathobiology, Mannheim, Germany

Introduction

A sound scientific understanding is a prerequisite for evidence-based action in medicine [23], and the application of scientific findings in everyday clinical practice has a positive influence on quality in patient care [23], [24]. Physicians must therefore read scientific publications and critically evaluate the extent to which the findings presented in them, or derivable from them, have implications for their clinical practice. In reality, however, practicing physicians frequently report that they lack the skills to evaluate clinical studies or other scientific publications with regard to their quality and validity [28].

This proficiency gap is already apparent during their studies, where medical students do not feel adequately prepared to conduct research independently [7], [27]. Moreover, the content taught during their studies should

also prepare medical students for a doctorate, which is actually intended to demonstrate their ability to conduct scientific research. Without fostering a fundamental understanding of science during training, there is a risk of a shortage of future researchers in medical science [9], [20]. This problem has already been recognised, and for years, there have been calls from various directions to improve scientific education in medical studies, not only due to the rapid growth of knowledge and technological advancements [1], [3], [4], [5], [6], [23], [21], [25], [33]. The Association of the Scientific Medical Societies in Germany (2008) [25], the German Research Foundation (2010) [6], the German Council of Science and Humanities (2014) [33], and the Association of Medical Faculties (2016) [22] have long acknowledged the necessity for the enhanced acquisition of fundamental scientific competencies throughout the course of medical studies. In

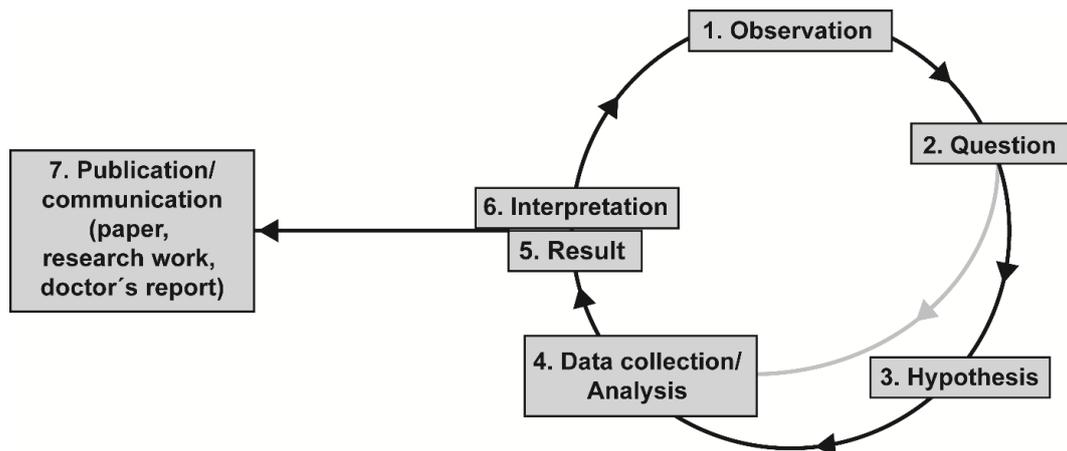


Figure 1: Scientific cycle: The scientific-systematic method

Based on an observation that is placed in the context of existing knowledge, a question is formulated from which one or more hypotheses are derived in the hypothesis-testing procedure. In order to test the hypotheses, data is collected in a systematic manner, either diagnostically, analytically or experimentally, and then evaluated and interpreted. This process enables the research question to be answered and the results to be integrated into existing knowledge. The results and conclusions may be communicated in a variety of formats, including presentations, scientific publications (papers), research works, or even guidelines, doctors' reports, or patient consultations. The knowledge gained in this way frequently represents an observation in itself or gives rise to new observations that result in the inception of a new scientific cycle. In the event that the available data is insufficient, it may be necessary to undertake an exploratory, hypothesis-generating procedure prior to the formulation of hypotheses (grey arrow). This involves the systematic collection of data based on the research question without the initial formulation of hypotheses, which are then subjected to analysis and interpretation. The data thus collected represents an observation in itself, and serves to supplement the original observation, thereby enabling the research question to be specified with greater precision. This, in turn, allows the formulation of hypotheses and the commencement of a hypothesis-testing procedure in the next phase of the cycle.

addition, universities, in their role as research institutions and educational institutions for scientific skills, fear a “deprofessionalization” of medical training and the loss of the scientific basis (“de-academisation”) [25]. This is evidenced by the divergence in the content and focus of the scientific curricula of different medical faculties in Germany. While two-thirds of the innovative and reform-based degree programmes integrate a compulsory module on scientific work, this is only the case for around a quarter of the traditional degree programmes [2].

The German National Competency-Based Learning Objective Catalog (NKLM) [14], including the chapter on medical-scientific skills (VIII.1.), is currently being revised to reduce learning objectives and redundancies. Since the medical curricula are currently overloaded with subject-specific knowledge and learning objectives, there is critical opposition to a curriculum reform. Accordingly, discussions are ongoing at the faculties regarding how scientific thinking and research can be integrated into medical programs, raising the question of the minimum requirements for scientific rigor in medical education. At the same time, the faculties face the challenge and responsibility of sufficiently realising the scientific education within the medical curriculum as part of a university education. With this commentary, we aim to stimulate further discussion on the minimum standards for scientific education in medical studies.

Scientific-systematic method

Scientific competence is defined as “the ability to identify problems, generate hypotheses, search for and evaluate evidence, draw conclusions, and communicate and critically evaluate scientific thinking and its results” [33] (for further information, please refer to [8] and [19]).

Scientific competence is therefore the ability to apply the scientific method that can be described with the help of the scientific cycle (see figure 1).

The scientific method has its origins in the work of Hippocrates of Kos (460-370 BC) and encompasses abductive, retroductive, deductive and inductive reasoning and argumentation [19]. Although the specific starting points and the emphasis on individual steps of the scientific cycle may vary across different disciplines [8], the method is generic, meaning it is the same in all areas of medical research and across disciplines (see attachment 1).

In their everyday clinical practice, medical doctors must also adopt a scientific and systematic method, which involves developing questions, generating hypotheses, collecting data and deriving, documenting and communicating evidence-based working strategies. The critical analysis of a paper in everyday clinical practice, or in the context of research, also requires checking whether scientific standards have been adhered to in the individual steps of the scientific cycle and whether the statements in the paper are valid.

Table 1: Derived science-oriented learning objectives for a prospective core curriculum for medical faculties

Learning objectives in the core curriculum	Phase in the scientific cycle
<ul style="list-style-type: none"> Knowledge of the fundamental concepts of medical research and the principles of scientific thinking, argumentation and theory 	*
<ul style="list-style-type: none"> Justification of the scientific-systematic method (in contrast to a non-scientific method) 	* 1-7
<ul style="list-style-type: none"> Knowing and implementing the guidelines of good scientific practice (e.g. naming of ethical and legal framework conditions and guidelines, e.g. professional codes of conduct, ICH-GCP) 	* 1-7
<ul style="list-style-type: none"> Carrying out literature research to ascertain whether an observation is novel and cannot yet be explained (thus identifying new research questions) 	1-4
<ul style="list-style-type: none"> Critical evaluation of studies and other sources (e.g. guidelines) 	1, 6
<ul style="list-style-type: none"> Deriving and formulating research questions 	2
<ul style="list-style-type: none"> Formulating hypotheses 	3
<ul style="list-style-type: none"> Selection of an appropriate study design 	4
<ul style="list-style-type: none"> Definition of variables, e.g. target variables / endpoints 	4
<ul style="list-style-type: none"> Selection of appropriate data collection methods 	4
<ul style="list-style-type: none"> Selection and application of appropriate analytical methods 	4
<ul style="list-style-type: none"> Analysis, documentation and presentation of results 	4-5
<ul style="list-style-type: none"> Interpretation of results 	6
<ul style="list-style-type: none"> Placing findings within the context of the current research, e.g., assessing the applicability of evidence to individual patient cases.** 	6
<ul style="list-style-type: none"> Comprehensible communication of data and findings in accordance with scientific standards (also patient-oriented in the context of a clinical case) 	7

Please note that the verbs of the learning objectives have been substantivised for ease of reading.

*=overarching learning objective, **=relevance and validity of the evidence found for a diagnostic/therapeutic problem or in a systematic review/guideline, 1=observation, 2=research question, 3=hypothesis, 4=data collection/documentation/analysis, 5=result, 6=interpretation, 7=publication, communication (paper, research paper, doctor's report)

Derivation of the minimum requirement for scientific training

The minimum scientific training requirement for medical students can be clearly derived from the scientific cycle as the overarching structure. It is defined as the ability to independently conduct scientific and systematic inquiry, utilising the individual steps outlined in figure 1. This ability serves to prepare for and implement a doctorate, enabling the independent conduct of studies aimed at generating knowledge in various research areas (with their respective discipline-specific research methods) and the development of guidelines and subsequent targeted application of evidence-based medicine according to the current state of scientific knowledge. Table 1 shows the thus derived science-oriented learning objectives for a future core curriculum of medical faculties, depending on the competencies required for the scientific-systematic method.

It is essential that the learning objectives are operationalised in the curriculum at both the individual level (e.g. literature research) and within a contextual framework (as part of the scientific-systematic method). In order to assess scientific competence at the final examination stage, students should be required to complete a scientific paper independently, under the guidance of a super-

visor. The necessity for independent performance in scientific work has been discussed at length and justified in terms of learning theory. It is also pertinent to cite the ongoing debate surrounding research-based teaching (see references [12], [15], [16]), Holzkamp's (1995) subject-science method to learning (see [17]), and the fundamental concepts of research-based learning as outlined by Huber (2009) (see [18]). Furthermore, it is of great significance to establish a connection between scientific discoveries, and their impact on clinical practice. This can for example be achieved by examining the applicability of current scientific evidence to patient cases.

Conclusion

It is imperative that scientific skills be taught at medical faculties in Germany, as they form the foundation for scientific inquiry and medical care, with consideration of the current state of scientific knowledge. In this context, the facilitation of the aforementioned systematic scientific method, from which the science-oriented learning objectives formulated for the core curriculum can be derived, represents a fundamental prerequisite for a university-level education.

Authors' ORCIDs

- Elena Sperk: [0000-0002-8771-8124]
- Wilko Thiele: [0000-0002-8978-4192]
- Katrin Schüttpelz-Brauns: [0000-0001-9004-0724]

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Attachments

Available from <https://doi.org/10.3205/zma001740>

1. Attachment_1.pdf (132 KB)
Illustrative examples of the application of scientific-systematic procedures in the context of preclinical, clinical, and health services research, as well as in the context of a clinical case

References

1. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AWMF). Stellungnahme zur Wissenschaftlichkeit des Medizinstudiums. Düsseldorf: AWMF; 2014. Zugänglich unter/available from: https://www.awmf.org/fileadmin/user_upload/dateien/stellungnahmen/2014/1.pdf
2. Bauer J, Schendzielorz J, Oess S, Mantke R. Ausmaß und Integration von Wissenschaftsmodulen in das Medizinstudium an den staatlichen Fakultäten und den privaten staatlich anerkannten Fakultäten in Deutschland: eine Querschnittsstudie [Depth and integration of science modules in medical studies at recognized public and private faculties in Germany: A cross-sectional study]. *Z Evid Fortbild Qual Gesundhwes*. 2022;174:90-96. DOI: 10.1016/j.zefq.2022.08.006
3. Bundesärztekammer. Wissenschaftlichkeit als konstitutionelles Element des Arztberufes. Berlin: Bundesärztekammer; 2020. Zugänglich unter/available from: https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/WB/Stellungnahme_Wissenschaftlichkeit.pdf
4. Bundesvertretung der Medizinstudierenden in Deutschland e.V. (bvmd). Konzeptpapier zur Zukunft und Weiterentwicklung des Medizinstudiums. Berlin: bvmd; 2014. Zugänglich unter/available from: https://www.bvmd.de/wp-content/uploads/2021/04/2014-06-01_aktuell_Grundsatzentscheidung_Zukunft_und_Weiterentwicklung_des_Medizinstudiums_zuletzt_gea%CC%88ndert_am_30.06.2018.pdf
5. Densen P. Challenges and opportunities facing medical education. *Trans Am Clin Climatol Assoc*. 2011;122:48-58.
6. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Senatskommission. Empfehlungen der Senatskommission für Klinische Forschung. Strukturierung der wissenschaftlichen Ausbildung für Medizinerinnen und Mediziner. Bonn: Deutsche Forschungsgemeinschaft; 2010. Zugänglich unter/available from: <https://www.dfg.de/resource/blob/169680/df604c619d6c03218789faa0d18acc70/medizinausbildung-senat-klinische-forschung-data.pdf>
7. Epstein N, Huber J, Gartmeier M, Berberat PO, Reimer M, Fischer MR. Investigation on the acquisition of scientific competences during medical studies and the medical doctoral thesis. *GMS J Med Educ*. 2018;35(2):Doc20. DOI: 10.3205/zma001167
8. Fischer F, Kollar I, Ufer S, Sodiani B, Hussmann H, Pekrun R, Neuhaus B, Dorner B, Pankofer S, Fischer M, Strijbos JW, Henne M, Eberle J. Scientific reasoning and argumentation: advancing an interdisciplinary research agenda in education. *Frontline Learn Res*. 2014;2(3):28-45. DOI: 10.14786/flr.v2i3.96
9. Gerst T, Hibbeler B. Ärztemangel im Labor. *Dtsch Ärztbl*. 2012;37:A1804-1808. Zugänglich unter/available from: <https://www.aerzteblatt.de/pdf.asp?id=129816>
10. Goerdts L, Poemsl J, Spaich S, Welzel G, Abo-Madyan Y, Ehmann M, Berlit S, Tuschy B, Sütterlin M, Wenz F, Sperk E. Longitudinal cosmetic outcome after planned IORT boost with low kV X-rays-monocentric results from the TARGIT BQR registry. *Transl Cancer Res*. 2023;12(7):1715-1726. DOI: 10.21037/tcr-23-88.
11. Goerdts L, Schnaubelt R, Kraus-Tiefenbacher U, Brück V, Bauer L, Dinges S, von der Assen A, Meye H, Kaiser C, Weiss C, Clausen S, Schneider F, Abo-Madyan Y, Fleckenstein K, Berlit S, Tuschy B, Sütterlin M, Wenz F, Sperk E. Acute and Long-Term Toxicity after Planned Intraoperative Boost and Whole Breast Irradiation in High-Risk Patients with Breast Cancer-Results from the Targeted Intraoperative Radiotherapy Boost Quality Registry (TARGIT BQR). *Cancers (Basel)*. 2024;16(11):2067. DOI: 10.3390/cancers16112067
12. Griffiths R. Knowledge production and the research-teaching nexus: the case of the built environment disciplines. *Stud High Educ*. 2004;29(6):709-726. DOI: 10.1080/0307507042000287212
13. Grube M, Dimmler A, Schmaus A, Saup R, Wagner T, Garvalov BK, Sleeman JP, Thiele W. Ketogenic diet does not promote triple-negative and luminal mammary tumor growth and metastasis in experimental mice. *Clin Exp Metastasis*. 2024;41(3):251-266. DOI: 10.1007/s10585-023-10249-z
14. Hahn EG, Fischer MR. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin (NKLM) für Deutschland: Zusammenarbeit der Gesellschaft für Medizinische Ausbildung (GMA) und des Medizinischen Fakultätentages (MFT). *GMS Z Med Ausbild*. 2009;26(3):Doc35. DOI: 10.3205/zma000627
15. Healey M, Jenkins A. Linking discipline-based research and teaching through mainstreaming undergraduate research and inquiry. *High Educ*. 2009;47:1-66.
16. Healey M, Jenkins A, Lea J. Developing research-based curricula in college-based higher education. *High Educ Acad*. 2014. Zugänglich unter/available from: <https://www.advance-he.ac.uk/knowledge-hub/developing-research-based-curricula-college-based-higher-education>
17. Holzkamp K. Lernen. Subjektwissenschaftliche Grundlegung. Frankfurt am Main: Campus-Verlag; 1995.
18. Huber L. Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist. In: Huber L, editor. *Forschendes Lernen im Studium. Aktuelle Konzepte und Erfahrungen*. Bielefeld: Universitätsverlag Webler; 2009. p.9-35.
19. Lawson AE. Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Sci Educ*. 2010;94(2):336-364. DOI: 10.1002/sce.20357
20. Loos S, Sander M, Albrecht M. Systematische Situationsanalyse zum wissenschaftlichen Nachwuchs in der klinischen Forschung. Berlin: IGES; 2014. Zugänglich unter/available from: https://www.iges.com/e6/e1621/e10211/e8885/e9500/e9501/e9503/attr_objts9504/IGES_Nachwuchs_WEB_ger.pdf

21. Medizinischer Fakultätentag. Diskussionspapier: Die Bedeutung von Wissenschaftlichkeit für das Medizinstudium und die Promotion. Halle (Saale): Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina; 2019. Zugänglich unter/available from: https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2019_Diskussionspapier_Wissenschaftlichkeit.pdf
22. Medizinischer Fakultätentag. Positionspapier: Strukturierte Promotion und wissenschaftliche Ausbildung in der Medizin. Berlin: MFT; 2016. Zugänglich unter/available from: https://medizinische-fakultaeten.de/wp-content/uploads/2016/04/positionspapier_strukturierte_promotionen_final.pdf
23. Medizinischer Fakultätentag. Positionspapier: Vermittlung von Wissenschaftskompetenz im Medizinstudium. Berlin: MFT; 2017. Zugänglich unter/available from: <https://medizinische-fakultaeten.de/wp-content/uploads/2018/01/Positionspapier-Wissenschaftlichkeit.pdf>
24. Mileder LP. Medical students and research: Is there a current discrepancy between education and demands? *GMS Z Med Ausbild.* 2014;31(2):Doc15. DOI: 10.3205/zma000907
25. Müller W. AWMF-Stellungnahme: Förderung der wissenschaftlichen Medizin schon in der studentischen Ausbildung. *GMS Mitt AWMF.* 2008;5:Doc12. Zugänglich unter/available from: <https://www.egms.de/static/de/journals/awmf/2008-5/awmf000155.shtml>
26. Oncological outcome after planned IORT boost in breast cancers with low kV x-rays – results from the prospective phase IV study TARGIT BQR. *Strahlenther Onkologie.* submitted
27. Piedmont S, Robra BP. Praxis und Wissenschaft im Studium – Erwartungen und erlebte Kompetenzförderung von Studierenden der Humanmedizin im Vergleich mit Studierenden anderer Fächer. *GMS Z Med Ausbild.* 2015;32(1):Doc8. DOI: 10.3205/zma000950
28. Schmidt FM, Zottmann JM, Sailer M, Fischer MR, Berndt M. Statistical literacy and scientific reasoning & argumentation in physicians. *GMS J Med Educ.* 2021;38(4):Doc77. DOI: 10.3205/zma001473
29. Vaidya JS, Bulsara M, Baum M, Wenz F, Massarut S, Pigorsch S, Alvarado M, Douek M, Saunders C, Flyger H, Eiermann W, Brew-Graves C, Williams NR, Potyka I, Roberts N, Bernstein M, Brown D, Sperk E, Laws S, Sütterlin M, Corica T, Lundgren S, Holmes D, Vinante L, Bozza F, Pazos M, Blanc-Onfroy ML, Gruber G, Polkowski W, Dedes KJ, Niewald M, Blohmer J, McReady D, Hoefler R, Kelemen P, Petralia G, Falzon M, Joseph D, Tobias JS. New clinical and biological insights from the international TARGIT-A randomised trial of targeted intraoperative radiotherapy during lumpectomy for breast cancer. *Br J Cancer.* 2021;125(3):380-389. DOI: 10.1038/s41416-021-01440-8
30. Vaidya JS, Bulsara M, Baum M, Wenz F, Massarut S, Pigorsch S, Alvarado M, Douek M, Saunders C, Flyger HL, Eiermann W, Brew-Graves C, Williams NR, Potyka I, Roberts N, Bernstein M, Brown D, Sperk E, Laws S, Sütterlin M, Corica T, Lundgren S, Holmes D, Vinante L, Bozza F, Pazos M, Le Blanc-Onfroy M, Gruber G, Polkowski W, Dedes KJ, Niewald M, Blohmer J, McCreedy D, Hoefler R, Kelemen P, Petralia G, Falzon M, Joseph DJ, Tobias JS. Long term survival and local control outcomes from single dose targeted intraoperative radiotherapy during lumpectomy (TARGIT-IORT) for early breast cancer: TARGIT-A randomised clinical trial. *BMJ.* 2020;370:m2836. DOI: 10.1136/bmj.m2836
31. Vaidya JS, Joseph DJ, Tobias JS, Bulsara M, Wenz F, Saunders C, Alvarado M, Flyger HL, Massarut S, Eiermann W, Keshtgar M, Dewar J, Kraus-Tiefenbacher U, Sütterlin M, Esserman L, Holtveg HM, Roncadin M, Pigorsch S, Metaxas M, Falzon M, Matthews A, Corica T, Williams NR, Baum M. Targeted intraoperative radiotherapy versus whole breast radiotherapy for breast cancer (TARGIT-A trial): an international, prospective, randomised, non-inferiority phase 3 trial. *Lancet.* 2010;376(9735):91-102. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)60837-9
32. Vaidya JS, Wenz F, Bulsara M, Tobias JS, Joseph DJ, Keshtgar M, Flyger HL, Massarut S, Alvarado M, Saunders C, Eiermann W, Metaxas M, Sperk E, Sütterlin M, Brown D, Esserman L, Roncadin M, Thompson A, Dewar JA, Holtveg HM, Pigorsch S, Falzon M, Harris E, Matthews A, Brew-Graves C, Potyka I, Corica T, Williams NR, Baum M; TARGIT trialists' group. Risk-adapted targeted intraoperative radiotherapy versus whole-breast radiotherapy for breast cancer: 5-year results for local control and overall survival from the TARGIT-A randomised trial. *Lancet.* 2014;383(9917):603-613. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61950-9
33. Wissenschaftsrat. Empfehlungen zur Weiterentwicklung des Medizinstudiums in Deutschland auf Grundlage einer Bestandsaufnahme der humanmedizinischen Modellstudiengänge. Dresden: Wissenschaftsrat; 2014. Zugänglich unter/available from: https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/4017-14.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Corresponding author:

Dr. Julia Eckel

Medical Faculty Mannheim Heidelberg University,
University Medical Center Mannheim (UMM), Division for
Study and Teaching Development, Medical Education
Research Department, Theodor-Kutzer-Ufer 1-3, D-68167
Mannheim, Germany

Julia.Eckel@medma.uni-heidelberg.de

Please cite as

Eckel J, Sperk E, Thiele W, Schüttelpelz-Brauns K. Minimum requirements for scientific training in medical studies. *GMS J Med Educ.* 2025;42(2):Doc16.

DOI: 10.3205/zma001740, URN: urn:nbn:de:0183-zma0017406

DOI: 10.3205/zma001740, URN: urn:nbn:de:0183-zma0017406

This article is freely available from

<https://doi.org/10.3205/zma001740>

Received: 2024-03-21

Revised: 2024-07-11

Accepted: 2024-12-01

Published: 2025-04-15

Copyright

©2025 Eckel 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/>.

Mindestanforderung an die wissenschaftliche Ausbildung im Medizinstudium

Zusammenfassung

Wir schlagen einen neuen Ansatz zur Ableitung von Mindeststandards für die wissenschaftliche Ausbildung im Medizinstudium vor. Dieser Ansatz ermöglicht es, konkrete Lernziele nachvollziehbar zu definieren und klar darzustellen. Wir sehen die Vermittlung eines systematisch-wissenschaftlichen Vorgehens als Grundanforderung an ein universitäres Studium, das mit dem Wissenschaftszyklus beschrieben werden kann. Dieses bildet die Grundlage sowohl für wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn als auch für evidenzbasiertes Handeln in der Medizin.

Schlüsselwörter: medizinische Ausbildung, Wissenschaftskompetenz, Lernziele, Standards

Julia Eckel¹
Elena Sperk²
Wilko Thiele³
Katrin
Schüttpelz-Brauns⁴

1 Medizinische Fakultät
Mannheim der Universität
Heidelberg,
Universitätsmedizin
Mannheim (UMM),
Geschäftsbereich Studium
und Lehrentwicklung,
Mannheim, Deutschland

2 Medizinische Fakultät
Mannheim der Universität
Heidelberg,
Universitätsmedizin
Mannheim (UMM),
Mannheim Cancer Center
Studienzentrale, Mannheim,
Deutschland

3 Medizinische Fakultät
Mannheim der Universität
Heidelberg, European Center
for Angioscience (ECAS),
Mikrovaskuläre Biologie und
Pathobiologie, Mannheim,
Deutschland

4 Medizinische Fakultät
Mannheim der Universität
Heidelberg,
Universitätsmedizin
Mannheim (UMM),
Geschäftsbereich Studium
und Lehrentwicklung,
Abteilung Medizinische
Ausbildungsforschung,
Mannheim, Deutschland

Einleitung

Ein fundiertes wissenschaftliches Grundverständnis ist Voraussetzung für evidenzbasiertes Handeln in der Medizin [23]. Werden wissenschaftliche Erkenntnisse im klinischen Alltag angewendet, hat das einen positiven Einfluss auf die Qualität der Versorgung von Patientinnen und Patienten [23], [24]. Ärztinnen und Ärzte müssen daher wissenschaftliche Veröffentlichungen rezipieren und kritisch bewerten, inwieweit die darin enthaltenen oder daraus ableitbaren Erkenntnisse Konsequenzen für die eigene klinische Praxis haben. In der Realität berichten praktizierende Ärztinnen und Ärzte jedoch über fehlende Kompetenzen dahingehend, z.B. klinische Studien oder auch andere wissenschaftliche Arbeiten hinsichtlich ihrer Güte und Aussagekraft bewerten zu können [28].

Diese fehlenden Kompetenzen zeigen sich bereits im Studium, wo sich die Studierenden nicht ausreichend zu eigenständiger Forschung befähigt fühlen [7], [27]. Dabei sollten die im Studium vermittelten Inhalte auch auf eine Promotion, sprich den Nachweis der Befähigung zum wissenschaftlichen Arbeiten, vorbereiten. Ohne die Vermittlung eines wissenschaftlichen Grundverständnisses in der Ausbildung droht ein Nachwuchsmangel in der medizinischen Forschung [9], [20]. Dieses Problem wurde bereits erkannt, und nicht nur aufgrund des rasanten Wissenszuwachses und technologischen Fortschritts wird seit Jahren von verschiedenen Seiten eine Verbesserung der wissenschaftlichen Ausbildung im Medizinstudium gefordert [1], [3], [4], [5], [6], [23], [21], [25], [33]. Die Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (2008) [25], die Deutsche Forschungsgemeinschaft (2010) [6], der Wissenschaftsrat (2014) [33], sowie der Medizinische Fakultätentag (2016) [22] sehen seit Jahren die Notwendigkeit, dass grundlegende wissenschaftliche Kompetenzen im Medizinstudium verstärkt erworben werden sollten. In das gleiche Horn stoßen die Universitäten, die in ihrer Rolle als Forschungs- und Bildungseinrichtungen für wissenschaftliche Kompetenzen eine „Deprofessionalisierung“ der ärztlichen Ausbildung und den Verlust der wissenschaftlichen Basis („Entakademisierung“) befürchten [25]. Auch die in Inhalt und Fokussierung unterschiedlichen wissenschaftlichen Curricula der medizinischen Fakultäten in Deutschland unterstreichen dies: Während zwei Drittel der Modell- und Reformstudiengänge ein verpflichtendes Modul zum wissenschaftlichen Arbeiten integrieren, trifft dies nur auf etwa ein Viertel der Regelstudiengänge zu [2].

Der Nationale Kompetenzbasierte Lernzielkatalog (NKLM) [14], u.a. auch das Kapitel zu medizinisch-wissenschaftlichen Fertigkeiten (VIII.1.) wird derzeit im Hinblick auf die Reduktion von Lernzielen und Redundanzen weiterentwickelt. Da die Medizincurricula aktuell mit fachspezifischen Wissensinhalten und Lernzielen überfrachtet sind, wird eine Curriculumsreform kritisch gesehen. Entsprechend wird an den Fakultäten diskutiert, inwieweit wissenschaftliches Denken und Arbeiten an den medizinischen Fakultäten integriert werden kann, und damit auch

die Frage nach der Mindestanforderung an Wissenschaftlichkeit im Medizinstudium aufgeworfen. Gleichzeitig stehen die Fakultäten vor der Herausforderung und der Verantwortung, die wissenschaftliche Ausbildung im Medizinstudium als Aufgabe eines universitären Studiums hinreichend zu verwirklichen. Wir möchten daher mit diesem Kommentar zur Weiterführung der Diskussion über die Mindeststandards wissenschaftlicher Ausbildung anregen.

Wissenschaftlich-systematisches Vorgehen

Wissenschaftskompetenz wird definiert als „die Problemerkennung, das Generieren von Hypothesen, das Generieren und Suchen von Evidenz, die Bewertung von Evidenz, das Ziehen von Schlussfolgerungen sowie die Kommunikation und die kritische Beurteilung wissenschaftlichen Denkens und seiner Ergebnisse“ [33] (siehe hierzu auch [8], [19]).

Wissenschaftskompetenz ist also das wissenschaftlich-systematische Vorgehen, wie es mit Hilfe des Wissenschaftszyklus¹ beschrieben werden kann (siehe Abbildung 1).

Dieses Vorgehen geht auf Hippokrates von Kos (460-370 v. Chr.) zurück und beinhaltet abduktive, retroduktive, deduktive und induktive Schlussfolgerung und Argumentation [19]. Auch wenn spezifische Ausgangslagen und die Gewichtung der Einzelschritte des Wissenschaftszyklus¹ in einzelnen Disziplinen variieren mögen [8], ist das Vorgehen generisch, d.h. in allen medizinischen Forschungsbereichen und fachübergreifend gleich (siehe Anhang 1).

Auch im klinischen Alltag müssen Ärztinnen und Ärzte wissenschaftlich-systematisch vorgehen, also Fragestellungen entwickeln, Hypothesen generieren, Daten erheben und daraus evidenzbasierte Arbeitsstrategien ableiten, dokumentieren und Erkenntnisse kommunizieren. Ebenso erfordert die kritische Analyse eines Papers im klinischen Alltag oder im Rahmen der Forschung, zu prüfen, ob wissenschaftliche Standards bei den einzelnen Schritten im Zyklus eingehalten wurden und die Aussagen des Papers valide sind.

Ableitung der Mindestanforderung an wissenschaftliche Ausbildung

Die Mindestanforderung an die wissenschaftliche Ausbildung im Medizinstudium lässt sich klar aus dem Wissenschaftszyklus als übergeordnete Struktur ableiten: Sie liegt in der Befähigung zu selbstständigem wissenschaftlich-systematischem Vorgehen unter Anwendung der einzelnen Schritte aus Abbildung 1. Dies dient der Vorbereitung und Umsetzung einer Promotion und befähigt zur eigenständigen Durchführung von Studien mit dem Ziel des Erkenntnisgewinns in unterschiedlichen Forschungsgebieten (mit ihren jeweiligen fachspezifischen For-

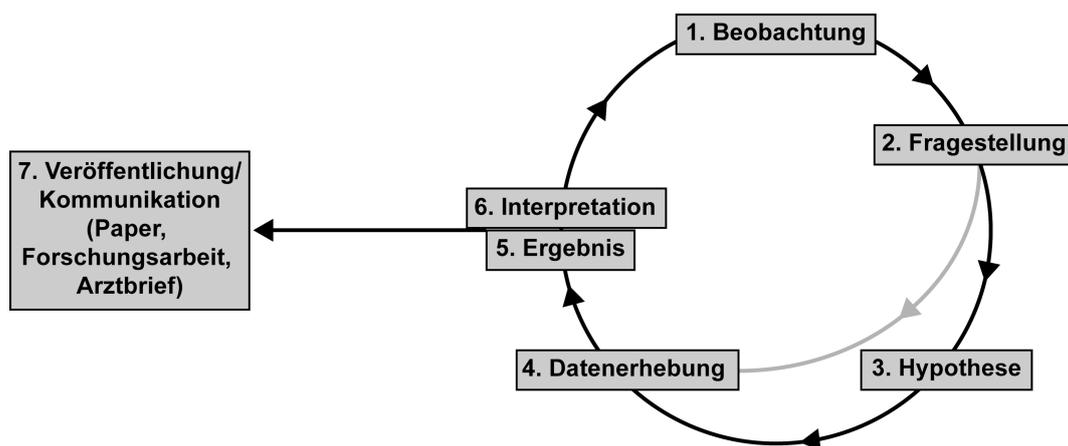


Abbildung 1: Wissenschaftszyklus: Wissenschaftlich-systematisches Vorgehen

Basierend auf einer Beobachtung, die in den Kontext des bestehenden Wissens gestellt wird, wird eine Fragestellung formuliert, von der beim hypothesentestenden Vorgehen eine oder mehrere Hypothesen abgeleitet werden. Zur Überprüfung der Hypothesen werden Daten systematisch erhoben (diagnostisch, analytisch oder experimentell) und anschließend ausgewertet und interpretiert. So kann die Forschungsfrage beantwortet und die Ergebnisse in das bisherige Wissen eingeordnet werden. Die Kommunikation der Ergebnisse und Schlussfolgerungen kann in Form von Vorträgen, wissenschaftlichen Veröffentlichungen (Papern), Forschungsarbeiten oder auch Leitlinien, Arztbriefen oder Patientengesprächen erfolgen. Die so gewonnenen Erkenntnisse stellen oft selbst wieder eine Beobachtung dar oder führen zu neuen Beobachtungen, die ein erneutes Durchlaufen des Wissenschaftszyklus' zur Folge haben. Bei nicht ausreichender Datenlage kann zunächst ein exploratives, hypothesengenerierendes Vorgehen nötig sein (grauer Pfeil). Dabei werden ausgehend von der Fragestellung unter Auslassung der Formulierung von Hypothesen systematisch Daten erhoben, die dann ausgewertet und interpretiert werden. Diese Daten stellen selbst eine Beobachtung dar, und ergänzen die ursprüngliche Beobachtung so, dass eine Präzisierung der Fragestellung möglich ist. Dies erlaubt nun die Formulierung von Hypothesen und im nächsten Durchlauf des Zyklus' ein hypothesentestendes Vorgehen.

Tabelle 1: Abgeleitete wissenschaftsorientierte Lernziele für ein zukünftiges Kerncurriculum der medizinischen Fakultäten

Lernziele im Kerncurriculum	Phase im W-Zyklus
• Kennen der Grundbegriffe der medizinischen Forschung und Grundlagen des/der wissenschaftlichen Denkens und Argumentation sowie der Wissenschaftstheorie	*
• Begründen des wissenschaftlich-systematischen Vorgehens (in Abgrenzung zu einem nicht-wissenschaftlichen Vorgehen)	* 1-7
• Kennen und Umsetzen der Richtlinien guter wissenschaftlicher Praxis (u.a. Benennen ethischer und gesetzlicher Rahmenbedingungen und Richtlinien, z.B. Berufsordnung, ICH-GCP)	* 1-7
• Durchführen einer Literaturrecherche zur Überprüfung, ob eine Beobachtung neu und nicht erklärbar ist (zur Identifikation neuer Fragestellungen)	1-4
• Kritisches Bewerten von Studien und anderen Quellen (z.B. Leitlinien)	1, 6
• Ableiten und Formulieren von Forschungsfragen	2
• Aufstellen von Hypothesen	3
• Auswahl eines adäquaten Studiendesigns	4
• Definition von Variablen, z.B. Zielvariablen / Endpunkte	4
• Auswahl von adäquaten Datenerhebungsmethoden	4
• Auswahl und Anwenden adäquater Analysemethoden	4
• Analyse, Dokumentation und Darstellen von Ergebnissen	4-5
• Interpretation von Ergebnissen	6
• Einordnen von Erkenntnissen in den Forschungsstand, z.B. Prüfung der Übertragbarkeit von Evidenzen auf individuelle Patientenfälle **	6
• Verständliche Kommunikation der Daten und Erkenntnisse nach wissenschaftlichen Standards (auch patientengerecht im Rahmen eines klinischen Falls)	7

W-Zyklus=Wissenschaftszyklus, *=Übergreifendes Lernziel, **=Relevanz und Validität der zu einer diagnostischen/therapeutischen Problemstellung oder der in einer systematischen Übersichtsarbeit/Leitlinie gefundenen Evidenz, 1=Beobachtung, 2=Fragestellung, 3=Hypothese, 4=Datenerhebung/Dokumentation/Analyse, 5=Ergebnis, 6=Interpretation, 7=Veröffentlichung, Kommunikation (Paper, Forschungsarbeit, Arztbrief)

schungsmethoden) und zur Entwicklung (Leitlinien) und gezielter Anwendung evidenzbasierter Medizin nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft. Tabelle 1 zeigt die daraus abgeleiteten wissenschaftsorientierten Lernziele für ein zukünftiges Kerncurriculum der medizinischen Fakultäten in Abhängigkeit von den für das wissenschaftlich-systematische Vorgehen erforderlichen Kompetenzen. Die Lernziele sollten sowohl einzeln (z.B. Literaturrecherche) als auch im Zusammenhang (im Rahmen des wissenschaftlich-systematischen Vorgehens) im Curriculum operationalisiert werden. Zur abschließenden Prüfung der Wissenschaftskompetenz sollte eine wissenschaftliche Arbeit unter Anleitung selbstständig durchgeführt werden. Diese Eigenleistung im wissenschaftlichen Arbeiten ist bereits vielseitig diskutiert und auch lerntheoretisch begründet worden: Verwiesen sei hier auf die Kontroverse zum research-based-teaching [12], [15], [16], um den subjektwissenschaftlichen Lernansatz von Holzkamp (1995) [17] oder die Grundgedanken des Forschenden Lernens von Huber (2009) [18]. Von besonderer Bedeutung ist es auch die Verknüpfung von wissenschaftlichen Erkenntnissen und dem Einfluss der Wissenschaft auf den klinischen Alltag herzustellen (z.B. durch die Überprüfung der Übertragbarkeit von Evidenz auf Patientenfälle).

Fazit

An den medizinischen Fakultäten in Deutschland sollten wissenschaftliche Kompetenzen vermittelt werden, da diese die Grundlage für wissenschaftliche Tätigkeit und die medizinische Versorgung unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Wissenschaft darstellen. Hierbei sehen wir die Vermittlung des oben beschriebenen systematisch-wissenschaftlichen Vorgehens, aus dem sich die für das Kerncurriculum formulierten wissenschaftsorientierten Lernziele ableiten lassen, als Grundanforderung an ein universitäres Studium.

ORCID*s* der Autor*innen

- Elena Sperk: [0000-0002-8771-8124]
- Wilko Thiele: [0000-0002-8978-4192]
- Katrin Schüttpelz-Brauns: [0000-0001-9004-0724]

Interessenkonflikt

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

Anhänge

Verfügbar unter <https://doi.org/10.3205/zma001740>

1. Anhang_1.pdf (134 KB)
Beispiele wissenschaftlich-systematischen Vorgehens aus der präklinischen Forschung, der klinischen Forschung und der Versorgungsforschung sowie im Rahmen eines klinischen Falls

Literatur

1. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AWMF). Stellungnahme zur Wissenschaftlichkeit des Medizinstudiums. Düsseldorf: AWMF; 2014. Zugänglich unter/available from: https://www.awmf.org/fileadmin/user_upload/dateien/stellungnahmen/2014/1.pdf
2. Bauer J, Schendzielorz J, Oess S, Mantke R. Ausmaß und Integration von Wissenschaftsmodulen in das Medizinstudium an den staatlichen Fakultäten und den privaten staatlich anerkannten Fakultäten in Deutschland: eine Querschnittsstudie [Depth and integration of science modules in medical studies at recognized public and private faculties in Germany: A cross-sectional study]. *Z Evid Fortbild Qual Gesundheitswes.* 2022;174:90-96. DOI: 10.1016/j.zefq.2022.08.006
3. Bundesärztekammer. Wissenschaftlichkeit als konstitutionelles Element des Arztberufes. Berlin: Bundesärztekammer; 2020. Zugänglich unter/available from: https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/WB/Stellungnahme_Wissenschaftlichkeit.pdf
4. Bundesvertretung der Medizinstudierenden in Deutschland e.V. (bvmd). Konzeptpapier zur Zukunft und Weiterentwicklung des Medizinstudiums. Berlin: bvmd; 2014. Zugänglich unter/available from: https://www.bvmd.de/wp-content/uploads/2021/04/2014-06-01_aktuell_Grundsatzentscheidung_Zukunft_und_Weiterentwicklung_des_Medizinstudiums_zuletzt_gea%CC%88ndert_am_30.06.2018.pdf
5. Densen P. Challenges and opportunities facing medical education. *Trans Am Clin Climatol Assoc.* 2011;122:48-58.
6. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Senatskommission. Empfehlungen der Senatskommission für Klinische Forschung. Strukturierung der wissenschaftlichen Ausbildung für Medizinerinnen und Mediziner. Bonn: Deutsche Forschungsgemeinschaft; 2010. Zugänglich unter/available from: <https://www.dfg.de/resource/blob/169680/df604c619d6c03218789faa0d18acc70/medizinbildung-senat-klinische-forschung-data.pdf>
7. Epstein N, Huber J, Gartmeier M, Berberat PO, Reimer M, Fischer MR. Investigation on the acquisition of scientific competences during medical studies and the medical doctoral thesis. *GMS J Med Educ.* 2018;35(2):Doc20. DOI: 10.3205/zma001167
8. Fischer F, Kollar I, Ufer S, Sodian B, Hussmann H, Pekrun R, Neuhaus B, Dorner B, Pankofer S, Fischer M, Strijbos JW, Henne M, Eberle J. Scientific reasoning and argumentation: advancing an interdisciplinary research agenda in education. *Frontline Learn Res.* 2014;2(3):28-45. DOI: 10.14786/flr.v2i3.96
9. Gerst T, Hibbeler B. Ärztemangel im Labor. *Dtsch Arztebl.* 2012;37:A1804-1808. Zugänglich unter/available from: <https://www.aerzteblatt.de/pdf.asp?id=129816>
10. Goerd L, Poemsl J, Spaich S, Welzel G, Abo-Madyan Y, Ehmann M, Berlit S, Tuschy B, Sütterlin M, Wenz F, Sperk E. Longitudinal cosmetic outcome after planned IORT boost with low kV X-rays-monocentric results from the TARGIT BQR registry. *Transl Cancer Res.* 2023;12(7):1715-1726. DOI: 10.21037/tcr-23-88.

11. Goerdts L, Schnaubelt R, Kraus-Tiefenbacher U, Brück V, Bauer L, Dinges S, von der Assen A, Meyer H, Kaiser C, Weiss C, Clausen S, Schneider F, Abo-Madyan Y, Fleckenstein K, Berlit S, Tuschy B, Sütterlin M, Wenz F, Sperk E. Acute and Long-Term Toxicity after Planned Intraoperative Boost and Whole Breast Irradiation in High-Risk Patients with Breast Cancer-Results from the Targeted Intraoperative Radiotherapy Boost Quality Registry (TARGIT BQR). *Cancers* (Basel). 2024;16(11):2067. DOI: 10.3390/cancers16112067
12. Griffiths R. Knowledge production and the research-teaching nexus: the case of the built environment disciplines. *Stud High Educ.* 2004;29(6):709-726. DOI: 10.1080/0307507042000287212
13. Grube M, Dimmler A, Schmaus A, Saup R, Wagner T, Garvalov BK, Sleeman JP, Thiele W. Ketogenic diet does not promote triple-negative and luminal mammary tumor growth and metastasis in experimental mice. *Clin Exp Metastasis.* 2024;41(3):251-266. DOI: 10.1007/s10585-023-10249-z.
14. Hahn EG, Fischer MR. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin (NKLM) für Deutschland: Zusammenarbeit der Gesellschaft für Medizinische Ausbildung (GMA) und des Medizinischen Fakultätentages (MFT). *GMS Z Med Ausbild.* 2009;26(3):Doc35. DOI: 10.3205/zma000627
15. Healey M, Jenkins A. Linking discipline-based research and teaching through mainstreaming undergraduate research and inquiry. *High Educ.* 2009;47:1-66.
16. Healey M, Jenkins A, Lea J. Developing research-based curricula in college-based higher education. *High Educ Acad.* 2014. Zugänglich unter/available from: <https://www.advance-he.ac.uk/knowledge-hub/developing-research-based-curricula-college-based-higher-education>
17. Holzkamp K. Lernen. Subjektwissenschaftliche Grundlegung. Frankfurt am Main: Campus-Verlag; 1995.
18. Huber L. Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist. In: Huber L, editor. *Forschendes Lernen im Studium. Aktuelle Konzepte und Erfahrungen.* Bielefeld: Universitätsverlag Webler; 2009. p.9-35.
19. Lawson AE. Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Sci Educ.* 2010;94(2):336-364. DOI: 10.1002/sce.20357
20. Loos S, Sander M, Albrecht M. Systematische Situationsanalyse zum wissenschaftlichen Nachwuchs in der klinischen Forschung. Berlin: IGES; 2014. Zugänglich unter/available from: https://www.iges.com/e6/e1621/e10211/e8885/e9500/e9501/e9503/attr_objjs9504/IGES_Nachwuchs_WEB_ger.pdf
21. Medizinischer Fakultätentag. Diskussionspapier: Die Bedeutung von Wissenschaftlichkeit für das Medizinstudium und die Promotion. Halle (Saale): Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina; 2019. Zugänglich unter/available from: https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2019_Diskussionspapier_Wissenschaftlichkeit.pdf
22. Medizinischer Fakultätentag. Positionspapier: Strukturierte Promotion und wissenschaftliche Ausbildung in der Medizin. Berlin: MFT; 2016. Zugänglich unter/available from: https://medizinische-fakultaeten.de/wp-content/uploads/2016/04/positionspapier_strukturierte_promotionen_final.pdf
23. Medizinischer Fakultätentag. Positionspapier: Vermittlung von Wissenschaftskompetenz im Medizinstudium. Berlin: MFT; 2017. Zugänglich unter/available from: <https://medizinische-fakultaeten.de/wp-content/uploads/2018/01/Positionspapier-Wissenschaftlichkeit.pdf>
24. Mileder LP. Medical students and research: Is there a current discrepancy between education and demands? *GMS Z Med Ausbild.* 2014;31(2):Doc15. DOI: 10.3205/zma000907
25. Müller W. AWMF-Stellungnahme: Förderung der wissenschaftlichen Medizin schon in der studentischen Ausbildung. *GMS Mitt AWMF.* 2008;5:Doc12. Zugänglich unter/available from: <https://www.egms.de/static/de/journals/awmf/2008-5/awmf000155.shtml>
26. Oncological outcome after planned IORT boost in breast cancers with low kV x-rays – results from the prospective phase IV study TARGIT BQR. *Strahlenther Onkologie.* submitted
27. Piedmont S, Robra BP. Praxis und Wissenschaft im Studium – Erwartungen und erlebte Kompetenzförderung von Studierenden der Humanmedizin im Vergleich mit Studierenden anderer Fächer. *GMS Z Med Ausbild.* 2015;32(1):Doc8. DOI: 10.3205/zma000950
28. Schmidt FM, Zottmann JM, Sailer M, Fischer MR, Berndt M. Statistical literacy and scientific reasoning & argumentation in physicians. *GMS J Med Educ.* 2021;38(4):Doc77. DOI: 10.3205/zma001473
29. Vaidya JS, Bulsara M, Baum M, Wenz F, Massarut S, Pigorsch S, Alvarado M, Douek M, Saunders C, Flyger H, Eiermann W, Brew-Graves C, Williams NR, Potyka I, Roberts N, Bernstein M, Brown D, Sperk E, Laws S, Sütterlin M, Corica T, Lundgren S, Holmes D, Vinante L, Bozza F, Pazos M, Blanc-Onfroy ML, Gruber G, Polkowski W, Dedes KJ, Niewald M, Blohmer J, McReedy D, Hoefler R, Kelemen P, Petralia G, Falzon M, Joseph D, Tobias JS. New clinical and biological insights from the international TARGIT-A randomised trial of targeted intraoperative radiotherapy during lumpectomy for breast cancer. *Br J Cancer.* 2021;125(3):380-389. DOI: 10.1038/s41416-021-01440-8
30. Vaidya JS, Bulsara M, Baum M, Wenz F, Massarut S, Pigorsch S, Alvarado M, Douek M, Saunders C, Flyger HL, Eiermann W, Brew-Graves C, Williams NR, Potyka I, Roberts N, Bernstein M, Brown D, Sperk E, Laws S, Sütterlin M, Corica T, Lundgren S, Holmes D, Vinante L, Bozza F, Pazos M, Le Blanc-Onfroy M, Gruber G, Polkowski W, Dedes KJ, Niewald M, Blohmer J, McReedy D, Hoefler R, Kelemen P, Petralia G, Falzon M, Joseph DJ, Tobias JS. Long term survival and local control outcomes from single dose targeted intraoperative radiotherapy during lumpectomy (TARGIT-IORT) for early breast cancer: TARGIT-A randomised clinical trial. *BMJ.* 2020;370:m2836. DOI: 10.1136/bmj.m2836
31. Vaidya JS, Joseph DJ, Tobias JS, Bulsara M, Wenz F, Saunders C, Alvarado M, Flyger HL, Massarut S, Eiermann W, Keshtgar M, Dewar J, Kraus-Tiefenbacher U, Sütterlin M, Esserman L, Holtveg HM, Roncadin M, Pigorsch S, Metaxas M, Falzon M, Matthews A, Corica T, Williams NR, Baum M. Targeted intraoperative radiotherapy versus whole breast radiotherapy for breast cancer (TARGIT-A trial): an international, prospective, randomised, non-inferiority phase 3 trial. *Lancet.* 2010;376(9735):91-102. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)60837-9
32. Vaidya JS, Wenz F, Bulsara M, Tobias JS, Joseph DJ, Keshtgar M, Flyger HL, Massarut S, Alvarado M, Saunders C, Eiermann W, Metaxas M, Sperk E, Sütterlin M, Brown D, Esserman L, Roncadin M, Thompson A, Dewar JA, Holtveg HM, Pigorsch S, Falzon M, Harris E, Matthews A, Brew-Graves C, Potyka I, Corica T, Williams NR, Baum M; TARGIT trialists' group. Risk-adapted targeted intraoperative radiotherapy versus whole-breast radiotherapy for breast cancer: 5-year results for local control and overall survival from the TARGIT-A randomised trial. *Lancet.* 2014;383(9917):603-613. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61950-9
33. Wissenschaftsrat. Empfehlungen zur Weiterentwicklung des Medizinstudiums in Deutschland auf Grundlage einer Bestandsaufnahme der humanmedizinischen Modellstudiengänge. Dresden: Wissenschaftsrat; 2014. Zugänglich unter/available from: https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/4017-14.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Korrespondenzadresse:

Dr. Julia Eckel
Medizinische Fakultät Mannheim der Universität
Heidelberg, Universitätsmedizin Mannheim (UMM),
Geschäftsbereich Studium und Lehrentwicklung,
Theodor-Kutzer-Ufer 1-3, 68167 Mannheim, Deutschland
Julia.Eckel@medma.uni-heidelberg.de

Bitte zitieren als

Eckel J, Sperk E, Thiele W, Schüttpez-Brauns K. Minimum requirements
for scientific training in medical studies. *GMS J Med Educ.*
2025;42(2):Doc16.
DOI: 10.3205/zma001740, URN: urn:nbn:de:0183-zma0017406

Artikel online frei zugänglich unter
<https://doi.org/10.3205/zma001740>

Eingereicht: 21.03.2024
Überarbeitet: 11.07.2024
Angenommen: 01.12.2024
Veröffentlicht: 15.04.2025

Copyright

©2025 Eckel 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/>.