

Evidence-based teaching: The examination and use of psychological theories in medical education research using the example of cognitive load theory

Abstract

One goal of medical education research is to optimally design teaching and learning processes so that students are supported in acquiring sustainable knowledge and competencies. To this end, education research systematically deals with the conditions and effects of teaching and learning. Therefore, it is situated in the field of teaching and learning research, which is clearly empirically oriented (and not pedagogically-humanistic). This article illuminates the role of empirically tested theories in medical education research using the example of cognitive load theory (CLT). For this purpose, some fundamental aspects of psychological research are discussed first. This is followed by a presentation of CLT, which is based on findings from memory psychology. Based on findings on the modality effect and the split-attention effect, it is illustrated how findings from tested theories can contribute to the development of teaching and learning methods and materials in practice and what limitations exist. Finally, some further developments of CLT and its relevance for medical professionals are presented.

Keywords: Cognitive Load Theory, teaching and learning research, psychology, medical studies

Hiltraut Paridon¹

1 Hochschule Fresenius,
Dresden, Germany

1. Introduction

Teaching and learning research addresses, among other things, the question of how teaching and learning processes can be designed to be as sustainable as possible. Psychological research plays a major role here. Since the 19th century, scientific psychology has been strongly natural science-oriented in its research methods, i.e., empirically or experimentally oriented [1]. Psychology is the scientific study of mind and behavior, i.e. how the human mind works and how it influences behavior [2]. Its task is to describe, explain, predict, and influence experience and behavior [3]. It considers information processing, emotions, and behavior in its broadest sense, so that, for example, physiological processes are also investigated [4]. Important theories for teaching and learning research include, for example, Cognitive Load Theory (CLT) [5], [6], [7], theories of metacognition and self-regulation [8], and information processing theory [9]. These theories help to describe and explain learning processes. Based on those theories, measures can be derived that teachers and learners can use to improve the acquisition of knowledge and competencies.

This purpose of the article is twofold. First, it aims to illustrate how empirical psychological research arrives at well-founded scientific insights. In teaching and learning research, this often involves the question of which factors influence learning success and how it can be improved. Second, specific research results will be presented using

CLT as a selected theory. Since medical students must understand and retain numerous complex learning contents sustainably, corresponding insights are of high relevance. CLT is one of the evidence-based theories from which practical recommendations for teaching and learning can be derived, which can then in turn be empirically tested in education research.

1.1. Study designs in scientific psychology

In scientific psychology – as in medicine – high-quality studies are required that can prove causal relationships. While in medicine, randomized controlled trials (RCTs) are discussed, in psychology, the term “experiment” is generally used [2]. This study design is also postulated by various scientists for pedagogical questions [10], [11]. However, there are also other positions, so that in the German-speaking pedagogical field, a rather liberal methodological pluralism has developed regarding the concept of evidence, which is critically discussed [12]. A study design that is more common in psychological-pedagogical research than in medicine is the “quasi-experiment”. Here, as in the experiment, there is a control group – however, there is no random assignment of participants to the conditions. This is the case, for example, when two groups of learners (e.g., two school classes) already exist and one group receives an intervention, while the other group serves as a control group [13].

1.2. Causal research based on theories

Since information processing activities and emotional processes are not directly accessible to observation, the corresponding mental and affective processes must be inferred from behavior [2]. In the pedagogical field, for example, the question is why a student passes an exam well. Causes can be that the person has learned persistently due to high motivation and self-efficacy [14], [15] and has also used effective learning strategies [16]. To find out the relevant reasons (which in turn can be the basis for a behavior change in less successful students), studies are conducted that are based on previously developed theories. As many (human) behaviors are multifactorially determined, different theories are needed that allow assumptions about what behavior different people display in different situations.

1.3. Scientific theories and empirical testing

A scientific theory is understood as a complex and ordered system of assumptions that can explain relationships. It is an explanatory model that allows predictions, whereby the model is generalized – as it is not about individual case studies – and reduced – since not all influencing factors can be checked [17]. Predictions that can be derived are formulated as hypotheses, which in turn can then be confirmed or rejected with empirical studies. This includes, for example, the assumption that people with high self-efficacy pursue a goal with greater persistence than people with low self-efficacy [15]. Certain demands are placed on scientific theories. To be empirically revisable, hypotheses must be formulated so that they have the potential to be proven incorrect (falsification principle). If this is not possible, it is a non-scientific theory [2]. The principle of falsification is essential for the empirical sciences, as they focus on disproving theoretical predictions rather than confirming them [18].

1.4. Psychology and neuroscience

Psychological theories and the empirical testing of hypotheses remain indispensable despite the significant developments in neuroscience. Neurosciences contribute to the understanding of brain processes and can, for example, help to better explain cognitive performance disorders, but they do not provide information on how information should be prepared so that it can be processed and stored in memory more effectively. The distinction between the physically existing brain and the constructs relevant for mental and emotional processes (such as intelligence, self-efficacy, motivation), which have no physical counterpart, remains of great importance [19].

2. The Cognitive Load Theory as an example of a pedagogical-psychological theory

The Cognitive Load Theory (CLT) by Sweller and colleagues [5], [6], [7] is a well-known theory of knowledge acquisition [20]. It provides a basis for numerous empirical studies in various subject areas, such as learning with media, learning from worked examples, and skill acquisition [21], [22]. CLT primarily deals with the learning of complex cognitive content. Learners are often overwhelmed by the number of information elements and their interrelationships that must be processed simultaneously. This impedes meaningful learning. How instructional design can help reduce this (too) high load to enable meaningful learning in complex cognitive domains has become the focus of CLT. The theory assumes that learning occurs best under conditions that are consistent with human cognitive architecture. In doing so, working memory is in the focus of its consideration [23].

2.1. Basic memory models in psychology

The study of human memory experienced a great boost with the so-called “cognitive revolution”. An important advancement was the theoretical development of short-term memory [24]. Although this theory has been considered outdated or disproven for quite some time, it can still be found in (non-psychological) textbooks. As an advancement, the theory of working memory was developed, which is also capacity-limited but represents an actively working memory system [25]. Working memory contains a so-called “phonological loop” for verbal material and a “visuospatial sketchpad” for visual material [26]. The loop and the sketchpad serve as subsidiary systems to keep information available, and their use is controlled by a central executive. In addition, information from long-term memory (LTM) is used to solve problems or compare information. Information can also enter LTM without remaining in working memory [25]. Different types of storage and knowledge are distinguished in LTM. Particularly important for CLT is semantic memory, which contains facts, concepts, principles, and rules [27]. According to theory, the contents of semantic memory are stored in a hierarchical network structure and in schemata. Schemata are superordinate mental knowledge structures that contain information about objects, situations, and content in an abstract, generalized form and enable understanding. After intensive practice, they can become automated (e.g., reading) and therefore relieve working memory, so that cognitive capacities are available for other functions [23], [25].

2.2. Types of cognitive load in working memory

CLT assumes that every learning process poses a cognitive load on working memory [28]. Since the capacity of

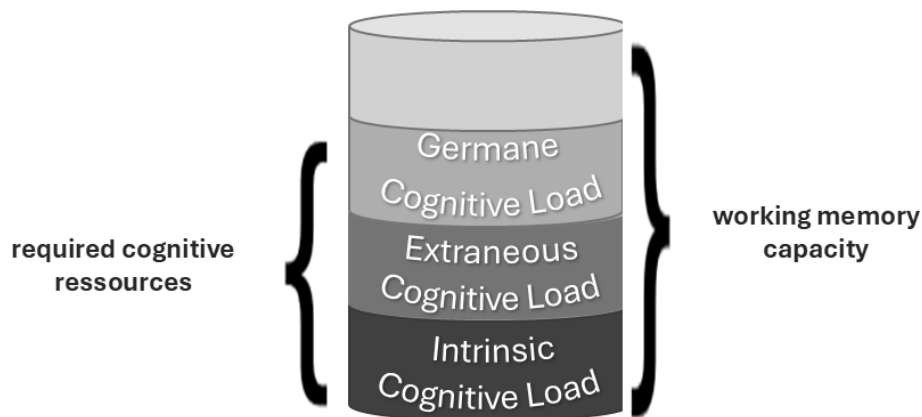


Figure 1: Schematic illustration of the cognitive load theory (own representation on the basis of [51])

working memory is limited, the total cognitive load should ideally not exceed this capacity, as this would negatively affect the learning process. The magnitude of cognitive load during learning depends on both the complexity of the learning content and the design of the learning materials. The theory distinguishes three different types of cognitive load [29].

2.2.1. Intrinsic cognitive load

Intrinsic cognitive load (ICL) results from the inherent complexity of the content. It depends on what is called element interactivity. This refers to the question of how many elements, i.e., knowledge contents, must be processed simultaneously in working memory to understand a learning content, because individual elements can only be understood in relation to other elements. If a learning task can be managed serially, the intrinsic cognitive load is rather low – this is the case, for example, when vocabulary or technical terms need to be learned. The ICL increases when different pieces of information must be actively held in working memory simultaneously, such as when making a medical diagnosis. The learner's prior knowledge is crucial for content-related cognitive load. If they have extensive prior knowledge and thus schemata are already available in long-term memory, the intrinsic cognitive load decreases [6], [7].

2.2.2. Extraneous cognitive load

Extraneous (also: irrelevant) cognitive load (ECL) depends on the learning environment, the external characteristics of the learning material, and the general conditions during learning. These characteristics are not directly related to the processes of knowledge construction and can even disrupt them if poorly designed [6], [7]. This is the case, for example, when related information in a figure, such as an image and text, is presented spatially separated from each other. Knowledge acquisition is impaired in many situations because the extraneous load is too high. Its proportion of the total cognitive load should be as low as possible [20].

2.2.3. Germane cognitive load

Germane cognitive load (GCL) is the load required for learning and should constitute the essential part of the total cognitive load. It is thus caused by the actual understanding-based learning and contributes to learning success. It is necessary for the construction and automation of schemata in long-term memory and refers to the mental resources expended for this purpose [30]. The greater the engagement in learning-promoting cognitive processes, the higher this type of load and the better the learning or comprehension performance [6], [7]. This load can be promoted with examples and exercises that use different contexts, thus leading to more robust mental models than examples or exercises that use similar contexts [29].

2.3. Total working memory load

The three types of loads sum up to a total cognitive load that strains working memory. If the total load is too high, learning becomes less effective. By managing the intrinsic load and, above all, by reducing the extraneous load, working memory can be relieved, so that more resources are available for germane cognitive load and a greater progress in learning is possible. Figure 1 shows the three types of cognitive load and their relationship to working memory.

2.4. Studies on the modality effect and the split-attention effect

As described above, hypotheses are derived from theories and then empirically tested. Of the numerous hypotheses derivable from CLT, two frequently confirmed assumptions will be presented as examples.

2.4.1. Modality effect

The “modality effect” describes the phenomenon that complex visual displays are better understood when the explanatory words are presented in a different modality, i.e. auditory text plus visual representation). Since working

memory has different processing mechanisms for visual and auditory information, the use of two modalities allows for more efficient use of limited resources than one modality alone. In one experiment, a group of learners was presented with information on interpreting line plots purely visually, and in the other group, in two modalities [31]. The results showed that the audiovisual presentation was superior to the purely visual one. Crucial for this finding was that both sources of information were connected and essential for the comprehensibility of the material. In experiments with geometric problems, the superiority of two modalities was also demonstrated [32]. In three experiments from the field of electrical engineering, it was also shown that participants who used audiovisual materials achieved better results than participants who used a purely visual format [33]. However, these results were only achieved with instructions containing high intellectual content. A meta-analysis on the modality effect concludes that learners across different learning materials and age groups performed better when materials consisted of graphics and spoken text, compared to graphics with printed text [34]. However, the results depend on the degree of element interactivity and the presentation speed. With higher element interactivity (and thus complexity of the material), the modality effect is stronger ($d=0.72$). Furthermore, the modality effect is greater when the presentation duration is predetermined by the system compared to self-determined duration and with shorter compared to longer texts [34].

2.4.2. Effect of split attention

The “split-attention effect” states that a spatially separated presentation of related (visual) information, such as an image and its corresponding text, leads to poorer learning performance. The information should be presented spatially together, so that, for example, labels in an illustration are near the corresponding image elements [6]. The separated presentation leads to increased extraneous load [35]. A meta-analysis showed that integrated designs improve learning across many moderator variables with an overall effect size of $g=0.63$ [36].

2.5. Further studies and developments of CLT

The assumptions derived from CLT have primarily been proven for learners with low prior knowledge, but not for learners with high prior knowledge. This expertise reversal effect is found in both the split-attention effect and the modality effect [6], [37], [38]. Experimental studies have shown that the use of two modalities led to higher learning effects in novices, but this effect disappeared or even reversed with increasing expertise [39]. Furthermore, it has been shown that a so-called redundancy effect can occur when using two modalities. This effect leads to a deterioration in learning performance if the content of the auditory material is redundant to the visual material.

The redundancy effect becomes stronger when the information has a high complexity [40].

In addition to the differentiation of principles that have emerged from further research, CLT has led to the development of other theories, such as Mayer’s “cognitive theory of multimedia learning” [41], [42]. The “Cambridge handbook of multimedia learning” presents numerous findings and prepares them for practical application. The superiority of the design principles presented there has also been demonstrated in medical students [43].

Further developments relate to the foundation of CLT based on findings from evolutionary psychology and the development of new instruments to measure the different types of cognitive load [7], [44]. In addition, new constructs have been incorporated into the theory. These include working memory exhaustion and the effect of affective factors [45]. Studies show that working memory resources can be exhausted, leading to a decrease in performance. Resources can be restored through a break [46]. Affective factors such as emotions, stress, and uncertainty can not only increase extrinsic cognitive load, but also intrinsic load since affective factors are an element of many real professional situations where complex skills are required [45].

2.6. Design recommendations for medical education

To specify CLT for medical education, fifteen recommendations were discussed in an article in the journal “Medical Education” and each illustrated with an example, with which external load can be reduced, intrinsic load can be controlled, and germane load can be optimized [6]. A more recent article describes further applications of CLT in various areas of medical education [47]. Some examples will be mentioned here to clarify recommendations derived from theory.

- The split-attention principle states that multiple spatially or temporally distributed information sources should be replaced by an integrated information source. From this, it can be deduced that it is better to give students instructions for operating a medical device exactly when they are using the device, rather than informing them in advance. Furthermore, it can be deduced that it is more advantageous to distribute lecture slides beforehand so that students can focus their attention on making connections between the presented content and their prior knowledge, instead of copying the projected slides.
- When a visual computer animation is shown, e.g., the functioning of the lungs or the digestive tract, it can be deduced from the modality effect that it is better to supplement it with an oral explanation than a written explanation on the screen.
- According to the completion principle, it is better to provide pre-made tasks that only need to be partially completed. For example, if students are supposed to calculate the sensitivity and specificity of a diagnostic

test, they can be given a worksheet with tasks already partially filled in. In an operation, medical students should initially begin by taking over parts of the operation and observing the rest, instead of having to perform it completely alone immediately.

- Similar to the completion principle is the worked-example effect. Learners should be given an exemplary solution to a problem so that they can orient themselves to it and criticize it – but not have to solve the problem on their own. For inexperienced students, for example, it is better to let them criticize a pre-made treatment plan instead of having them create such a plan themselves. However, there is an important exception to this – this refers to the expertise reversal effect. As learners' competence increases, the effect of worked examples becomes less effective and eventually superfluous or even counterproductive for learning outcomes.
- According to the variability effect, higher variability in different learning exercises leads to better transfer performance. For this reason, learning tasks should vary in all dimensions in which they also vary in reality – i.e., outside the learning situation. For example, if clinical symptoms of a disease are described, they should be illustrated using patients of different genders, ages, medical histories, etc.

2.7. Further developments of CLT in medical education

As described in Section 2.5, CLT has been further developed in various areas. This also includes the development of expertise over time. In a 2021 article, the authors present a model that specifically considers this aspect in clinical practice [45]. In this recontextualization of CLT for complex professional areas such as medicine – in addition to the exhaustion of working memory and the consideration of emotions – the construction of schemas and automation are essential. By developing schemas in LTM and automating them, the load on working memory is reduced.

Experienced medical professionals develop strategies that enable them to reduce intrinsic cognitive load by constructing and automating mental schemas. This allows them to better cope with the complexity of medical cases as well as with emotions, stress, and uncertainty that their work may entail. Experienced medical professionals can also reduce their extraneous cognitive load by knowing which information in a situation is less relevant and therefore negligible. This releases capacity in working memory. This extended model needs to be verified in further studies.

Studies on other topics in medical education, such as context specificity, also show close connections to CLT. The fluctuations observed in performance during clinical decision-making (clinical reasoning) could be explained with the help of CLT, as context specificity is closely related to working memory load [48], [49].

3. Conclusion

Prospective medical professionals are confronted with an extraordinary amount of complex learning content that they must retain sustainably to be able to retrieve the necessary (action-oriented) knowledge in a given situation. Learners can be supported through the application of evidence-based teaching and learning strategies. This requires studies with high external evidence [50] that test theories also regarding their practical applicability. Cognitive Load Theory has initiated intensive research activities in the field of teaching and learning research. Numerous studies have dealt with different assumptions arising from CLT. It enables predictions on how teaching and learning processes can be designed to improve learning success. Many studies refer to the design of media, which also includes the use of presentations in lectures and seminars. The research results and the design recommendations derived from them can be relatively easily implemented by teachers, thus supporting students' learning success. A key goal in applying CLT is to relieve working memory by reducing extraneous cognitive load as much as possible, thereby making more resources available for germane load. However, it should be noted that the exact circumstances of the learning situation should be considered, as negative consequences may arise otherwise [39].

In addition to CLT, other theories – such as the ones on metacognition, self-regulation, and information processing mentioned in the introduction [8], [9] – can help to make learning processes more sustainable. Medical education research can provide information on how research findings can be specifically implemented in the training of future medical professionals.

Author's ORCID

Hiltraut Paridon: [0000-0002-8652-7350]

Competing interests

The author declares that she has no competing interests.

References

1. Lück HE, Guski-Leinwand S. Geschichte der Psychologie. 7. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer; 2004.
2. Myers DG. Psychologie. 3. Aufl. Heidelberg: Springer; 2014.
3. Wolstein J, Schütz A, Lautenbacher S. Das Studium der Psychologie und Berufsperspektiven. In: Schütz A, Brand M, Selg H, Lautenbacher S, editors. Psychologie. Eine Einführung in ihre Grundlagen und Anwendungsfelder. 5. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer; 2015. p.23-34.
4. Prinz, W, Müsseler J, Rieger M. Einleitung – Psychologie als Wissenschaft. In: Müsseler J, Rieger M, editors. Allgemeine Psychologie. Heidelberg: Springer; 2017. p.1-10. DOI: 10.1007/978-3-642-53898-8_1

5. Sweller J. Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educ Psychol Rev.* 2010;22(2):123-138. DOI: 10.1007/s10648-010-9128-5
6. van Merriënboer JJ, Sweller J. Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. *Med Educ.* 2010;44(1):85-93. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03498.x
7. Sweller J, van Merriënboer JJ, Paas F. Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educ Psychol Rev.* 2019;31:261-292. DOI: 10.1007/s10648-019-09465-5
8. Perels F, Dörrenbächer-Ulrich L, Landmann M, Otto B, Schnick-Vollmer K, Schmitz B. Selbstregulation und selbstreguliertes Lernen. In: Wild E, Möller J, editors. *Pädagogische Psychologie.* 3. Aufl. Heidelberg: Springer; 2021. p.45-66. DOI: 10.1007/978-3-662-61403-7_3
9. Gruber H, Stamouli E. Intelligenz und Vorwissen. In: Wild E, Möller J, editors. *Pädagogische Psychologie.* 3. Aufl. Heidelberg: Springer; 2021. p.25-44. DOI: 10.1007/978-3-662-61403-7_3
10. Goldacre B. Building evidence into education. London: Government Digital Service: Department for Education; 2013. DOI: 10.13140/RG.2.1.5101.8967
11. Blakemore SJ. Das Teenager-Gehirn. Frankfurt: S. Fischer; 2018.
12. Stark R. Probleme evidenzbasierter bzw. -orientierter pädagogischer Praxis. *Z Päd Psychol.* 2017;31(2):99-110. DOI: 10.1024/1010-0652/a000201
13. Rost D. Interpretation und Bewertung pädagogischer und psychologischer Studien. 4. Aufl. Stuttgart: utb; 2022. DOI: 10.36198/9783838587899
14. Deci ED, Ryan RM. Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Z Pädagogik.* 1993;39(2):223-238. DOI: 10.25656/01:11173
15. Schwarzer R, Jerusalem M, Matthias: Das Konzept der Selbstwirksamkeit. In: Jerusalem M, Hopf, D, editors. *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen.* Weinheim: Beltz; 2002. p.28-53.
16. Imhof M. Psychologie für Lehramtsstudierende. 4. Aufl. Heidelberg: Springer; 2016. DOI: 10.1007/978-3-658-11954-6
17. Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache. Theorie. Zugänglich unter/available from: <https://www.dwds.de/wb/Theorie>
18. Greve W, Thomsen T. Entwicklungspsychologie: Eine Einführung in die Erklärung menschlicher Entwicklung. Heidelberg: Springer; 2019. DOI: 10.1007/978-3-531-93432-7
19. Schumacher R, Stern E. Neurowissenschaften und Lehr-Lern-Forschung: Welches Wissen trägt zu lernwirksamem Unterricht bei? *Dtsch Schule.* 2012;104(4):383-396. DOI: 10.25656/01:25740
20. Wild E, Möller J. *Pädagogische Psychologie.* 3. Aufl. Heidelberg: Springer; 2020. DOI: 10.1007/978-3-662-61403-7
21. Plass JL, Moreno R, Brünken R. Cognitive load theory. Cambridge: University Press; 2010. DOI: 10.1017/CBO9780511844744
22. Sweller J, Ayres P, Kalyuga S. *Cognitive Load Theory.* Heidelberg: Springer; 2011. DOI: 10.1007/978-1-4419-8126-4
23. Paas F, Renkl A, Sweller J. Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture Instructional Science. *Instruct Sci.* 2004;32(1-2):1-8. DOI: 10.1023/B:TRUC.0000021806.17516.d0
24. Atkinson RC, Shiffrin RM. Human memory: A proposed system and its control processes. In: Spence K, Spence J, editors. *The psychology of learning and motivation.* New York: Academic press; 1968. p.89-195. DOI: 10.1016/S0079-7421(08)60422-3
25. Baddeley A. Exploring the Central Executive. *Quart J Ex Psycho.* 1996;49(1):5-28. DOI: 10.1080/713755608
26. Stefan B. Arbeitsgedächtnis: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft eines theoretischen Konstrukts. *Psychol Rundschau.* 2015;61(1):3-9. DOI: 10.1026/0033-3042/a000004
27. Hasselhorn M, Gold A. *Pädagogische Psychologie.* 5. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer; 2022. DOI: 10.17433/978-3-17-039783-5
28. Sweller J. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learn Instruct.* 1994;4(4):295-312. DOI: 10.1016/0959-4752(94)90003-5
29. Clark RC, Nguyen F, Sweller J. Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load. San Francisco: Pfeiffer; 2006. DOI: 10.1002/pfi.4930450920
30. Debus N, van de Leemput C. What does germane load mean? An empirical contribution to the cognitive load theory. *Front Psychol.* 2014;5:1-12. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.01099
31. Leahy W, Chandler P, Sweller J. When auditory presentation should and should not be a component of multimedia instruction. *Appl Cogn Psychol.* 2003;17(4):401-418. DOI: 10.1002/acp.877
32. Mousavi SY, Low R, Sweller J. Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *J Educ Psychol.* 1995;87(2):319-334. DOI: 10.1037/0022-0663.87.2.319
33. Tindall-Ford S, Chandler P, Sweller J. When two sensory modes are better than one. *J Ex Psychol.* 1997;3(4):257-287. DOI: 10.1037/1076-898X.3.4.257
34. Ginns P. Meta-analysis of the modality effect. *Learn Instruct.* 2005;15(4):313-331. DOI: 10.1016/j.learninstruct.2005.07.001
35. Pouw W, Rop G, de Koning B, Paas F. The cognitive basis for the split-attention effect. *J Exp Psychol Gen.* 2019;148(11):2058-2075. DOI: 10.1037/xge0000578
36. Schroeder NL, Cenkci, AT. Spatial Contiguity and Spatial Split-Attention Effects in Multimedia Learning Environments: a Meta-Analysis. *Educ Psychol Rev.* 2018; 30:679-701. DOI: 10.1007/s10648-018-9435-9
37. Kalyuga S, Chandler P, Sweller J. Levels of expertise and instructional design. *Hum Factors.* 1998;40(1):1-17. DOI: 10.1518/001872098779480587
38. Tabbers HK, Martens RL, van Merriënboer JJ. Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cueing. *Br J Educ Psychol.* 2004;74(1):71-81. DOI: 10.1348/000709904322848824
39. Kalyuga S, Chandler P, Sweller J. Incorporating learner experience into the design of multimedia instruction. *J Educ Psychol.* 2000;92:126-136. DOI: 10.1037/0022-0663.92.1.126
40. Reinwein, J. Does the modality effect exist? And if so, which modality effect? *J Psycholinguist Res.* 2012;41(1):1-32. DOI: 10.1007/s10936-011-9180-4
41. Mayer RE. Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: Mayer RE, editor. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning.* Cambridge: Cambridge University Press; 2005. p.31-48. DOI: 10.1017/CBO9780511816819.004
42. Mayer RE, Fiorella L. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning.* 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2022. DOI: 10.1017/9781108894333.003
43. Issa N, Schuller M, Santacaterina S, Shapiro M, Wang E, Mayer RE, DaRosa DA. Applying multimedia design principles enhances learning in medical education. *Med Educ.* 2011;45(8):818-826. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2011.03988.x
44. Sweller J. Cognitive load theory and individual differences. *Learn Individ Diff.* 2024;110:102423. DOI: 10.1016/j.lindif.2024.102423

45. Szulewski A, Howes D, van Merriënboer JG, Sweller J. From Theory to Practice: The Application of Cognitive Load Theory to the Practice of Medicine. *Acad Med.* 2021;96(1):24-30. DOI: 10.1097/ACM.0000000000003524
46. Leahy W, Sweller J. Cognitive load theory, resource depletion and the delayed testing effect. *Educ Psychol Rev.* 2019;31:457-478. DOI: 10.1007/s10648-019-09476-2
47. Young JQ, van Merriënboer JJ, Durning S, ten Cate O. Cognitive Load Theory: Implications for medical education: AMEE-Guide, 2014, No. 86. *Med Teach.* 2014;36(5):371-384. DOI: 10.3109/0142159X.2014.889290
48. Durning SJ, Artino AR, Boulet JR, Dorrance K, van der Vleuten C, Schuwirth L. The impact of selected contextual factors on experts' clinical reasoning performance (does context impact clinical reasoning performance in experts?). *Adv Health Sci Educ.* 2012;17(1):65-79. DOI: 10.1007/s10459-011-9294-3
49. Konopasky A, Artino AR, Battista A, Ohmer M, Hemmer PA, Torre D, Ramani D, van Merriënboer JJ, Teunissen PW, McBee E, Ratcliffe T, Durning SJ. Understanding context specificity: the effect of contextual factors on clinical reasoning. *Diagnosis (Berl).* 2020;7(3):257-264. DOI: 10.1515/dx-2020-0016
50. Mörth M, Paridon H, Enders N, Ulrich I. Psychologie als eine Grundlage der Hochschuldidaktik. Ansatz für eine interdisziplinäre Annäherung. In: Rhein R, Wildt J, editors. *Hochschuldidaktik als Wissenschaft. Disziplinäre, interdisziplinäre und transdisziplinäre Perspektiven.* Bielefeld: transcript; 2023. p.109-136. DOI: 10.1515/9783839461808-007
51. Kriegelstein F, Beege M, Rey GD, Ginns P, Krell M, Schneider S. A Systematic Meta-analysis of the Reliability and Validity of Subjective Cognitive Load Questionnaires in Experimental Multimedia Learning Research. *Educ Psychol Rev.* 2022; 34(4):2485-2541. DOI: 10.1007/s10648-022-09683-4

Corresponding author:

Hiltraut Paridon
Hochschule Fresenius, Tichystr. 10, D-01109 Dresden,
Germany
hiltraut.paridon@hs-fresenius.de

Please cite as

Paridon H. Evidence-based teaching: The examination and use of psychological theories in medical education research using the example of cognitive load theory. *GMS J Med Educ.* 2026;43(1):Doc11. DOI: 10.3205/zma001805, URN: urn:nbn:de:0183-zma0018056

This article is freely available from

<https://doi.org/10.3205/zma001805>

Received: 2025-02-04

Revised: 2025-04-30

Accepted: 2025-07-28

Published: 2026-01-15

Copyright

©2026 Paridon. 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/>.

Evidenzbasiert lehren: Die Prüfung und Nutzung von psychologischen Theorien in der medizinischen Ausbildungsforschung am Beispiel der Theorie der kognitiven Belastung

Zusammenfassung

Ein Ziel medizinischer Ausbildungsforschung besteht darin, Lehr- und Lernprozesse optimal zu gestalten, so dass die Studierenden unterstützt werden, nachhaltig Wissen und Kompetenzen zu erwerben. Hierzu beschäftigt sich die Ausbildungsforschung systematisch mit den Bedingungen und Effekten von Lehren und Lernen. Sie ist somit im Bereich der Lehr-Lernforschung angesiedelt, die eindeutig empirisch geprägt ist (und nicht etwa pädagogisch-geisteswissenschaftlich). In dem vorliegenden Artikel wird die Rolle empirisch geprüfter Theorien in der Medizinischen Ausbildungsforschung am Beispiel der Theorie der kognitiven Belastung (Cognitive Load Theory, CLT) beleuchtet. Hierzu werden zunächst einige grundlegende Aspekte der psychologischen Forschung erörtert. Es folgt die Darstellung der CLT, die auf Erkenntnissen der Gedächtnispsychologie basiert. Anhand von Erkenntnissen zum Modalitätseffekt und zum Effekt der geteilten Aufmerksamkeit wird verdeutlicht, wie Erkenntnisse aus geprüften Theorien zur Entwicklung von Lehr-/Lernmethoden und -materialien in der Praxis beitragen können und welche Grenzen hierbei existieren. Abschließend werden einige Weiterentwicklungen der CLT sowie ihre Relevanz für Mediziner*innen dargestellt.

Schlüsselwörter: Cognitive Load Theory, Lehr-Lernforschung, Psychologie, Medizinstudium

Hiltraut Paridon¹

1 Hochschule Fresenius,
Dresden, Deutschland

1. Einleitung

Die Lehr-Lernforschung geht u.a. der Frage nach, wie sich Lehr- und Lernprozesse möglichst nachhaltig gestalten lassen. Hierbei spielt die psychologische Forschung eine große Rolle. Die wissenschaftliche Psychologie ist seit dem 19. Jahrhundert in ihren Forschungsmethoden stark naturwissenschaftlich, d.h. empirisch bzw. experimentell ausgerichtet [1]. Die Psychologie beschäftigt sich mit dem Erleben und Verhalten von Organismen [2]. Ihre Aufgabe ist es, Erleben und Verhalten zu beschreiben, zu erklären, vorherzusagen und zu beeinflussen [3]. Sie betrachtet dabei die Informationsverarbeitung, Emotionen sowie das Verhalten im weitesten Sinne, so dass auch beispielsweise physiologische Vorgänge untersucht werden [4]. Wichtige Theorien für die Lehr-Lernforschung sind z.B. die Theorie der kognitiven Belastung (Cognitive Load Theory, CLT) [5], [6], [7], Theorien zur Metakognition und Selbstregulation [8] und zur Informationsverarbeitung [9]. Diese Theorien helfen, den Prozess des Lernens zu beschreiben und zu erklären. Auf ihrer Grundlage lassen sich Maßnahmen ableiten, die Lehrende und Lernende

nutzen können, um den Wissens- und Kompetenzerwerb zu verbessern.

Der vorliegende Beitrag verfolgt zwei Ziele. Zum einen soll verdeutlicht werden, wie die empirische psychologische Forschung zu fundierten wissenschaftlichen Erkenntnissen gelangt. In der Lehr-Lernforschung geht es dabei häufig um die Frage, welche Faktoren den Lernerfolg beeinflussen und wie er sich verbessern lässt. Zum zweiten sollen anhand der CLT als einer ausgewählten Theorie aus diesem Bereich konkrete Forschungsergebnisse vorgestellt werden. Da Studierende der Medizin zahlreiche komplexe Lerninhalte verstehen und nachhaltig behalten müssen, sind entsprechende Erkenntnisse von hoher Relevanz. Die CLT gehört zu den evidenzbasierten Theorien, aus denen sich konkrete Handlungsempfehlungen für Lehren und Lernen ableiten lassen, die sich dann in der Ausbildungsforschung wiederum empirisch überprüfen lassen.

1.1. Studiendesigns in der wissenschaftlichen Psychologie

In der wissenschaftlichen Psychologie werden – wie in der Medizin – hochwertige Studien gefordert, mit denen

sich Kausalzusammenhänge nachweisen lassen. Während in der Medizin von randomisierten, kontrollierten Studien (Randomized Control Trial, RCT) gesprochen wird, wird in der Psychologie in der Regel der Begriff des Experiments verwendet [2]. Dieses Studiendesign wird von verschiedenen Wissenschaftler*innen auch für pädagogische Fragestellungen gefordert [10], [11]. Es gibt jedoch ebenso andere Positionen, so dass sich im deutschsprachigen Raum im pädagogischen Bereich ein eher liberaler Methodenpluralismus in Bezug auf den Evidenzbegriff entwickelt hat, was durchaus kritisch diskutiert wird [12]. Ein Studiendesign, das in der psychologisch-pädagogischen Forschung häufiger vorkommt als in der Medizin ist das „Quasi-Experiment“. Hier gibt es wie beim Experiment eine Kontrollgruppe – es findet allerdings keine zufällige Zuweisung der Teilnehmenden zu den Bedingungen statt. Dies ist z.B. der Fall, wenn zwei Gruppen von Lernenden (z.B. zwei Schulklassen) bereits existieren und die eine Gruppe eine Intervention erhält, während die andere Gruppe als Kontrollgruppe dient [13].

1.2. Ursachenforschung auf Basis von Theorien

Da Prozesse der Informationsverarbeitung sowie emotionale Prozesse einer direkten Beobachtung nicht zugänglich sind, müssen die entsprechenden mentalen und affektiven Prozesse aus dem Verhalten erschlossen werden [2]. Im pädagogischen Bereich geht es z.B. um die Frage, warum ein*e Studierende*r eine Prüfung gut besteht. Ursachen können sein, dass die Person aufgrund hoher Motivation und Selbstwirksamkeit ausdauernd gelernt [14], [15] und darüber hinaus wirksame Lernstrategien verwendet hat [16]. Um die zutreffenden Ursachen herauszufinden (die dann wiederum die Basis für eine erfolgreiche Verhaltensänderung bei schlechteren Studierenden sein können), werden Studien durchgeführt, die auf zuvor entwickelten Theorien basieren. Da viele (menschliche) Verhaltensweisen multifaktoriell bedingt sind, werden unterschiedliche Theorien benötigt, die Annahmen darüber ermöglichen, welches Verhalten unterschiedliche Menschen in unterschiedlichen Situationen zeigen.

1.3. Wissenschaftliche Theorien und empirische Überprüfbarkeit

Unter einer wissenschaftlichen Theorie wird ein komplexes und geordnetes System von Annahmen verstanden, das Zusammenhänge erklären kann. Es handelt sich um ein Erklärungsmodell, das Vorhersagen erlaubt, wobei das Modell zum einen verallgemeinert – da es nicht um Einzelfallbetrachtungen geht – und zum anderen reduziert – da nicht alle Wirkfaktoren überprüft werden können [17]. Die Vorhersagen, die sich ableiten lassen, werden als Hypothesen formuliert, die dann wiederum mit empirischen Studien bestätigt oder widerlegt werden können. Hierzu gehört z.B. die Annahme, dass Personen mit hoher Selbstwirksamkeit mit größerer Ausdauer ein Ziel verfol-

gen als Personen mit niedriger Selbstwirksamkeit [15]. An wissenschaftliche Theorien werden bestimmte Anforderungen gestellt. Es müssen empirisch überprüfbare Annahmen ableitbar sein, die sich auch als falsch herausstellen können (Falsifikationsprinzip). Ist dies nicht möglich, handelt es sich um eine nicht-wissenschaftliche Theorie [2]. Das Prinzip der Falsifikation ist wesentlich für die empirischen Wissenschaften, da sie grundsätzlich nach Widerlegung suchen [18].

1.4. Psychologie und Neurowissenschaften

Psychologische Theorien und die empirische Überprüfung hieraus ableitbarer Hypothesen bleiben trotz der deutlichen Entwicklungen in den Neurowissenschaften unabhängig. Neurowissenschaften tragen zum Verständnis von Hirnprozessen bei und können beispielsweise kognitive Leistungsstörungen besser erklären helfen, sie geben jedoch keine Hinweise darauf, wie Informationen aufbereitet werden sollen, so dass sie effektiver im Gedächtnis verarbeitet und gespeichert werden können. Die Unterscheidung zwischen dem physisch existierenden Gehirn sowie den für geistige und emotionale Prozesse relevanten Konstrukten (wie z.B. Intelligenz, Selbstwirksamkeit, Motivation), die kein physisches Pendant haben, bleibt weiterhin von großer Bedeutung [19].

2. Die Cognitive Load Theory als Beispiel für eine pädagogisch-psychologische Theorie

Die Theorie der kognitiven Belastung (Cognitive Load Theory, CLT) von Sweller und Kollegen [5], [6], [7] ist eine bekannte Theorie zum Wissenserwerb [20]. Sie stellt eine Grundlage für zahlreiche empirische Untersuchungen in verschiedenen Anwendungsgebieten dar, wie das Lernen mit Medien, das Lernen aus Lösungsbeispielen und den Expertise-Erwerb [21], [22]. Die CLT befasst sich vor allem mit dem Lernen komplexer kognitiver Inhalte. Lernende werden häufig von der Anzahl der Informationselemente und ihren Zusammenhängen, die gleichzeitig verarbeitet werden müssen, überwältigt, so dass kein sinnvolles Lernen möglich ist. Wie die Gestaltung der Lehre dazu beitragen kann, diese (zu) hohe Belastung zu reduzieren, um in komplexen kognitiven Bereichen sinnvoll lernen zu können, ist zum Schwerpunkt der CLT geworden. Die Theorie geht davon aus, dass Lernen am besten unter Bedingungen erfolgt, die mit der menschlichen kognitiven Architektur übereinstimmen. Dabei stellt sie das Arbeitsgedächtnis ins Zentrum ihrer Betrachtung [23].

2.1. Grundlegende gedächtnis-psychologische Modellvorstellungen

Die Erforschung des menschlichen Gedächtnisses erlebte mit der „kognitiven Wende“ großen Aufschwung, wobei ein wichtiges Ereignis die Entwicklung einer Theorie des Kurzzeitgedächtnisses darstellte [24]. Obwohl diese Theorie bereits seit Längerem als überholt bzw. widerlegt gilt, ist sie weiterhin in (nicht-psychologischen) Lehrbüchern zu finden. In Abgrenzung hierzu wurde die Theorie des Arbeitsgedächtnisses entwickelt, das zwar auch kapazitätsbegrenzt ist, aber ein aktiv arbeitendes Gedächtnissystem darstellt [25]. Das Arbeitsgedächtnis enthält eine sogenannte „artikulatorische Schleife“ für verbales Material sowie einen „räumlich-visuellen“ Notizblock für visuelles Material [26]. Die Schleife und der Notizblock stellen Hilfssysteme dar, um Informationen verfügbar zu halten und ihr Einsatz wird von einer zentralen Exekutive kontrolliert. Es werden daneben Informationen aus dem Langzeitgedächtnis (LZG) herangezogen, um Probleme zu lösen oder Informationen abzugleichen. Informationen können auch ohne Verweildauer im Arbeitsgedächtnis ins LZG gelangen [25]. Im LZG werden unterschiedliche Speicher- und Wissensarten unterschieden. Für die CLT besonders bedeutsam ist das semantische Gedächtnis, das Fakten, Konzepte, Prinzipien und Regeln enthält [27]. Laut Modellvorstellungen werden die Inhalte im semantischen Gedächtnis in einer hierarchischen Netzwerkstruktur sowie in Schemata gespeichert. Bei den Schemata handelt es sich um übergeordnete mentale Wissensstrukturen, die Informationen über Gegenstände, Situationen und Inhalte in abstrakter, generalisierter Form enthalten und Verstehen ermöglichen. Nach intensiver Übung können sie automatisiert ablaufen (z.B. Lesen) und somit das Arbeitsgedächtnis entlasten, so dass die kognitiven Kapazitäten für andere Funktionen bereitstehen [23], [25].

2.2. Arten kognitiver Belastung des Arbeitsgedächtnisses

Die CLT geht davon aus, dass jeder Lernprozess eine kognitive Belastung des Arbeitsgedächtnisses darstellt [28]. Da die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses begrenzt ist, sollte die gesamte kognitive Belastung die Kapazität möglichst nicht übersteigen, da sich dies negativ auf den Lernprozess auswirken würde. Die Größe der kognitiven Belastung beim Lernen hängt sowohl von der Komplexität der Lerninhalte sowie von der Gestaltung der Lernmaterialien ab. Die Theorie unterscheidet drei verschiedene Arten der kognitiven Belastung [29].

2.2.1. Intrinsische kognitive Belastung

Die intrinsische (auch: inhaltsbedingte) Belastung ergibt sich aus der Komplexität des Inhalts. Sie ist abhängig von der sogenannten Elementinteraktivität. Hierbei geht

es um die Frage, wie viele Elemente, d.h. Wissensinhalte gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis verarbeitet werden müssen, um einen Lerninhalt zu verstehen. Wenn eine Lernaufgabe seriell bewältigt werden kann, ist die intrinsische kognitive Belastung eher gering – dies ist beispielsweise der Fall, wenn Vokabeln oder Fachbegriffe gelernt werden müssen. Die intrinsische kognitive Belastung steigt, wenn verschiedene Informationen gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis aktiv gehalten werden müssen, wie z.B. bei der Erstellung einer Krankheitsdiagnose. Ganz wesentlich für die inhaltsbedingte kognitive Belastung ist das Vorwissen der lernenden Person. Hat sie viel Vorwissen und stehen somit bereits Schemata im LZG zur Verfügung, sinkt die intrinsische kognitive Belastung [6], [7].

2.2.2. Extrinsische kognitive Belastung

Die extrinsische (auch: sachfremde) Belastung hängt von der Lernumgebung, den äußeren Merkmalen des Lernmaterials und den Rahmenbedingungen beim Lernen ab. Diese Merkmale stehen nicht in einem direkten Zusammenhang mit den Prozessen der Wissenskonstruktion und können diese bei ungünstiger Gestaltung sogar stören [6], [7]. Dies ist z.B. der Fall, wenn in einer Grafik zusammengehörende Informationen wie Bild und Text räumlich getrennt voneinander dargestellt werden. Wissenserwerb wird in vielen Situationen dadurch beeinträchtigt, dass die extrinsische Belastung zu hoch ist. Ihr Anteil an der gesamten kognitiven Belastung sollte möglichst gering sein [20].

2.2.3. Lernrelevante kognitive Belastung

Die lernrelevante kognitive Belastung ist die zum Lernen erforderliche Belastung und sollte den wesentlichen Anteil an der gesamten kognitiven Belastung ausmachen. Sie wird also durch das eigentliche verstehende Lernen verursacht und trägt zum Lernerfolg bei. Sie ist für die Konstruktion und Automatisierung von Schemata im LZG erforderlich und bezieht sich auf die mentalen Ressourcen, die hierfür aufgewendet werden [30]. Je größer das Engagement in lernförderliche kognitive Prozesse ist, umso höher ist diese Art der Belastung und desto besser ist die Lern- bzw. Verständnisleistung [6], [7]. Diese Belastung lässt sich mit Beispielen und Übungen fördern, die unterschiedliche Kontexte nutzen und somit zu robusteren mentalen Modellen führen als Beispiele oder Übungen, die ähnliche Kontexte verwenden [29].

2.3. Gesamtbelastung des Arbeitsgedächtnisses

Die drei Arten der Belastung summieren sich zu einer Gesamtbelastung, die das Arbeitsgedächtnis beansprucht. Ist die Gesamtbelastung zu hoch, wird das Lernen weniger effektiv. Durch eine Steuerung der intrinsischen Belastung und v. a. durch eine Reduktion der extrinsischen Belastung lässt sich das Arbeitsgedächtnis entlasten, so dass

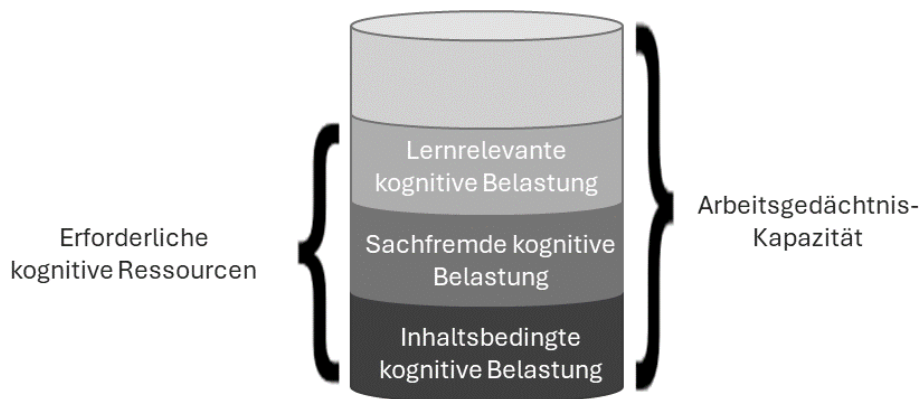


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Theorie der kognitiven Belastung (eigene Darstellung in Anlehnung an [51])

mehr Ressourcen für die lernrelevante kognitive Belastung zur Verfügung stehen und ein höherer Lernzuwachs möglich ist. Abbildung 1 zeigt die drei Arten kognitiver Belastung und ihren Zusammenhang zum Arbeitsgedächtnis.

2.4. Studien zum Modalitätseffekt und zum Effekt der geteilten Aufmerksamkeit

Wie weiter oben dargestellt, werden aus Theorien Hypothesen abgeleitet, die dann empirisch geprüft werden. Von den zahlreichen aus der CLT ableitbaren Hypothesen sollen in diesem Beitrag zwei vielfach bestätigte Annahmen exemplarisch vorgestellt werden.

2.4.1. Modalitätseffekt

Der „modality Effect“ bezeichnet das Phänomen, dass komplexe visuelle Darstellungen besser verstanden werden, wenn die erklärenden Worte auditiv präsentiert werden, als wenn sie visuell dargeboten werden [6]. Da das Arbeitsgedächtnis über unterschiedliche Verarbeitungsmechanismen für visuelle und auditive Informationen verfügt, ermöglicht die Verwendung von zwei Modalitäten eine effizientere Nutzung der begrenzten Ressourcen als eine Modalität allein. In einem Experiment wurden einer Gruppe von Lernenden Informationen zur Interpretation von Liniendiagrammen rein visuell präsentiert und in der anderen Gruppe in zwei Modalitäten [31]. Die Ergebnisse zeigten, dass die audiovisuelle Darbietung der rein visuellen überlegen war. Entscheidend für diesen Befund war, dass beide Informationsquellen miteinander verbunden und für die Verständlichkeit des Materials unerlässlich waren. In Experimenten mit geometrischen Fragestellungen konnte ebenfalls die Überlegenheit von zwei Modalitäten gezeigt werden [32]. In drei Experimenten aus dem Bereich der Elektrotechnik zeigte sich ebenso, dass Teilnehmende, die audiovisuelle Materialien nutzten, bessere Ergebnisse erzielten als Teilnehmende, die ein rein visuelles Format verwendeten [33]. Diese Ergebnisse wurden aber nur bei Instruktionen mit hohem intellektuellem Inhalt erzielt. Eine Meta-Analyse zum Modalitätseffekt kommt zu dem Schluss, dass Lernende

über unterschiedliche Lehrmaterialien und Altersgruppen hinweg besser abschnitten, wenn die Materialien aus Grafiken und gesprochenem Text bestanden, verglichen zu Grafiken mit gedrucktem Text [34]. Die Ergebnisse hängen jedoch von dem Grad der Elementinteraktivität sowie von der Präsentationsgeschwindigkeit ab. Bei höherer Elementinteraktivität (und somit Komplexität des Materials) ist der Modalitätseffekt stärker (Cohen's $d=0.72$). Außerdem ist der Modalitätseffekt größer, wenn die Präsentationsdauer vom System vorgegeben ist im Vergleich zur selbstbestimmten Dauer und bei kürzeren im Vergleich zu längeren Texten [34].

2.4.2. Effekt der geteilten Aufmerksamkeit

Der „Split-attention effect“ besagt, dass eine räumlich getrennte Darstellung von aufeinander bezogenen (visuellen) Informationen, wie z.B. ein Bild und ein dazugehöriger Text zu schlechteren Lernleistungen führt. Die Informationen sollten räumlich zusammen dargestellt werden, so dass sich z.B. Beschriftungen in einer Abbildung in unmittelbarer Nähe zu den entsprechenden Bildelementen befinden [6]. Die getrennte Darstellung führt zu erhöhter externer Belastung [35]. In einer Meta-Analyse zeigte sich, dass integrierte Designs das Lernen über viele Moderatorvariablen hinweg verbessern mit einer Gesamteffektstärke von Hedges' $g=0,63$ [36].

2.5. Weiterführende Studien und Entwicklungen der CLT

Die Annahmen, die sich aus der CLT ableiten lassen, wurden vor allem für Lernende mit geringem Vorwissen belegt, nicht aber für Lernende mit hohem Vorwissen. Dieser Expertise-Umkehr-Effekt (Expertise Reversal Effect) findet sich sowohl bei dem Effekt der geteilten Aufmerksamkeit als auch bei dem Modalitätseffekt [6], [37], [38]. In experimentellen Studien wurde gezeigt, dass die Verwendung von zwei Modalitäten bei Novizen zu höheren Lerneffekten führte, dieser Effekt jedoch mit Zunahme der Expertise verschwand bzw. sich sogar umkehrte [39]. Außerdem hat sich gezeigt, dass bei der Verwendung von zwei Modalitäten ein sogenannter Redundanzeffekt entstehen kann. Dieser Effekt führt zu einer Verschlechterung

rung der Lernleistung, wenn die Inhalte des auditiven Materials redundant zum visuellen Material sind. Der Redundanzeffekt wird stärker, wenn die Informationen eine hohe Komplexität aufweisen [40].

Neben der Differenzierung der Prinzipien, die sich aus weiterer Forschung ergeben haben, hat die CLT zur Entwicklung weiterer Theorien geführt, wie z.B. der „Kognitiven Theorie des multimedialen Lernens“ von Mayer [41], [42]. Im „The Cambridge Handbook of Multimedia Learning“ werden zahlreiche Erkenntnisse dargestellt und für die praktische Anwendung aufbereitet. Die Überlegenheit der dort vorgestellten Designprinzipien konnte auch bei Medizinstudierenden gezeigt werden [43].

Weitere Entwicklungen betreffen die Fundierung der CLT auf der Grundlage von Befunden der Evolutionspsychologie und die Entwicklung neuer Instrumente, um die verschiedenen Arten kognitiver Belastung zu messen [7], [44]. Darüber hinaus wurden neue Konstrukte in die Theorie aufgenommen. Hierzu gehören die Erschöpfung des Arbeitsgedächtnisses sowie die Wirkung von affektiven Faktoren [45]. Untersuchungen zeigen, dass die Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses erschöpft sein können, so dass die Leistung sinkt. Durch eine Pause lassen sich die Ressourcen wieder herstellen [46]. Affektive Faktoren wie Emotionen, Stress und Unsicherheit können nicht nur die extrinsische kognitive Belastung erhöhen, sondern auch die intrinsische, da die Faktoren ein Merkmal vieler realer beruflicher Situationen darstellen, in denen komplexe Fähigkeiten erforderlich sind [45].

2.6. Gestaltungsempfehlungen für die medizinische Lehre

Um die CLT für die medizinische Ausbildung zu konkretisieren, wurden in einem Beitrag in der Zeitschrift „Medical Education“ fünfzehn Empfehlungen erörtert und jeweils mit einem Beispiel illustriert, mit denen die externe Last verringert, die inhaltsbedingte Last gesteuert und die lernrelevante Last optimiert werden kann [6]. In einem neueren Artikel werden weitere Anwendungen der CLT in verschiedenen Bereichen der medizinischen Ausbildung beschrieben [47]. Einige Beispiele sollen an dieser Stelle genannt werden, um aus der Theorie abgeleitete Empfehlungen zu verdeutlichen.

- Das Prinzip der geteilten Aufmerksamkeit besagt, dass mehrere räumlich oder zeitlich verteilte Informationsquellen durch eine integrierte Informationsquelle ersetzt werden sollten. Hieraus lässt sich ableiten, dass es besser ist, den Studierenden die Anweisungen für die Bedienung eines medizinischen Geräts genau dann zu geben, wenn sie das Gerät verwenden, anstatt sie im Voraus darüber zu informieren. Weiterhin lässt sich ableiten, dass es günstiger ist, Vorlesungsfolien im Vorfeld zu verteilen, damit die Studierenden ihre Aufmerksamkeit darauf richten können, Verbindungen zwischen den präsentierten Inhalten und ihrem Vorwissen herzustellen, anstatt die projizierten Folien zu kopieren.

- Wenn eine visuelle Computeranimation gezeigt wird, z.B. die Funktionsweise der Lunge oder des Verdauungstrakts, lässt sich aus dem Modalitätseffekt ableiten, dass es besser ist, eine mündliche Erklärung zu ergänzen als eine schriftliche Erklärung auf dem Bildschirm.
- Gemäß dem Prinzip der Vervollständigung (completion principle), ist es besser, vorgefertigte Aufgaben zu geben, die nur teilweise bearbeitet werden müssen. Wenn die Studierenden beispielsweise die Sensitivität und Spezifität eines diagnostischen Tests berechnen sollen, kann man ihnen ein Arbeitsblatt mit bereits zum Teil ausgefüllten Aufgaben geben. Bei einer Operation sollten die Medizinstudierenden zunächst damit beginnen, Teile der Operation zu übernehmen und den Rest zu hospitieren, statt sie sofort vollständig allein durchführen zu müssen.
- Ähnlich wie das Prinzip der Vervollständigung ist der Effekt ausgearbeiteter Lösungsbeispiele (worked-Example-Effect). Lernenden soll beispielhaft die Lösung eines Problems an die Hand gegeben werden, so dass sie sich an ihr orientieren und sie kritisieren können – das Problem aber nicht eigenständig lösen müssen. Bei unerfahrenen Studierenden ist es beispielsweise besser, sie einen vorgefertigten Behandlungsplan kritisieren zu lassen, anstatt sie selbst einen solchen Plan erstellen zu lassen. Es gibt hierzu jedoch eine wichtige Ausnahme – dieser bezieht sich auf den Expertise-Umkehr-Effekt. Mit zunehmender Kompetenz der Lernenden wird der Effekt der ausgearbeiteten Lösungsbeispiele immer weniger wirksam und schließlich überflüssig oder sogar kontraproduktiv für die Lernergebnisse.
- Gemäß dem Variabilitätseffekt führt eine höhere Variabilität in unterschiedlichen Lernübungen zu besseren Transferleistungen. Aus diesem Grund sollten die Lernaufgaben in all den Dimensionen variieren, in denen sie auch in der Realität – also außerhalb der Lernsituation - variieren. Wenn z.B. klinische Symptome einer Erkrankung beschrieben werden, sollten sie anhand von Patient*innen mit unterschiedlichem Geschlecht, Alter, Krankengeschichte usw. illustriert werden.

2.7. Weiterentwicklung der CLT in der medizinischen Ausbildung

Wie in Abschnitt 2.5. beschrieben, wurde die CLT in verschiedenen Bereichen weiterentwickelt. Hierzu gehört auch die Entwicklung von Expertise im Verlauf der Zeit. In einem Beitrag von 2021 stellen die Autoren ein Modell vor, das diesen Aspekt speziell in der klinischen Praxis berücksichtigt [45]. In dieser Rekontextualisierung der CLT für komplexe professionelle Bereiche wie die Medizin, sind – neben der Erschöpfung des Arbeitsgedächtnisses und der Berücksichtigung von Emotionen – die Konstruktion von Schemata und Automatisierung wesentlich. Durch die Entwicklung von Schemata im LZG und deren

Automatisierung wird die Belastung des Arbeitsgedächtnisses reduziert.

Erfahrene Mediziner*innen entwickeln Strategien, die es ermöglichen, die intrinsische kognitive Belastung zu verringern, indem sie mentale Schemata konstruieren und automatisieren. So können sie besser mit der Komplexität des medizinischen Falls sowie mit Emotionen, Stress und Unsicherheit umgehen, die ihre Arbeit mit sich bringen kann. Erfahrene Mediziner*innen können darüber hinaus ihre externe kognitive Belastung verringern, indem sie wissen, welche Informationen in einer Situation weniger relevant sind, die sich somit zurückstellen lassen können. So wird Kapazität im Arbeitsgedächtnis freigegeben. Dieses erweiterte Modell gilt es, in weiteren Studien zu überprüfen.

Studien zu anderen Themen der medizinischen Ausbildung, wie z.B. der Kontextspezifität zeigen ebenfalls enge Bezüge zur CLT. Die Schwankungen, die sich in den Leistungen bei klinischen Entscheidungsfindungen (clinical reasoning) zeigen, könnten sich mit Hilfe der CLT erklären lassen, da die Kontextspezifität eng mit der Belastung des Arbeitsgedächtnisses zusammenhängt [48], [49].

3. Fazit

Angehende Mediziner*innen werden mit einer außerordentlichen Menge komplexer Lerninhalte konfrontiert, die sie nachhaltig speichern müssen, um das in einer Situation erforderliche (Handlungs-)Wissen abrufen zu können. Durch die Anwendung evidenzbasierter Lehr- und Lernstrategien können die Lernenden unterstützt werden. Hierfür sind Studien mit hoher externer Evidenz erforderlich [50], in denen Theorien (auch hinsichtlich ihrer praktischen Anwendbarkeit) geprüft werden. Die Theorie der kognitiven Belastung hat intensive Forschungsaktivitäten im Bereich der Lehr-Lernforschung initiiert. Zahlreiche Untersuchungen haben sich mit unterschiedlichen Annahmen beschäftigt, die sich aus der CLT ergeben. Sie ermöglicht Vorhersagen, wie sich Lehr-Lernprozesse so gestalten lassen, dass sich der Lernerfolg verbessert. Viele Untersuchungen beziehen sich auf die Gestaltung von Medien, wozu auch die Nutzung von Präsentationen in Vorlesungen und Seminaren gehört. Die Forschungsergebnisse und hieraus abgeleiteten Gestaltungsempfehlungen lassen sich von Lehrenden relativ leicht umsetzen und unterstützen so den Lernerfolg der Studierenden. Wesentliches Ziel bei der Anwendung der CLT ist es, das Arbeitsgedächtnis zu entlasten, indem die sachfremde kognitive Belastung so weit wie möglich verringert wird und so mehr Ressourcen für die lernrelevante Belastung zur Verfügung stehen. Es ist aber zu beachten, dass die genauen Umstände der Lernsituation berücksichtigt werden sollten, da es sonst zu negativen Folgen kommen kann [39].

Neben der CLT können weitere Theorien – wie die in der Einleitung genannten Theorien zur Metakognition, Selbstregulation und Informationsverarbeitung [8], [9] –

helfen, Lernprozesse nachhaltiger zu gestalten. Die medizinische Ausbildungsforschung kann Informationen bereitstellen, wie Erkenntnisse aus der Forschung konkret bei der Ausbildung angehender Mediziner*innen umgesetzt werden können.

ORCID der Autorin

Hiltraut Paridon: [0000-0002-8652-7350]

Interessenkonflikt

Die Autorin erklärt, dass sie keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit diesem Artikel hat.

Literatur

1. Lück HE, Guski-Leinwand S. Geschichte der Psychologie. 7. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer; 2004.
2. Myers DG. Psychologie. 3. Aufl. Heidelberg: Springer; 2014.
3. Wolstein J, Schütz A, Lautenbacher S. Das Studium der Psychologie und Berufsperspektiven. In: Schütz A, Brand M, Selg H, Lautenbacher S, editors. Psychologie. Eine Einführung in ihre Grundlagen und Anwendungsfelder. 5. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer; 2015. p.23-34.
4. Prinz, W, Müsseler J, Rieger M. Einleitung – Psychologie als Wissenschaft. In: Müsseler J, Rieger M, editors. Allgemeine Psychologie. Heidelberg: Springer; 2017. p.1-10. DOI: 10.1007/978-3-642-53898-8_1
5. Sweller J. Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educ Psychol Rev.* 2010;22(2):123-138. DOI: 10.1007/s10648-010-9128-5
6. van Merriënboer JJ, Sweller J. Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. *Med Educ.* 2010;44(1):85-93. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03498.x
7. Sweller J, van Merriënboer JJ, Paas F. Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educ Psychol Rev.* 2019;31:261-292. DOI: 10.1007/s10648-019-09465-5
8. Perels F, Dörrenbächer-Ulrich L, Landmann M, Otto B, Schnick-Vollmer K, Schmitz B. Selbstregulation und selbstreguliertes Lernen. In: Wild E, Möller J, editors. Pädagogische Psychologie. 3. Aufl. Heidelberg: Springer; 2021. p.45-66. DOI: 10.1007/978-3-662-61403-7_3
9. Gruber H, Stamouli E. Intelligenz und Vorwissen. In: Wild E, Möller J, editors. Pädagogische Psychologie. 3. Aufl. Heidelberg: Springer; 2021. p.25-44. DOI: 10.1007/978-3-662-61403-7_3
10. Goldacre B. Building evidence into education. London: Government Digital Service: Department for Education; 2013. DOI: 10.13140/RG.2.1.5101.8967
11. Blakemore SJ. Das Teenager-Gehirn. Frankfurt: S. Fischer; 2018.
12. Stark R. Probleme evidenzbasierter bzw. -orientierter pädagogischer Praxis. *Z Päd Psychol.* 2017;31(2):99-110. DOI: 10.1024/1010-0652/a000201
13. Rost D. Interpretation und Bewertung pädagogischer und psychologischer Studien. 4. Aufl. Stuttgart: utb; 2022. DOI: 10.36198/9783838587899

14. Deci ED, Ryan RM. Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Z Pädagogik*. 1993;39(2):223-238. DOI: 10.25656/01:11173
15. Schwarzer R, Jerusalem M, Matthias: Das Konzept der Selbstwirksamkeit. In: Jerusalem M, Hopf, D, editors. *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen*. Weinheim: Beltz; 2002. p.28-53.
16. Imhof M. *Psychologie für Lehramtsstudierende*. 4. Aufl. Heidelberg: Springer; 2016. DOI: 10.1007/978-3-658-11954-6
17. Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache. Theorie. Zugänglich unter/available from: <https://www.dwds.de/wb/Theorie>
18. Greve W, Thomsen T. *Entwicklungspsychologie: Eine Einführung in die Erklärung menschlicher Entwicklung*. Heidelberg: Springer; 2019. DOI: 10.1007/978-3-531-93432-7
19. Schumacher R, Stern E. Neurowissenschaften und Lehr-Lern-Forschung: Welches Wissen trägt zu lernwirksamem Unterricht bei? *Dtsch Schule*. 2012;104(4):383-396. DOI: 10.25656/01:25740
20. Wild E, Möller J. *Pädagogische Psychologie*. 3. Aufl. Heidelberg: Springer; 2020. DOI: 10.1007/978-3-662-61403-7
21. Plass JL, Moreno R, Brünken R. *Cognitive load theory*. Cambridge: University Press; 2010. DOI: 10.1017/CBO9780511844744
22. Sweller J, Ayres P, Kalyuga S. *Cognitive Load Theory*. Heidelberg: Springer; 2011. DOI: 10.1007/978-1-4419-8126-4
23. Paas F, Renkl A, Sweller J. *Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture*. *Instructional Science*. 2004;32(1-2):1-8. DOI: 10.1023/B:TRUC.0000021806.17516.d0
24. Atkinson RC, Shiffrin RM. Human memory: A proposed system and its control processes. In: Spence K, Spence J, editors. *The psychology of learning and motivation*. New York: Academic press; 1968. p.89-195. DOI: 10.1016/S0079-7421(08)60422-3
25. Baddeley A. Exploring the Central Executive. *Quart J Ex Psycho*. 1996;49(1):5-28. DOI: 10.1080/713755608
26. Stefan B. Arbeitsgedächtnis: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft eines theoretischen Konstrukts. *Psychol Rundschau*. 2015;61(1):3-9. DOI: 10.1026/0033-3042/a000004
27. Hasselhorn M, Gold A. *Pädagogische Psychologie*. 5. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer; 2022. DOI: 10.17433/978-3-17-039783-5
28. Sweller J. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learn Instruct*. 1994;4(4):295-312. DOI: 10.1016/0959-4752(94)90003-5
29. Clark RC, Nguyen F, Sweller J. *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. San Francisco: Pfeiffer; 2006. DOI: 10.1002/pfi.4930450920
30. Dehue N, van de Leemput C. What does germane load mean? An empirical contribution to the cognitive load theory. *Front Psychol*. 2014;5:1-12. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.01099
31. Leahy W, Chandler P, Sweller J. When auditory presentation should and should not be a component of multimedia instruction. *Appl Cogn Psychol*. 2003;17(4):401-418. DOI: 10.1002/acp.877
32. Mousavi SY, Low R, Sweller J. Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *J Educ Psychol*. 1995;87(2):319-334. DOI: 10.1037/0022-0663.87.2.319
33. Tindall-Ford S, Chandler P, Sweller J. When two sensory modes are better than one. *J Ex Psychol*. 1997;3(4):257-287. DOI: 10.1037/1076-898X.3.4.257
34. Ginns P. Meta-analysis of the modality effect. *Learn Instruct*. 2005;15(4):313-331. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2005.07.001
35. Pouw W, Rop G, de Koning B, Paas F. The cognitive basis for the split-attention effect. *J Exp Psychol Gen*. 2019;148(11):2058-2075. DOI: 10.1037/xge0000578
36. Schroeder NL, Cenkci, AT. Spatial Contiguity and Spatial Split-Attention Effects in Multimedia Learning Environments: a Meta-Analysis. *Educ Psychol Rev*. 2018; 30:679-701. DOI: 10.1007/s10648-018-9435-9
37. Kalyuga S, Chandler P, Sweller J. Levels of expertise and instructional design. *Hum Factors*. 1998;40(1):1-17. DOI: 10.1518/001872098779480587
38. Tabbers HK, Martens RL, van Merriënboer JJ. Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cueing. *Br J Educ Psychol*. 2004;74(1):71-81. DOI: 10.1348/000709904322848824
39. Kalyuga S, Chandler P, Sweller J. Incorporating learner experience into the design of multimedia instruction. *J Educ Psychol*. 2000;92:126-136. DOI: 10.1037/0022-0663.92.1.126
40. Reinwein, J. Does the modality effect exist? And if so, which modality effect? *J Psycholinguist Res*. 2012;41(1):1-32. DOI: 10.1007/s10936-011-9180-4
41. Mayer RE. *Cognitive Theory of Multimedia Learning*. In: Mayer RE, editor. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press; 2005. p.31-48. DOI: 10.1017/CBO9780511816819.004
42. Mayer RE, Fiorella L. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2022. DOI: 10.1017/9781108894333.003
43. Issa N, Schuller M, Santacaterina S, Shapiro M, Wang E, Mayer RE, DaRosa DA. Applying multimedia design principles enhances learning in medical education. *Med Educ*. 2011;45(8):818-826. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2011.03988.x
44. Sweller J. Cognitive load theory and individual differences. *Learn Individ Diff*. 2024;110:102423. DOI: 10.1016/j.lindif.2024.102423
45. Szulewski A, Howes D, van Merriënboer JJG, Sweller J. From Theory to Practice: The Application of Cognitive Load Theory to the Practice of Medicine. *Acad Med*. 2021;96(1):24-30. DOI: 10.1097/ACM.0000000000003524
46. Leahy W, Sweller J. Cognitive load theory, resource depletion and the delayed testing effect. *Educ Psychol Rev*. 2019;31:457-478. DOI: 10.1007/s10648-019-09476-2
47. Young JQ, van Merriënboer JJ, Durning S, ten Cate O. Cognitive Load Theory: Implications for medical education: AMEE-Guide, 2014, No. 86. *Med Teach*. 2014;36(5):371-384. DOI: 10.3109/0142159X.2014.889290
48. Durning SJ, Artino AR, Boulet JR, Dorrance K, van der Vleuten C, Schuwirth L. The impact of selected contextual factors on experts' clinical reasoning performance (does context impact clinical reasoning performance in experts?). *Adv Health Sci Educ*. 2012;17(1):65-79. DOI: 10.1007/s10459-011-9294-3
49. Konopasky A, Artino AR, Battista A, Ohmer M, Hemmer PA, Torre D, Ramani D, van Merriënboer JJ, Teunissen PW, McBee E, Ratcliffe T, Durning SJ. Understanding context specificity: the effect of contextual factors on clinical reasoning. *Diagnosis (Berl)*. 2020;7(3):257-264. DOI: 10.1515/dx-2020-0016
50. Mörth M, Paridon H, Enders N, Ulrich I. *Psychologie als eine Grundlage der Hochschuldidaktik. Ansatz für eine interdisziplinäre Annäherung*. In: Rhein R, Wildt J, editors. *Hochschuldidaktik als Wissenschaft. Disziplinäre, interdisziplinäre und transdisziplinäre Perspektiven*. Bielefeld: transcript; 2023. p.109-136. DOI: 10.1515/978383839461808-007

51. Krieglstein F, Beege M, Rey GD, Ginns P, Krell M, Schneider S. A Systematic Meta-analysis of the Reliability and Validity of Subjective Cognitive Load Questionnaires in Experimental Multimedia Learning Research. *Educ Psychol Rev.* 2022; 34(4):2485-2541. DOI: 10.1007/s10648-022-09683-4

Korrespondenzadresse:

Hiltraut Paridon
Hochschule Fresenius, Tichystr. 10, 01109 Dresden,
Deutschland
hiltraut.paridon@hs-fresenius.de

Bitte zitieren als

Paridon H. Evidence-based teaching: The examination and use of psychological theories in medical education research using the example of cognitive load theory. *GMS J Med Educ.* 2026;43(1):Doc11. DOI: 10.3205/zma001805, URN: urn:nbn:de:0183-zma0018056

Artikel online frei zugänglich unter

<https://doi.org/10.3205/zma001805>

Eingereicht: 04.02.2025

Überarbeitet: 30.04.2025

Angenommen: 28.07.2025

Veröffentlicht: 15.01.2026

Copyright

©2026 Paridon. 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/>.