

Does prior knowledge affect interaction dynamics and learning achievement in digital problem-based learning? A pilot study

Abstract

Objective: Previous research on problem-based learning (PBL) describes that videotaped observations develop meaningful insights into cognitive processes in tutorial groups. Analysis regarding the amount of prior knowledge on learning achievement has not been investigated in medical education so far, although both are key factors of PBL success. Thus, we intended to analyse videos of digital problem-based learning (dPBL) sessions, focusing on knowledge acquisition and interaction dynamics among groups with different levels of prior knowledge to reveal any distinctions.

Methods: This study employed a pilot design by dividing 60 dental students into twelve subgroups with less or more prior knowledge, determined by a pre-semester multiple choice test (MCQ). The groups engaged in videotaped dPBL cases, which were examined regarding group interactions and tutor effectiveness. The learning achievement was assessed through a post-semester MCQ, an oral and practical exam.

Results: The video analysis showed that dPBL groups with less prior knowledge achieved significantly higher tutor effectiveness and group interaction utterances, but that the percentage of time in which utterances occurred was similar in both groups. Related to the MCQ results, the students with less prior knowledge learned four times more than those with profound previous abilities, but no significant difference was found in the results of the oral exam and practical exam.

Conclusions: The interaction dynamics in dPBL depend on the group's amount of prior knowledge. Especially groups including participants with less prior knowledge seemed to benefit from dPBL in comparison to groups with more prior knowledge. The dPBL groups acquired knowledge in different ways during the courses but, finally, all students arrived at a similar level of knowledge.

Keywords: problem-based learning, PBL, video-study, digital, interaction, prior knowledge, learning achievement

Martin Möser¹

Rico Hermkes²

Natalie Filmann³

Seon-Yee Harsch¹

Stefan Rüttermann¹

Susanne Gerhard-Szép¹

1 Goethe University Frankfurt,
Department of Operative
Dentistry, Frankfurt/Main,
Germany

2 Goethe University Frankfurt,
Department of Business
Ethics and Business
Education, Frankfurt/Main,
Germany

3 Goethe University Frankfurt,
Department of Biostatistics
and Mathematical Modelling,
Frankfurt/Main, Germany

Introduction

More than 50 years after its first implementation, problem-based learning (PBL) continues to be approved and has spread throughout medical education, enhancing students' abilities and preparedness for real-life challenges [1].

Research in the last decade has revealed several benefits of PBL as being a more enjoyable experience that can foster students' knowledge construction processes and it has been described that participants relish the self-directed nature of PBL [2]. Students who frequently take part in PBL sessions achieve notably better results in assessments of knowledge and evaluate it as a more pleasing way to study than teacher-centred lectures [3]. Furthermore, current developments such as the interprofessional PBL also showed a high level of acceptance among the participants [4].

There are even educators who consider PBL as a universal remedy for educational shortcomings while others vehemently refuse its implementation and call the impact and value of PBL on learning into question due to its unconventional philosophy and instructional practices [5], [6]. Indeed, there is also evidence that traditional courses tend to lead to an increased achievement of scientific knowledge in comparison to PBL [7].

Today we know several factors affecting the outcomes of learning in PBL: the way it is used in various domains, for participants of different ages and subject matters are some of the parameters that influence PBL results [8]. The effectiveness of PBL and the participants' learning are largely dependent on the tutors' pedagogical abilities, academic background, training concept and maintenance to the quality of discussion [9], [10], [11], [12]. However, there is still no final conclusion on the best way to optimise PBL-teaching [13].

During the COVID-19 pandemic, PBL research showed new insights regarding synchronous online learning and many faculties provide meaningful results by digitalising their curricula into an e-learning platform [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22]. Furthermore, it has been described that direct or videotaped observations or corpus analysis of recordings develop unadulterated information about cognitive processes in small groups [23], [24]. Previous research on the analysis of group interactions and tutor effectiveness in PBL has shown promising results [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], however, the influence of the amount of prior knowledge on learning achievement has never been investigated in medical education, although both are considered as key factors of PBL success [32]. Research in other sciences, e.g. social science and mathematics, has already successfully investigated this relationship and clarified its significance [33], [34].

Due to the current state of research, we intended to analyse videos of digital PBL (dPBL) sessions to concentrate on group interactions, tutor effectiveness and knowledge acquisition between groups with a different amount of prior knowledge. To search for distinctions of

both groups and to receive multi-perspective options, videotaped dPBL sessions, multiple-choice tests (MCQ), a structured oral exam (SOE) and an objective structured practical exam (OSPE) were analysed.

Research questions:

- Are there significant differences regarding the group interactions between the two groups?
- Are there significant differences regarding the tutor effectiveness between the two groups?
- Are there significant differences regarding the knowledge acquisition of the two groups?

Materials and method

1. Context and participants

This study was conducted at the dental school of the Goethe University in Frankfurt, Germany.

The students of the first clinical semester (n=60) were divided into two groups assessed by their prior knowledge, which was amongst others determined by a completion of a pre-semester multiple-choice test (MCQ). The division of the two groups was based on the number of points reached in the pre-semester multiple-choice test, the preclinical examination grade and the general qualification grade for university entrance in Germany (Abitur). The gender also played a role in the division so that women (n=37) and men (n=23) were equally distributed in the final twelve dPBL subgroups. Students with less prior knowledge were assigned to group A (n=30) and students with more prior knowledge were assigned to group B respectively (n=30). Both groups were further separated into subgroups (A 1-6 and B 1-6) using the above described parameters to establish similar subgroups, each with five participants and a tutor.

During the semester, the twelve groups worked on five dPBL cases. Based on the seven-step PBL model established at the University of Maastricht [35], the first five steps were processed in the first digital session, the sixth step in a self-study period and the seventh step in the second digital session. As Barrows [36] recommended, an eighth step was added in the second digital session to evaluate the dPBL process.

An established expert (Master of Medical Education) trained the tutors on how to supply dPBL in a so-called non-facilitative and facilitative style [37]. Tutors were instructed first to guide the dPBL sessions in a facilitative style, then, as the students gained more experience throughout their dPBL cases, the tutors were told to guide them in a non-facilitative manner. All of the tutors were dentists and each of them attended to a group of students with less prior knowledge and a group of students with more prior knowledge.

Neither the students nor the tutors knew about the assessment of previous knowledge and the determination to group A or B (double-blind setting). Finally, the sessions were accomplished on Vydeo® (Vydeo, Berlin, Germany),

Table 1: The mean interaction times as percentages of session time and the mean frequencies of the occurrence of utterances in relation to learning-orientated interactions.
SD=standard deviation.

Category	Time of interactions as a percentage of total session time					Frequency of occurrence				
	Group A (Less prior knowledge)		Group B (More prior knowledge)		Significance (p =)	Group A (Less prior knowledge)		Group B (More prior knowledge)		Significance (p =)
	Mean time (%)	SD time (%)	Mean time (%)	SD time (%)		Mean time (n =)	SD time (n =)	Mean time (n =)	SD time (n =)	
Exploratory questioning	6.9	1.8	6	1.5	0.4	44.7	14.8	30.3	11.4	0.07
Open question	1.4	0.2	1.2	0.7	0.4	13.6	8.4	7.5	5.6	< 0.05
Critical question	0.5	2	0.5	0.3	0.9	2.4	1.1	1.9	1.7	0.7
Verification question	4.4	1.4	3.3	2.1	0.3	26.8	18	18.6	15.8	0.2
Alternative argument	0.7	0.6	1.1	0.7	0.9	1.9	1.1	2.3	1.3	0.9
Cumulative reasoning	67.3	21.8	65.7	21	0.9	364.9	112.3	229.6	67.5	0.06
Statement	57.9	1.8	56.3	8.5	0.9	201.7	137.1	116.1	73.6	< 0.05
Other argument	1.5	1.6	1.3	0.8	0.9	2.1	1.1	2.4	1.3	0.5
Other question	4.5	10.5	3.4	2	0.3	41	21.5	22.2	16.6	< 0.05
Judgement acceptance/confirmation	3.5	0.6	4.7	2.6	0.7	120.1	84.1	88.9	60.8	0.3
Handling conflicts about knowledge	6.9	2	9.9	3.5	0.8	21.9	7.9	13	2.8	< 0.05
Counter-argument	0.7	9.2	0.8	0.6	0.3	2.5	1.7	2	1.2	0.2
Judgement negation/disagreement	0.3	0.6	0.2	0.1	0.5	10.6	9.3	4.4	2.9	< 0.05
Evaluation	5.8	0.5	8.9	3.4	0.2	8.8	7.2	6.6	1.7	0.7
Procedural	2.5	0.2	1.9	1.3	0.5	18.7	17.5	5.1	7.2	< 0.05
Irrelevant/off-task	16.4	1.4	16.6	9.1	0.9	39.1	32.7	28.6	20.7	0.4

Total examined session time=34 hours 26 minutes, total examined utterances=12,766

an online platform where the students and the tutor could see each other via video camera and were able to work on a shared document. At the end of the semester, the students were required to pass a post-semester MCQ, a graded SOE and OSPE.

2. Video material and coding scheme

2.1. Setting

For the quantitative and qualitative analysis of the videotaped dPBL sessions the software Interact® (Version 18, Mangold International GmbH, Arnstorf, Germany) was used. A second rater independently coded seven hours of a randomly selected part (about 20% of the total video material [26]) after passing a two-week rater training. The inter-rater reliability to Cohen's kappa was 0.81, thus the first rater analysed all subsequent videos.

2.2. Analysis variables and coding scheme

Based on Visschers-Pleijers' coding scheme [26], we analysed three different types of group interaction: learning-orientated interactions (i.e. exploratory questioning, cumulative reasoning, and handling conflicts about knowledge), procedural interactions and irrelevant/off-task interactions (see table 1). Irrelevant/off-task interac-

tions contained the subtype "a period silence" which was also measured and analysed.

Furthermore, we examined the tutor effectiveness using a coding scheme based on the evaluation sheet developed by Dolmans [38] (see table 2) as video analysis criteria. Therefore, four approaches of how the tutors stimulated the students' learning were observed: constructive/active learning, self-directed learning, contextual learning and collaborative learning. The intra-personal behaviour as a tutor was also examined.

As soon as a participant (student or tutor) made an utterance, with a possible range from one word to several sentences, it was classified according to the given criteria [26], [38]. Every single utterance of the students and the tutors of both groups was examined by the frequency of occurrence and as a percentage of the total session time. From the moment that the utterance began, it was coded and its length determined (see figure 1). Thus, a total of 12,766 student utterances and 1,476 tutor utterances were examined.

3. Multiple-choice test

The pre- and post-semester MCQ contained 50 questions that dealt with dental materials and instruments, dental treatment instructions and diagnoses. The MCQ content was also included in the dPBL sessions. The tests were based on a validated template, a previous analysis of

Table 2: The mean percentages of the session time related to tutor utterances and the mean frequencies of tutor utterances.
SD=standard deviation

Category	Time of interactions as a percentage of total session time					Frequency of occurrence				
	Group A (Less prior knowledge)		Group B (More prior knowledge)		Significance (p =)	Group A (Less prior knowledge)		Group B (More prior knowledge)		Significance (p =)
	Mean time (%)	SD time (%)	Mean time (%)	SD time (%)		Mean time (n =)	SD time (n =)	Mean time (n =)	SD time (n =)	
The tutor stimulated us...										
Constructive/active learning	59.3	9	58.3	9.4	0.9	39	11.5	30.2	10.1	0.3
...to summarise what we had learnt in our own words	1.6	0.5	2.8	0.5	0.8	1	0	2	1	0.8
...to search for links between issues discussed in the tutorial group	24.5	4.9	24.9	3.6	0.9	25.8	11.6	21.5	9.2	0.9
...to understand underlying mechanisms/theories	33.3	11	30.6	11.9	0.8	12.2	6.4	6.7	6	< 0.05
Self-directed learning	10.4	1.3	11.6	1.4	0.8	6.2	2.8	7.1	3.5	0.9
...to generate clear learning issues by ourselves	5.6	1.4	5.7	1.5	0.9	4.2	3.2	5.1	3.9	0.8
...to search for various resources by ourselves	4.8	1.2	6	1.3	0.9	2	1.2	2.2	0.9	0.9
Contextual learning	7.3	1.2	7.4	0.9	0.6	13.1	8.8	8.1	5.9	0.07
...to apply knowledge to the discussed problem	6.4	1.1	3.7	0.9	0.2	11.8	8.6	5.9	6.7	0.3
...to apply knowledge to other situations/problems	1	0.2	3.8	1	0.2	1.3	0.5	2.1	1.6	0.1
Collaborative learning	18	2.2	15.1	3.4	0.6	4.3	2.9	2.5	1.8	0.2
...to give constructive feedback about our group work	18	2.2	15.1	3.4	0.6	4.3	2.9	2.5	1.8	0.2
...to evaluate group co-operation regularly	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intra-personal behaviour of the tutor	5	1.4	7.6	1.9	0.2	11.3	12.2	7.3	4.6	0.9
The tutor was clearly motivated to fulfil their role as a tutor	5	1.4	7.6	1.9	0.2	11.3	12.2	7.3	4.6	0.9

total examined session time=34 hours 26 minutes, total examined utterances=1,476

which showed a Cronbach's α of 0.63 (pre-test) and 0.67 (post-test) [37].

4. Statistical analysis

In order to analyse the pre- and post-semester MCQ, SOE and OSPE data, the software BiAs® (Version 11.12, Frankfurt, Germany) was used and significant differences ($p < 0.05$) were identified by using a Wilcoxon-Mann-Whitney U Test.

The video rater's data were examined using mixed effect models as linear mixed models and generalised linear mixed models [39]. An Interact® software tool especially developed for analysing inter-rater reliability was used to check Cohen's kappa.

A rough sample estimation was adjusted by examining several factors. Firstly, the PBL time analysed in previous research or the number of PBL sessions conducted were examined as reference points [25], [26], [27], [29], [40],

[41], [42], [43], [44], [45], [46]. Secondly, the units of analysis, such as individual videos or segments within videos, were evaluated. By averaging these aspects, we found that at least 15 videos were needed to gather statistically significant information for this pilot study.

5. Application for ethical approval

According to the chairman of the ethics committee of the Goethe University in Frankfurt, no ethical approval was required, because relating to the video material, being recorded was voluntary. The participants knew that they were recorded on video and could approve or decline the recording before each session was started. There were no disadvantages for the participants if they did not agree to be videotaped. All data protection requirements were met. Participation in the dPBL sessions and all exams was mandatory to pass the semester.

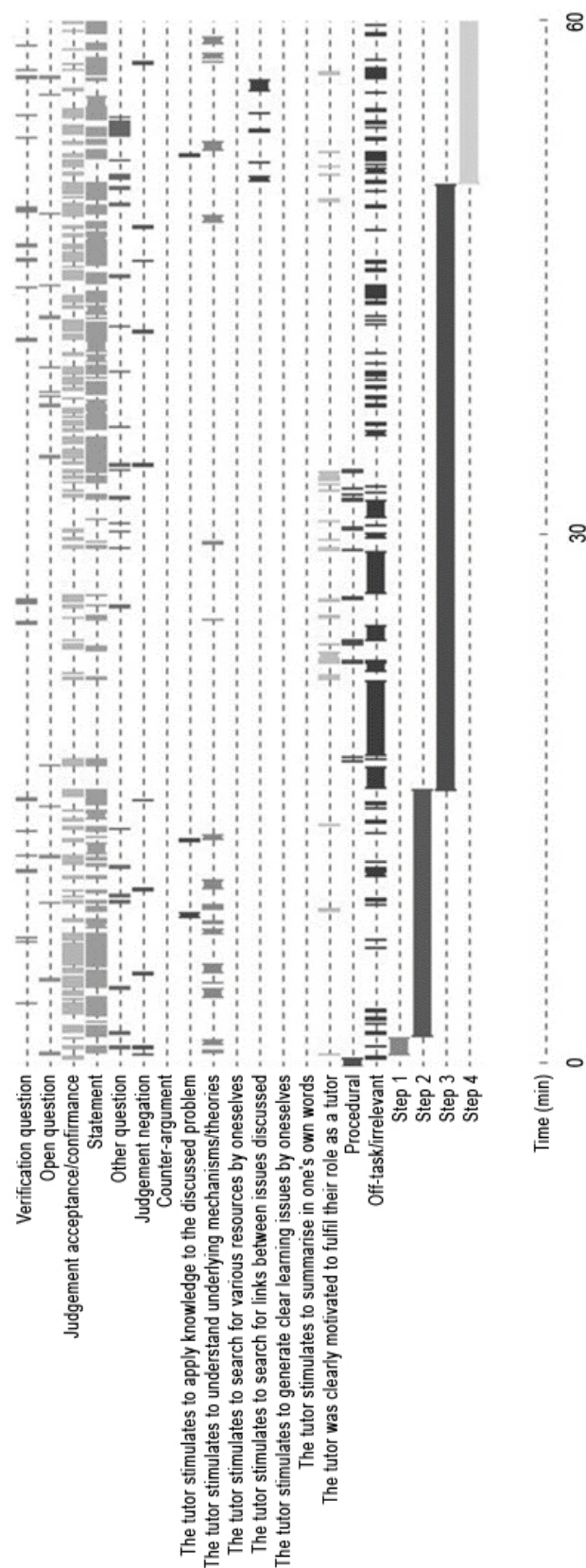


Figure 1: A typical coding result of the first 60 minutes of a dPBL session including steps 1-4.

The codes “statements” and “judgement confirmation” are predominant, while at the beginning of step 3 mainly “off-task/irrelevant” codes occurred.

Results

1. Analysis of the video data

As the recording of the dPBL sessions was optional, 34 out of 120 PBL sessions were recorded and analysed (dropout rate of 70.9%). The 34 videos consisted of 15 videos from group A with less prior knowledge and 19 videos from group B with more prior knowledge. In both groups the first and second dPBL sessions were evenly divided.

1.1. Learning-orientated interactions analysis

Both groups spent most of the time on cumulative reasoning (group A: 67.3%; group B: 65.7%), while procedural tasks took the least time in both groups (group A: 2.5%; group B: 1.9%). The data group with the highest score of utterances was cumulative reasoning (group A: $n=364.9$; group B: $n=229.6$), while the most rare utterances concerned procedural (group A: $n=18.7$; group B: $n=5.1$). Related to the frequency of the occurrence of group interactions, group A scored significantly more utterances in handling conflicts about knowledge, open questions, other questions, statements, disagreements and in procedural interactions (all $p<0.05$), than group B. There was no significant difference between the groups in the percentage of total session time spent on that types of interactions (see table 1).

1.2. Tutor effectiveness analysis

Most utterances in the tutor data groups were focussed on constructive/active learning in both groups (group A: 59.3%; group B: 58.3%). The intra-personal behaviour of the tutor engaged the least amount of time (group A: 5%; group B: 7.6%). Constructive/active learning was the data group with the most tutor utterances (group A: $n=39$; group B: $n=30.2$), while the least time was spent in collaborative learning (group A: $n=4.3$; group B: $n=2.5$) (see table 2).

2. Knowledge acquisition

Group A scored significantly fewer points in the MCQ pre-test but had significantly more points in the MCQ post-test, both compared to group B (see table 3).

Group A had a significant increase of knowledge of 13.7 points and group B of 3.7 points. On average, all students significantly increase their knowledge of 8.7 points (see table 4).

There were no significant differences between both groups in structured oral exam or objective structured practical exam grades (see table 5).

Discussion

This study's scientific relevance lies in exploring significant differences in group interactions, tutor effectiveness, and knowledge acquisition between two groups having a different level of prior knowledge. By investigating these aspects, it contributes to understanding the dynamics of group interactions, the effectiveness of tutors, and the impact of prior knowledge on knowledge acquisition. These findings provide valuable insights for educational practitioners and researchers, informing the design and implementation of instructional strategies and interventions to enhance group interactions, optimize tutor effectiveness, and promote effective knowledge acquisition in educational settings. Furthermore, this research provides new information into the influence of prior knowledge to dPBL functioning and gives an example of how dPBL could still be used and analysed during pandemic situations. Although this study is titled as a pilot study, we examined almost 34 hours and 26 minutes of video material including 14,366 utterances; this is substantially more material than comparable studies based on analysing group interactions or tutor effectiveness in PBL [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50], [51], [52], [53]. Nevertheless, we have scheduled a follow-up study with an exact sample estimation to verify our findings and to produce further results.

1. Group interaction

Students with less prior knowledge (group A) performed significantly more utterances on several types of interactions with nearly the same time spent on that interactions as those with more prior knowledge (group B), because group A's utterances were mostly shorter.

A possible explanation is that group may not have had the prior knowledge to discuss, argue, ask or explain in depth with each other due to the missing prior knowledge [54], [55]. Additionally, it is also possible that a PBL task is more cognitively activating for one group of learners compared to another, depending on the groups level of prior knowledge. The concept of cognitive activation stems from constructivist learning, refers to the adaptivity of different problems and tasks for different learners and involves evoking cognitive conflicts to initiate learning processes [56], [57]. It might be beneficial to include the measurement of how learners were cognitively activated by the tasks in subsequent research. Cognitive activation can be assumed to be affective for subsequent group discussions, whereby groups with less activating tasks should be less engaged in the discussion.

Therefore, group A showed a higher rate of conversation tasks and they exchanged information more often which may have supported the elaboration of their prior knowledge [49].

Furthermore, we cannot confirm the results of Visschers-Pleijers et al. [26] and De Grave et al. [58] who believed that if pre-set working rules and role division are retained,

Table 3: The multiple-choice questions (MCQ) grades in relation to group A and B.

SD=standard deviation

	Group A (Less prior knowledge)		Group B (More prior knowledge)		Significance (p =)
Category	Mean (n =)	SD (n =)	Mean (n =)	SD (n =)	
Multiple-choice questions (max. 50 points)					
Pre-test (MCQ)	16.5	8	23.5	3.8	< 0.05
Post-test (MCQ)	30.2	8.2	27.2	6.3	< 0.05

Table 4: The multiple-choice questions (MCQ) grades in relation to the pre- and post-test.

SD=standard deviation

	Pre-test		Post-test		Significance (p =)
Category	Mean (n =)	SD (n =)	Mean (n =)	SD (n =)	
Multiple-choice questions (max. 50 points)					
Group A	16.5	8	30.2	8.2	< 0.05
Group B	23.5	3.8	27.2	6.3	< 0.05
Group A and B	19.9	6.3	28.7	6.5	< 0.05

Table 5: The objective structured practical exam (OSPE) and structured oral exam (SOE) grades.

SD=standard deviation

	Group A (Less prior knowledge)		Group B (More prior knowledge)		Significance (p =)
Category	Mean (n =)	SD (n =)	Mean (n =)	SD (n =)	
SOE and OSPE Exam (From 1 to 6, 1 = very good)					
Structured oral exam	2.3	1.2	1.7	0.9	0.1
Objective structured practical exam	3.2	0.8	3.0	0.7	0.3

then off-task interactions would rarely be measured. Our observation suggests that a period of silence in dPBL was mostly used by students as an “individual thinking period” before the group consensus was reached, an idea that Gukas et al. [47] also considered. In further research, it would be useful to create “silence” as a new topic of interaction, without it being a part of the off-task interactions, because there is evidence that the groups scored highly on the indices of learning, even when they kept silent for some time and that the periods of silence did not indicate that the students were not learning effectively [44], [47].

2. Tutor effectiveness

The only difference concerning the tutor effectiveness was that in group A, the tutor stimulated the students significantly more often to understand the underlying mechanisms/theories regarding the frequency of occurrence. In relation to the percentage of the total session time, there was no difference between the groups on this point. These findings show that the tutors spent less time per utterance for stimulating students with less prior knowledge to understand the underlying mechanisms/theories. A possible reason for this is that the students with more prior knowledge may have demanded explanations of the underlying mechanisms in more detail while group A may have been satisfied with less profound statements.

Overall, the tutors spent more than half of their speaking time on stimulating active learning while only a mere 10%, approximately, on stimulating self-directed learning. Previous research has suggested that self-directed learning is a key to medical skill development in undergraduate curricula [59]. Thus, if the tutors generally spend less time on stimulating self-directed learning, then it may be useful to examine this effect in further research in order to optimise the teaching and training of tutors in the future.

3. Knowledge acquisition

In relation to their knowledge acquisition, students with more prior knowledge attained 3.7 points more in the MCQ post-test than in the MCQ pre-test, while students with less prior knowledge achieved 13.7 points more on average. It is remarkable that group A increased their knowledge during the dPBL sessions almost four times more than group B. However, group B started with a relatively high result in the pre-test, so it would be more difficult to raise their own achievement in the post-test (ceiling-effect). In addition, group A scored significantly fewer points in the pre-test and significantly more points in the post-test compared to group B. Some of the tutoring approaches could explain group A's relatively high level of knowledge acquisition when compared to group B. Firstly, group A had about 180 utterances more per dPBL

session on average than group B (group A: 489.3; group B: 306.7); this suggests that there may have been more conversations and more information flow inside group A which would consequently support their knowledge acquisition. Secondly, group A had significantly higher scores in terms of the frequency of occurrence of handling conflicts about knowledge. It is thoroughly valuable to engage on this type of interaction because PBL indicates learning by provoking cognitive conflicts from controversies between the students' knowledge and the problem they are dealing with [60]. Thirdly, as the participants' prior knowledge is activated, they become more easily able to find gaps in their knowledge to work on (activation–elaboration hypothesis) and group B may have hindered their knowledge acquisition because they did not have extensive knowledge gaps to elaborate on [61]. Lastly, it could be possible that group A may have prepared themselves better for the dPBL cases, knowing that they had performed worse in the pre-semester MCQ and that they lacked the knowledge of how to deal with the cases instead of trusting in their solid prior knowledge as group B had done. However, there were no significant differences between both groups in the SOE or OSPE grades at the end of the semester. These findings suggest that both groups ended the semester with a similar level of knowledge, but that the two groups acquired this in different ways during the dPBL cases. In addition, dPBL may stimulate the learning process of those participants who had less prior knowledge the most, which may be a possible hint to answer Dolman's question of "under which conditions is PBL effective and for what kinds of students?" [7]. To answer this question more precisely further research should also consider the ceiling-effect [62].

Limitations

Several factors limit the generalisability of this study. Firstly, previous research has shown that when being recorded during PBL the participants are not as spontaneous as they are naturally, thus, being videotaped can influence the participant's behaviour [29]. Furthermore, the participants' knowledge acquisition may not be entirely based on dPBL as the students also had other lectures and practical trainings during the semester that imparted knowledge. Another point affecting our results is that the participants gained experience during their dPBL cases and this may have changed their group interaction by increasing their expertise or by changing tutoring style (facilitative to non-facilitative [37]). However, our findings only reflect the entirety of the group interaction and, thus, not its trends.

Conclusion

Interaction dynamics in dPBL depend on the group's amount of prior knowledge. In particular, groups including participants with less prior knowledge seem to benefit

from dPBL by tending towards a fast information flow with shorter utterances in a high frequency in comparison to groups with more prior knowledge. The groups acquired knowledge in different ways during the courses, however, all students did not achieve any significant differences regarding the structured oral exam and objective structured practical exam in relation to their prior knowledge.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

References

1. Moallem M. Section 1: Understanding PBL: Historical and Theoretical Foundations. In: Moallem M, Hung W, Dabbagh N, editors. *The Wiley handbook of problem-based learning*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2019. p.1-3. DOI: 10.1002/9781119173243
2. Anderson V, Reid K. Students' perception of a problem-based learning scenario in dental nurse education. *Eur J Dent Educ*. 2012;16(4):218-223. DOI: 10.1111/j.1600-0579.2012.00745.x
3. McHarg J, Kay EJ, Coombes LR. Students' engagement with their group in a problem-based learning curriculum. *Eur J Dent Educ*. 2011;16(1):e106-e110. DOI: 10.1111/j.1600-0579.2011.00682.x
4. Dreier-Wolffgramm A, Homeyer S, Oppermann RF, Hoffmann W. A model of interprofessional problem-based learning for medical and nursing students: Implementation, evaluation and implications for future implementation. *GMS J Med Educ*. 2018;35(1):Doc13. DOI: 10.3205/zma001160
5. Servant-Miklos V, Norman GR, Schmidt HG. A Short Intellectual History of Problem-Based Learning. In: Moallem M, Hung W, Dabbagh N, editors. *The Wiley handbook of problem-based learning*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2019. p.3-24. DOI: 10.1002/9781119173243.ch1
6. Moallem M, Hung W, Dabbagh N. Section II, Research in PBL. In: Moallem M, Hung W, Dabbagh N, editors. *The Wiley handbook of problem-based learning*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2019. p.105-106. DOI: 10.1002/9781119173243.part2
7. Dolmans D, Gijbels D. Research on problem-based learning: future challenges. *Med Educ*. 2013;47(2):214-218. DOI: 10.1111/medu.12105
8. Moallem M. Effects of PBL on Learning Outcomes, Knowledge Acquisition, and Higher-Order Thinking Skills. In: Moallem M, Hung W, Dabbagh N, editors. *The Wiley handbook of problem-based learning*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2019. p.107-111. DOI: 10.1002/9781119173243.ch5
9. Du X, Nomikos M, Ali K, Lundberg A, Abu-Hijleh M. Health educators' professional agency in negotiating their problem-based learning (PBL) facilitator roles: Q study. *Med Educ*. 2022;56(8):847-857. DOI: 10.1111/medu.14792
10. Grasl MC, Kremser K, Breckwoldt J, Gleiss A. Does the tutors' academic background influence the learning objectives in problem-based learning? *GMS J Med Educ*. 2020;37(1):Doc8. DOI: 10.3205/zma001301
11. Vogt K, Pelz J, Stroux A. Refinement of a training concept for tutors in problem-based learning. *GMS J Med Educ*. 2017;34(4):Doc38. DOI: 10.3205/zma001115

12. Abdalla ME, Eladi MA. Student perception of the effect of problem familiarity on group discussion quality in a problem-based learning environment. *GMS J Med Educ.* 2019;36(3):Doc29. DOI: 10.3205/zma001237
13. Ma CW. How to advance medical education using journal articles? Insight from problem-based learning. *GMS J Med Educ.* 2022;39(4):Doc48. DOI: 10.3205/zma001569
14. Khan RA, Atta K, Sajjad M, Jawaid M. Twelve tips to enhance student engagement in synchronous online teaching and learning. *Med Teach.* 2022;44(6):601-606. DOI: 10.1080/0142159X.2021.1912310
15. Jennebach J, Ahlers O, Simonsohn A, Adler M, Özkaya J, Raupach T, et al. Digital patient-centred learning in medical education: A national learning platform with virtual patients as part of the DigiPaL project. *GMS J Med Educ.* 2022;39(4):Doc47. DOI: 10.1080/0142159X.2021.1912310
16. Winzer A, Jansky M. Digital lesson to convey the CanMEDS roles in general medicine using problem-based learning (PBL) and peer teaching. *GMS J Med Educ.* 2020;37(7):Doc64. DOI: 10.3205/zma001357
17. Ertl S, Steinmair D, Löffler-Stastka H. Encouraging communication and cooperation in e-learning: solving and creating new interdisciplinary case histories. *GMS J Med Educ.* 2021;38(3):Doc62. DOI: 10.3205/zma001458
18. Huber J, Wittl M, Schunk M, Fischer MR, Tolks D. The use of the online Inverted Classroom Model for digital teaching with gamification in medical studies. *GMS J Med Educ.* 2021;38(1):Doc3. DOI: 10.3205/zma001399
19. Hege I, Kononowicz AA, Berman NB, Lenzer B, Kiesewetter J. Advancing clinical reasoning in virtual patients – development and application of a conceptual framework. *GMS J Med Educ.* 2018;35(1):Doc12. DOI: 10.3205/zma001159
20. Kollwe T, Ochsendorf F. Medical didactics during the pandemic: the asynchronous online seminar “Written Examinations” of the Frankfurter Arbeitsstelle für Medizinindaktik. *GMS J Med Educ.* 2021;38(1):Doc18. DOI: 10.3205/zma001414
21. Dadaczynski K, Tolks D. Digital health communication and health literacy in times of COVID-19. Planning and implementation of a special course of study in health promotion and prevention. *GMS J Med Educ.* 2021;38(1):Doc31. DOI: 10.3205/zma001427
22. Abler M, Bachmaier R, Hawelka B, Prock S, Schworm S, Merz AK, Keil S. “It just magically happened overnight!” - support for the digitalization of medical teaching provided by an interdisciplinary e-tutor team. *GMS J Med Educ.* 2020;37(7):Doc75. DOI: 10.3205/zma001368
23. Dolmans DH, Schmidt HG. What Do We Know About Cognitive and Motivational Effects of Small Group Tutorials in Problem-Based Learning? *Adv Health Sci Educ Theory Pract.* 2006;11(4):321-336. DOI: 10.1007/s10459-006-9012-8
24. Da Silva AL, Dennick R. Corpus analysis of problem-based learning transcripts: an exploratory study. *Med Educ.* 2010;44(3):280-288. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03575.x
25. Jaarsma AD, Dolmans DD, Muijtens AM, Boerboom TT, van Beukelen P, Scherpbier AJ. Students’ and teachers’ perceived and actual verbal interactions in seminar groups. *Med Educ.* 2009;43(4):368-376. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03301.x
26. Visschers-Pleijers AJ, Dolmans DH, Leng BA, Wolfhagen IH, Vleuten CP. Analysis of verbal interactions in tutorial groups: a process study. *Med Educ.* 2006;40(2):129-137. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2005.02368.x
27. Cianciolo AT, Kidd B, Murray S. Observational analysis of near-peer and faculty tutoring in problem-based learning groups. *Med Educ.* 2016;50(7):757-767. DOI: 10.1111/medu.12969
28. Kindler P, Grant C, Kulla S, Poole G, Godolphin W. Difficult incidents and tutor interventions in problem-based learning tutorials. *Med Educ.* 2009;43(9):866-873. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03423.x
29. Gilkison A. Techniques used by “expert” and “non-expert” tutors to facilitate problem-based learning tutorials in an undergraduate medical curriculum. *Med Educ.* 2003;37(1):6-14. DOI: 10.1046/j.1365-2923.2003.01406.x
30. Basu Roy R, McMahon GT. Video-based cases disrupt deep critical thinking in problem-based learning. *Med Educ.* 2012;46(4):426-435. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2011.04197.x
31. Nieminen J, Sauri P, Lonka K. On the relationship between group functioning and study success in problem-based learning. *Med Educ.* 2006;40(1):64-71. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2005.02344.x
32. Norman GR, Schmidt HG. Effectiveness of problem-based learning curricula: theory, practice and paper darts. *Med Educ.* 2000;34(9):721-728. DOI: 10.1046/j.1365-2923.2000.00749.x
33. Van Blankenstein FM, Dolmans DH, Van der Vleuten CP, Schmidt HG. Relevant prior knowledge moderates the effect of elaboration during small group discussion on academic achievement. *Instr Sci.* 2013;41(4):729-744. DOI: 10.1007/s11251-012-9252-3
34. Xhomara N. How prior knowledge, learning, teaching and assessment affect students’ achievements in Mathematics. *Res Educ Learn Innov Arch.* 2020;25:68-91. DOI: 10.7203/realia.25.15780
35. Davis MH, Harden RM. AMEE Medical Education Guide No. 15: Problem-based learning: a practical guide. *Med Teach.* 1999;21(2):130-140. DOI: 10.1080/01421599979743
36. Barrows HS, Tamblyn RM. Problem-based learning: an approach to medical education. New York: Springer Pub. Co.; 1980.
37. Gerhardt-Szep S, Kunkel F, Moeltner A, Hansen M, Böckers A, Rüttermann S, Ochsendorf F. Evaluating differently tutored groups in problem-based learning in a German dental curriculum: a mixed methods study. *BMC Med Educ.* 2016;16:14. DOI: 10.1186/s12909-015-0505-0
38. Dolmans DH, Ginns P. A short questionnaire to evaluate the effectiveness of tutors in PBL: validity and reliability. *Med Teach.* 2005;27(6):534-538. DOI: 10.1080/01421590500136477
39. Hedderich J, Sachs L. *Angewandte Statistik, Methodensammlung mit R.* Berlin: Springer-Verlag Berlin; 2016. DOI: 10.1007/978-3-662-45691-0
40. Oh SA, Chung EK, Woo YJ, Han ER, Kim YO. Analysis of Verbal Interactions in Problem-based Learning. *Korean J Med Educ.* 2010;22(2):131-139. DOI: 10.3946/kjme.2010.22.2.131
41. Koschmann T, Evensen DH, Glenn P, Hall R, Frederiksen C. Five readings of single text: transcript of video analysis session. In: Hmelo CE, Evensen DH, editors. Problem-based learning: a research perspective on learning interaction. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates; 2008. p.137-166.
42. Imafuku R. Japanese first-year PBL students’ learning process: a classroom discourse analysis. In: Bridges S, McGrath C, Whitehill TL, editors. Problem-based learning in clinical education. The next generation. New York: Springer; 2012. p.153-170. DOI: 10.1007/978-94-007-2515-7_10
43. Lee GH, Lin CS, Lin YH. How experienced tutors facilitate tutorial dynamics in PBL groups. *Med Teach.* 2012;35(2):e935-942. DOI: 10.3109/0142159X.2012.714883
44. Nest Jin J. Sounds of silence: examining silence in problem-based learning (PBL) in Asia. In: Bridges S, McGrath C, Whitehill TL, editors. Problem-based learning in clinical education. The next generation. New York: Springer; 2012. p.171-188. DOI: 10.1007/978-94-007-2515-7_11

45. Visschers-Pleijers AJ, Dolmans DH, Wolhagen IH, van der Vleuten CP. Exploration of a method to analyze group interactions in problem-based learning. *Med Teach*. 2004;26(5):471-478. DOI: 10.1080/01421590410001679064
46. Lee GH, Lin YH, Tsou KI, Shiao SJ, Lin CS. When a Problem-Based Learning Tutor Decides to Intervene. *Acad Med*. 2009;84(10):1406-1411. DOI: 10.1097/ACM.0b013e3181b6b433
47. Gukas ID, Leinster SJ, Walker R. Verbal and nonverbal indices of learning during problem-based learning (PBL) among first year medical students and the threshold for tutor intervention. *Med Teach*. 2010;32(1):e5-11. DOI: 10.3109/01421590903398232
48. Hmelo-Silver CE. Creating a learning space in problem-based learning. *Interdiscip J Probl Based Learn*. 2013;7:1. DOI: 10.7771/1541-5015.1334
49. Aarnio M, Lindblom-Ylänne S, Nieminen J, Pyörälä E. Dealing with conflicts on knowledge in tutorial groups. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*. 2012;18(2):215-230. DOI: 10.1007/s10459-012-9366-z
50. Azer SA. Interactions Between Students and Tutor in Problem-Based Learning: The Significance of Deep Learning. *Kaohsiung J Med Scis*. 2009;25(5):240-249. DOI: 10.1016/S1607-551X(09)70068-3
51. Tang S, Long M, Tong F, Wang Z, Zhang H, Sutton-Jones KL. A Comparative Study of Problem-Based Learning and Traditional Approaches in College English Classrooms: Analyzing Pedagogical Behaviors Via Classroom Observation. *Behav Sci (Basel)*. 2020;10(6):105. DOI: 10.3390/bs10060105
52. Faidley J, Evensen DH, Salisbury-Glennon J, Glenn J, Hmelo CE. How are we doing? Methods of assessing group processing in a problem-based learning context. In: Hmelo CE, Evensen DH, editors. *Problem-based learning: a research perspective on learning interaction*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates; 2008. p.109-138.
53. Duek J. Whose group is it, anyway? Equity of student discourse in problem-based learning (PBL). In: Hmelo CE, Evensen DH, editors. *Problem-based learning: a research perspective on learning interaction*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates; 2008. p.75-108.
54. Zohar A, Nemet F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *J Res Sci Teach*. 2002;39(1):35-62. DOI: 10.1002/tea.10008
55. Schmidt HK, Rothgangel M, Grube D. Does prior domain-specific content knowledge influence students' recall of arguments surrounding interdisciplinary topics? *J Adolesc*. 2017;61:96-106. DOI: 10.1016/j.adolescence.2017.10.001
56. Kunter M, Baumert J, Blum W, Klusmann U, Krauss S, Neubrand M, editors. *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers*. Boston, MA: Springer US; 2013. DOI: 10.1007/978-1-4614-5149-5
57. Rieser S, Decristan J. Kognitive Aktivierung in Befragungen von Schülerinnen und Schülern. Unterscheidung zwischen dem Potential zur kognitiven Aktivierung und der individuellen kognitiven Aktivierung. *Päd Psychol*. 2023;1-15. DOI: 10.1024/1010-0652/a000359
58. De Grave WS, Boshuizen HP, Schmidt HG. Problem based learning: Cognitive and metacognitive processes during problem analysis. *Instr Sci*. 1996;24(5):321-341.
59. Röcker N, Lottspeich C, Braun LT, Lenzer B, Frey J, Fischer MR, Schmidmaier R. Implementation of self-directed learning within clinical clerkships. *GMS J Med Educ*. 2021;38(2):Doc43. DOI: 10.3205/zma001439
60. Boelens R, De Wever B, Rosseel Y, Verstraete AG, Derese A. What are the most important tasks of tutors during the tutorials in hybrid problem-based learning curricula? *BMC Med Educ*. 2015;15:84. DOI: 10.1186/s12909-015-0368-4
61. Schmidt HG, Rotgans JI, Yew EH. The process of problem-based learning: what works and why. *Med Educ*. 2011;45(8):792-806. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2011.04035.x
62. Garin O. Ceiling Effect. In: Michalos AC, editor. *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research*. Dordrecht: Springer; 2014. DOI: 10.1007/978-94-007-0753-5_296

Corresponding author:

Martin Möser
Goethe University Frankfurt, Department of Operative Dentistry, Theodor-Stern-Kai 7, D-60596 Frankfurt/Main, Germany
martin-moeser@web.de

Please cite as

Möser M, Hermkes R, Filmann N, Harsch SY, Rüttermann S, Gerhard-Szép S. Does prior knowledge affect interaction dynamics and learning achievement in digital problem-based learning? A pilot study. *GMS J Med Educ*. 2023;40(6):Doc69. DOI: 10.3205/zma001651, URN: urn:nbn:de:0183-zma0016518

This article is freely available from

<https://doi.org/10.3205/zma001651>

Received: 2023-01-18

Revised: 2023-06-01

Accepted: 2023-08-08

Published: 2023-11-15

Copyright

©2023 Möser 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/>.

Beeinflusst der Vorwissensstand die Interaktionsdynamik und den Lernerfolg im digitalen problemorientierten Lernen? Eine Pilotstudie

Zusammenfassung

Zielsetzung: Forschungsbefunde zum problemorientierten Lernen (POL) zeigen, dass Untersuchungen von Videoaufzeichnungen tutorieller Lernsituationen bedeutsame Einblicke in kognitive Prozesse ermöglichen. Der Einfluss von Vorwissen auf Lernerfolg unter Einbezug der Lehr-Lern-Interaktionsdynamik wurde in der medizinischen Ausbildung bisher allerdings noch nicht untersucht, obwohl die Faktoren eine Schlüsselrolle für den Erfolg von POL darstellen. Ziel der Studie ist es daher, digitale problemorientierten Lernsituationen (dPOL) anhand von Videoaufzeichnungen zu analysieren und dabei Wissenserwerbsprozesse und die Interaktionsdynamik in den Lerngruppen in Abhängigkeit vom Vorwissensstand zu untersuchen.

Methoden: In dieser Studie wurde ein Pilotdesign angewandt, bei dem 60 Zahnmedizinstudierende in zwölf Untergruppen mit geringerem oder höherem Vorwissen eingeteilt wurden. Die Erhebung des Vorwissens erfolgte durch einen Multiple-Choice-Test (MCQ) zu Beginn des Semesters. Die Gruppen bearbeiteten mit tutorieller Unterstützung dPOL-Fälle. Die Gruppeninteraktion und Tutor*innenaktivitäten wurden videografiert. Der Lernerfolg wurde am Ende des Semesters anhand eines MCQ sowie einer mündlichen und praktischen Prüfung erhoben.

Ergebnisse: dPOL-Gruppen mit geringerem Vorwissen weisen eine signifikant höhere Anzahl an Aussagen in Gruppeninteraktionen und eine höhere Tutor*inneneffektivität auf. Der zeitliche Umfang der Äußerungen (Prozentsatz, die Äußerungen an der Gesamtzeit einnehmen) ist jedoch in beiden Gruppen gleich. Studierende mit geringerem Vorwissen zeigen einen höheren Lernzuwachs im MCQ. Signifikante Gruppenunterschiede in den Ergebnissen der mündlichen und praktischen Prüfung zeigen sich allerdings nicht.

Schlussfolgerungen: Unterschiedliches Vorwissen der Lernenden führt zu unterschiedlichen Interaktionsdynamiken im dPOL. Im Hinblick auf Lernoutcomes profitieren insbesondere Lernende mit geringerem Vorwissen von dPOL. Die jeweiligen dPOL-Gruppen erreichten am Ende des Semesters ähnliche Lernergebnisse, die Befunde legen aber nahe, dass sich die Charakteristik des Wissenserwerbprozesses in Abhängigkeit vom Vorwissen unterscheidet.

Schlüsselwörter: problemorientiertes Lernen, POL, Videostudie, digital, Interaktion, Vorwissen, Lernerfolg

Martin Möser¹

Rico Hermkes²

Natalie Filmann³

Seon-Yee Harsch¹

Stefan Rüttermann¹

Susanne Gerhard-Szép¹

1 Goethe Universität Frankfurt am Main, Carolinum
Zahnärztliches Universitäts-Institut gGmbH, Abteilung konservierende Zahnheilkunde, Frankfurt/Main, Deutschland

2 Goethe Universität Frankfurt am Main, Institut für Wirtschaftsethik und Wirtschaftspädagogik, Frankfurt/Main, Deutschland

3 Goethe Universität Frankfurt am Main, Institut für Biostatistik und Mathematische Modellierung, Frankfurt/Main, Deutschland

Einleitung

Mehr als 50 Jahre nach seiner erstmaligen Implementierung ist das problemorientierte Lernen (POL) weltweit anerkannt und hat sich in der gesamten medizinischen Ausbildung verbreitet, um Fähigkeiten von Studierenden zu verbessern und sie auf die Herausforderungen des Berufslebens vorzubereiten [1].

Forschungsergebnisse des letzten Jahrzehnts haben verschiedene Vorteile von POL aufgezeigt. So geht POL bspw. mit einer höheren Lernfreude einher, was wiederum Wissenserwerbsprozesse positiv beeinflusst und besonders das selbstgesteuerte Lernen, das im Rahmen von POL erfolgt, wird von Lernenden als positiv eingeschätzt [2]. Studierende, die regelmäßig an POL-Sitzungen teilnehmen, erzielen bessere Ergebnisse in Wissenstests und erleben POL als eine angenehmere Art des Lernens im Vergleich zu lehrerzentrierten Lernangeboten [3]. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass neuere Entwicklungen wie das interprofessionelle POL ebenfalls auf hohe Akzeptanz bei den Lernenden stoßen [4].

Während Lernende vom POL profitieren, zeigen Befunde aber auch, dass Lehrende Vorbehalte gegenüber POL-Formen haben und deren Effektivität kritisch sehen [5], [6]. Zudem gibt es auch Hinweise darauf, dass POL zwar Praxiswissen fördert, dass aber lehrerzentrierte Kurse im Vergleich zu POL-Kursen zu einer höheren Ausprägung im wissenschaftlichen Theoriewissen bei Studierenden führen [7].

Heute kennt man eine Reihe von Faktoren, die die Lernergebnisse in POL-Kursen beeinflussen. Die Art und Weise, wie POL in verschiedenen Domänen implementiert und durchgeführt wird, die Spezifika der Implementation für Lernende unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Fachrichtungen, sind nur einige Parameter, die die Wirksamkeit von POL beeinflussen können [8]. Die Effektivität von POL (und die Qualität der Lernprozesse selbst) hängen zudem maßgeblich von den pädagogischen Fähigkeiten der Tutor*innen und deren akademischen Hintergrund ab [9], [10]. Auch spielt das Training, das Tutor*innen durchlaufen haben, eine Rolle und ebenso die Fähigkeiten, qualitativ hochwertige Diskussionen zu initiieren [11], [12]. Es gibt jedoch noch keine endgültige Lösung dazu, wie POL-Unterricht am besten optimiert werden kann [13].

Im Kontext COVID-19-Pandemie und die damit verbundene Digitalisierung von universitären Lehrveranstaltungen konnte die POL-Forschung eine Reihe neuer Erkenntnisse im Hinblick auf (synchrones) Online-Lernen gewinnen [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22]. Auch die Erhebungsmöglichkeiten für Lernprozesse verbesserten sich dadurch. So kann z. B. konstatiert werden, dass kognitive Prozesse der Lernenden (in tutoriell unterstützten Kleingruppen) zugänglicher werden, da verbalsprachlicher oder schriftlicher Austausch im digitalen Medium aufgezeichnet werden kann [23], [24]. Studien zur Analyse von Gruppeninteraktionen und Tutor*inneneffektivität im POL haben zudem wertvolle Kenntnisse aufgezeigt, allerdings wurde der Einfluss der Höhe des Vorwissens und der In-

teraktionsdynamik beim POL auf den Lernerfolg in der medizinischen Ausbildung bisher nicht untersucht, obwohl die Faktoren eine Schlüsselrolle für den Erfolg von POL darstellen [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32]. In anderen wissenschaftlichen Disziplinen, wie den Sozialwissenschaften und der Mathematik, konnte der Einfluss von Vorwissen und Interaktionsdynamik dagegen bereits empirisch belegt werden [33], [34].

Ziel unserer Studie ist es daher, die Interaktionsdynamiken (Gruppeninteraktionen, Tutor*inneneffektivität) digitaler POL-Sitzungen (dPOL) zu untersuchen und im Hinblick auf Unterschiede in den Lern- und Wissenserwerbsprozessen zwischen Gruppen mit unterschiedlichem Vorwissensstand zu analysieren. Datengrundlage sind videographierte dPOL-Sitzungen sowie zur Erfassung von Vorwissen und Lernoutcomes Multiple-Choice-Tests (MCQ), Noten einer strukturierten mündlichen Prüfung (SOE) und eine objektiv strukturierte praktische Prüfung (OSPE).

Forschungsfragen:

- Gibt es signifikante Unterschiede hinsichtlich der Gruppeninteraktionen zwischen den Gruppen?
- Gibt es signifikante Unterschiede hinsichtlich der Tutor*inneneffektivität zwischen den Gruppen?
- Gibt es signifikante Unterschiede hinsichtlich der Lernoutcomes der Gruppen?

Erhebungsmethode und Daten

1. Studienkontext und Teilnehmer*innen

Diese Studie wurde am zahnmedizinischen Institut der Goethe-Universität in Frankfurt am Main, Deutschland, durchgeführt. Die Studierenden des ersten klinischen Semesters (n=60) wurden anhand ihres Vorwissens in zwei Gruppen eingeteilt. Die Gruppeneinteilung erfolgte dabei auf Basis der Punktzahl im Prä-Test (Multiple-Choice). Zudem wurden auch die Prüfungsnote des ersten zahnärztlichen Staatsexamens und der allgemeinen Qualifikationsnote für den Hochschulzugang in Deutschland (Abitur) berücksichtigt. Auch das Geschlecht spielte bei der Gruppeneinteilung eine Rolle. Angestrebt war, dass weibliche (n=37) und männliche Studierende (n=23) gleichmäßig in den insgesamt zwölf dPOL-Gruppen verteilt waren. Studierende mit geringerem Vorwissen bildeten die Untersuchungsgruppe A (n=30), Studierende mit höherem Vorwissen die Gruppe B (n=30). Beide Untersuchungsgruppen wurden in Untergruppen (A 1-6 und B 1-6) mit je fünf Lernenden unterteilt, wobei die Einteilung unter den oben beschriebenen Parametern erfolgte. Jeder Untergruppe wurde ein Tutor bzw. eine Tutorin zugewiesen.

Während des Semesters bearbeiteten die zwölf Gruppen jeweils fünf dPOL-Fälle. Basierend auf dem siebenstufigen POL-Modell, das an der Universität Maastricht entwickelt wurde [35], wurden die ersten fünf Schritte in der ersten digitalen Sitzung bearbeitet, der sechste Schritt in einer

Tabelle 1: Durchschnittliche Interaktionszeiten, angegeben als Prozentsatz der Gesamtzeit, sowie durchschnittliche Häufigkeiten des Auftretens von Äußerungen, die lernorientierte Interaktionen betreffen.

SD=Standardabweichung, M=Durchschnitt.

Kategorie	Interaktionszeit als Prozentsatz der Gesamtzeit					Häufigkeit des Auftretens				
	Gruppe A (geringeres Vorwissen)		Gruppe B (höheres Vorwissen)		Signifikanz (p =)	Gruppe A (geringeres Vorwissen)		Gruppe B (höheres Vorwissen)		Signifikanz (p =)
	M Zeit (%)	SD Zeit (%)	M Zeit (%)	SD Zeit (%)		M (n =)	SD (n =)	M (n =)	SD (n =)	
Exploratives Fragen	6,9	1,8	6	1,5	0,4	44,7	14,8	30,3	11,4	0,07
Offene Frage	1,4	0,2	1,2	0,7	0,4	13,6	8,4	7,5	5,6	< 0,05
Kritische Frage	0,5	2	0,5	0,3	0,9	2,4	1,1	1,9	1,7	0,7
Verifizierungsfrage	4,4	1,4	3,3	2,1	0,3	26,8	18	18,6	15,8	0,2
Alternatives Argument	0,7	0,6	1,1	0,7	0,9	1,9	1,1	2,3	1,3	0,9
Kumulative Argumentation	67,3	21,8	65,7	21	0,9	364,9	112,3	229,6	67,5	0,06
Stellungnahme	57,9	1,8	56,3	8,5	0,9	201,7	137,1	116,1	73,6	< 0,05
Anderes Argument	1,5	1,6	1,3	0,8	0,9	2,1	1,1	2,4	1,3	0,5
Andere Frage	4,5	10,5	3,4	2	0,3	41	21,5	22,2	16,6	< 0,05
Urteilsannahme/ -bestätigung	3,5	0,6	4,7	2,6	0,7	120,1	84,1	88,9	60,8	0,3
Umgang mit Wissenskonflikten	6,9	2	9,9	3,5	0,8	21,9	7,9	13	2,8	< 0,05
Gegenargument	0,7	9,2	0,8	0,6	0,3	2,5	1,7	2	1,2	0,2
Urteilsverneinung/ Uneinigkeit	0,3	0,6	0,2	0,1	0,5	10,6	9,3	4,4	2,9	< 0,05
Evaluation	5,8	0,5	8,9	3,4	0,2	8,8	7,2	6,6	1,7	0,7
Prozedural	2,5	0,2	1,9	1,3	0,5	18,7	17,5	5,1	7,2	< 0,05
Irrelevant/„off-task“	16,4	1,4	16,6	9,1	0,9	39,1	32,7	28,6	20,7	0,4

Gesamtzeit der untersuchten Sitzung=34 Stunden und 26 Minuten; Gesamtzahl der untersuchten Äußerungen=12.766.

Selbstlernphase und der siebte Schritt in der zweiten digitalen Sitzung. Wie von Barrows [36] empfohlen, wurde in der zweiten digitalen Sitzung ein achter Schritt hinzugefügt, um den dPOL-Prozess zu evaluieren.

Eine Expertin (Master of Medical Education) schulte die Tutor*innen darin, dPOL-Sitzungen situationsabhängig entweder in einem nicht-unterstützenden Stil („non-facilitative“) oder in einer unterstützenden Weise („facilitative“) zu führen [37]. Zu Beginn sollten die Tutor*innen die dPOL-Sitzungen unterstützend leiten. Im Laufe der dPOL-Fallbearbeitungen sollten sie dann die Studierenden immer weniger unterstützen. Alle Tutor*innen waren Zahnärzte bzw. Zahnärztinnen. Jeder Tutor bzw. jede Tutorin betreute je eine Gruppe von Studierenden mit geringerem und mit höherem Vorwissen.

Weder die Studierenden noch die Tutor*innen kannten die vorgenommene Bewertung des Vorwissens und die Zuordnung zu Gruppe A oder B (double-blind setting). Die Sitzungen wurden auf der Online-Plattform Vydeo® (Vydeo, Berlin, Deutschland) abgehalten. Die Studierenden und Tutor*innen konnten einander über Videokameras sehen und gemeinsam an Dokumenten arbeiten. Am Ende des Semesters absolvierten die Studierenden einen Post-Semester MCQ, eine bewertete SOE und OSPE.

2. Video-Material und Kodierschema

2.1. Setting

Für die quantitative und qualitative Analyse der aufgezeichneten dPOL-Sitzungen wurde die Software Interact® (Version 18, Mangold International GmbH, Arnstorf, Deutschland) verwendet. Ein zweiter Rater kodierte unabhängig vom Erstrater zufällig ausgewählte sieben Stunden des Videomaterials (20% des gesamten Videomaterials [26]). Vor dem Rating fand eine zweiwöchige Rater-Schulung statt. Die Inter-Rater-Reliabilität (Cohen's Kappa) der kodierten sieben Stunden betrug $\kappa=0.81$. Die übrigen Videos wurden anschließend vom Erstrater ausgewertet.

2.2. Analysevariablen und Kodierschema

Basierend auf dem Kodierschema von Visschers-Pleijers [26] werden drei verschiedene Arten von Gruppeninteraktion analysiert: lernorientierte Interaktionen (z. B. exploratives Fragen, kumulative Argumentation und Umgang mit Wissenskonflikten), prozedurale Interaktionen und irrelevante/„off-task“ Interaktionen (siehe Tabelle 1). Irrelevante/„off-task“ Interaktionen umfassten auch das Ereignis „Stille“, das ebenfalls analysiert wurde.

Tabelle 2: Durchschnittliche Interaktionszeiten, angegeben als prozentualer Anteil an der Gesamtzeit, sowie durchschnittliche Häufigkeiten des Auftretens von Äußerungen in Bezug auf Tutor*innenäußerungen.
SD=Standardabweichung, M=Durchschnitt.

Kategorie	Interaktionszeit als Prozentsatz der Gesamtzeit					Häufigkeit des Auftretens				
	Gruppe A (geringeres Vorwissen)		Gruppe B (höheres Vorwissen)		Signifikanz (p =)	Gruppe A (geringeres Vorwissen)		Gruppe B (höheres Vorwissen)		Signifikanz (p =)
	M Zeit (%)	SD Zeit (%)	M Zeit (%)	SD Zeit (%)		M (n =)	SD (n =)	M (n =)	SD (n =)	
Der/die Tutor*in regte uns an...										
Konstruktives/ aktives Lernen	59,3	9	58,3	9,4	0,9	39	11,5	30,2	10,1	0,3
...in eigenen Worten zusammenzufassen, was wir gelernt haben.	1,6	0,5	2,8	0,5	0,8	1	0	2	1	0,8
...nach Zusammenhängen in den diskutierten Inhalten zu suchen.	24,5	4,9	24,9	3,6	0,9	25,8	11,6	21,5	9,2	0,9
...grundlegende Mechanismen/ Theorien zu verstehen.	33,3	11	30,6	11,9	0,8	12,2	6,4	6,7	6	< 0,05
Selbstgesteuertes Lernen	10,4	1,3	11,6	1,4	0,8	6,2	2,8	7,1	3,5	0,9
...klare Lernziele selbst zu generieren.	5,6	1,4	5,7	1,5	0,9	4,2	3,2	5,1	3,9	0,8
...nach weiteren Quellen (Internet, Bücher etc.) zu suchen.	4,8	1,2	6	1,3	0,9	2	1,2	2,2	0,9	0,9
Kontextbezogenes Lernen	7,3	1,2	7,4	0,9	0,6	13,1	8,8	8,1	5,9	0,07
...Wissen über das diskutierte Problem anzuwenden.	6,4	1,1	3,7	0,9	0,2	11,8	8,6	5,9	6,7	0,3
...Wissen über das diskutierte Problem hinaus anzuwenden.	1	0,2	3,8	1	0,2	1,3	0,5	2,1	1,6	0,1
Kollaboratives Lernen	18	2,2	15,1	3,4	0,6	4,3	2,9	2,5	1,8	0,2
...konstruktives Feedback über die Gruppenarbeit abzugeben.	18	2,2	15,1	3,4	0,6	4,3	2,9	2,5	1,8	0,2
...unsere Gruppenarbeit regelmäßig zu evaluieren.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intrapersonelles Verhalten als Tutor*in	5	1,4	7,6	1,9	0,2	11,3	12,2	7,3	4,6	0,9
Der/die Tutor*in hatte eine genaue Vorstellung über seine/ihre Stärken und Schwächen als Tutor/in.	5	1,4	7,6	1,9	0,2	11,3	12,2	7,3	4,6	0,9

Gesamtzeit der untersuchten Sitzung=34 Stunden und 26 Minuten; Gesamtzahl der untersuchten Äußerungen=1.476.

Darüber hinaus wurde die Tutor*inneneffektivität erhoben. Basis bildete ein Kodierschema, das auf den von Dolman entwickelten Evaluationsbogen beruht [38] (siehe Tabelle 2). Kodiert wurden vier Strategien, die die Anregung von Lernprozessen durch die Tutor*innen betrafen. Das sind konstruktives/aktives Lernen, selbstgesteuertes Lernen, kontextuelles Lernen und kollaboratives Lernen. Auch das intrapersonale Verhalten als Tutor*in wurde untersucht.

Alle Äußerungen der Studierenden und Tutor*innen (die von einem Wort bis zu mehreren Sätzen reichten), wurden

gemäß diesem Schemas klassifiziert [26], [38]. Anschließend wurde jede Äußerung hinsichtlich ihrer Auftretenshäufigkeit und ihres prozentualen Anteils an der Gesamtsitzungszeit untersucht. Ab dem Zeitpunkt, zu dem eine Äußerung begann, wurde sie entsprechend kodiert und bis zum Ende der Äußerung dokumentiert (siehe Abbildung 1). Insgesamt wurden 12.766 Äußerungen der Studierenden und 1.476 Äußerungen der Tutor*innen untersucht.

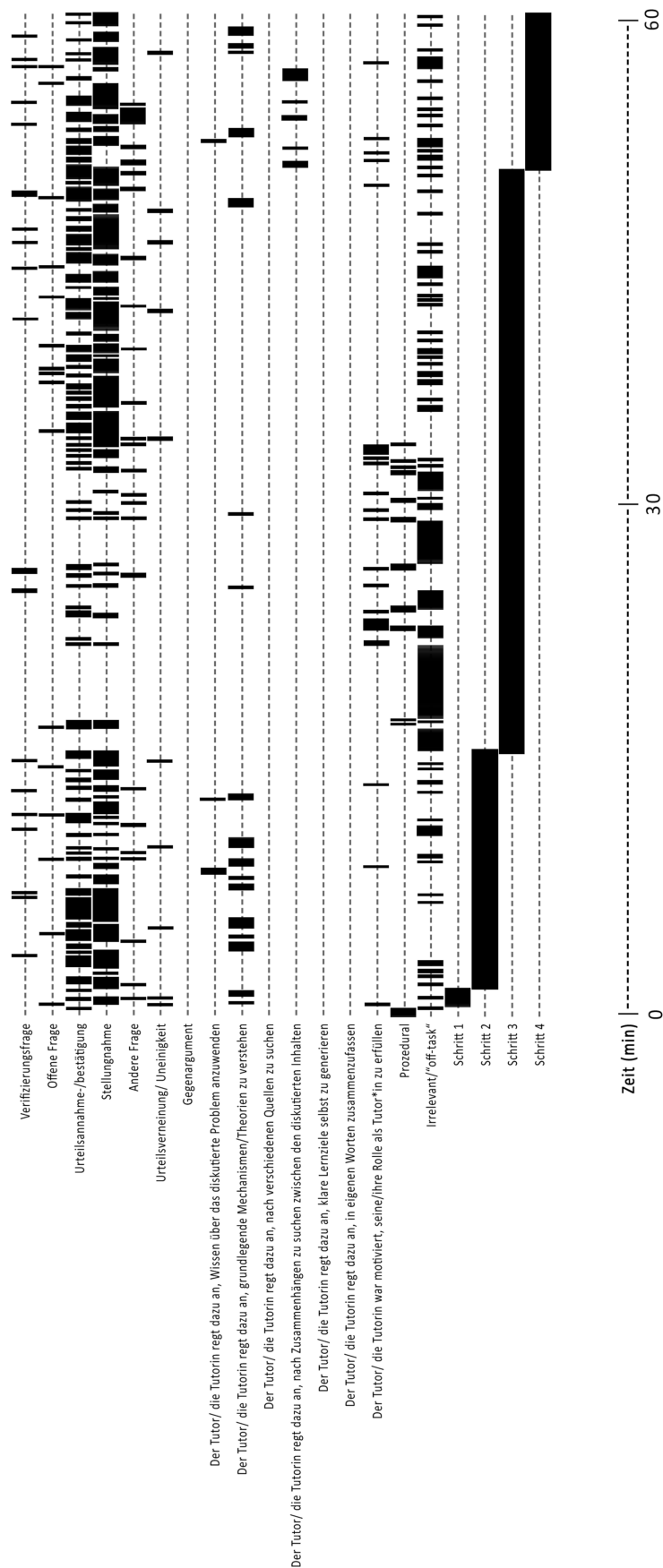


Abbildung 1: Ein typisches Kodierungsergebnis der ersten 60 Minuten einer dPOL-Sitzung (die die Schritte 1-4 umfasste). Die Codes „Stellungnahme“ und „Urteilsannahme/-bestätigung“ dominieren, während zu Beginn von Schritt 3 hauptsächlich „off-task/irrelevante“ Codes auftraten.

3. Multiple-Choice-Test

Der Prä- und der Post-Semester Multiple-Choice-Test umfassten je 50 Fragen, die sich mit zahnärztlichen Materialien und Instrumenten, zahnärztlichen Behandlungsverfahren und Diagnosestellungen befassten. Die durch den MCQ abgefragten Inhalte waren alle Gegenstand der dPOL-Sitzungen. Die Tests basieren auf einer validierten Vorlage, wobei die interne Konsistenz der Items einen Cronbach's α -Wert von 0.63 für den Prä-Test und 0.67 für den Post-Test ergab [37].

4. Statistische Analyse

Die Datenanalyse (MCQ, SOE, OSPE) erfolgte mittels der Software BiAs[®] (Version 11.12, Frankfurt, Deutschland). Signifikante Gruppenunterschiede ($p < 0,05$) wurden anhand des Wilcoxon-Mann-Whitney U-Test berechnet.

Die kodierten Videodaten wurden statistisch mit Mixed-Effect-Modellen wie lineare gemischte Modelle und generalisierte lineare gemischte Modelle untersucht [39]. Zur Berechnung der Inter-Rater-Reliabilität (Cohen's Kappa) wurde ein Interact[®]-Software-Tool verwendet, das speziell für diese Analyse entwickelt wurde.

Für eine Stichprobenabschätzung wurden mehrere Faktoren einbezogen. Erstens wurden die in früheren Untersuchungen (Pilotstudien ausgeschlossen) analysierte POL-Zeit bzw. die Anzahl der durchgeführten POL-Sitzungen als Referenzpunkte genutzt [25], [26], [27], [29], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46]. Zweitens wurden die in den Studien gewählten Analyseeinheiten (Session, Segmente) herangezogen. Die Analyse ergab, dass eine Mindestanzahl von 15 Videos ausreichend ist, um relevante Effekte zu identifizieren und signifikante Informationen im Rahmen der Pilotstudie zu erhalten.

Ergebnisse

1. Analyse der Videodaten

Von insgesamt 120 PBL-Sitzungen wurden 34 aufgezeichnet und analysiert (Drop-out 70,9%). Die 34 Videos bestanden aus 15 Videos von Gruppen mit geringerem Vorwissen und 19 Videos von Gruppen mit höherem Vorwissen und umfassten die erste und zweite dPOL-Sitzung.

1.1. Analyse der lernorientierten Interaktionen

Beide Gruppen verbrachten die meiste Zeit mit kumulativer Argumentation (Gruppe A: 67,3%; Gruppe B: 65,7%), während Äußerungen bezogen auf das Prozedere in beiden Gruppen am wenigsten Zeit in Anspruch nahmen (Gruppe A: 2,5%; Gruppe B: 1,9%). Das gleiche Bild zeigte sich im Hinblick auf die Anzahl der Äußerungen (kumulative Argumentation Gruppe A: $n=364,9$; Gruppe B: $n=229,6$; prozedurale Äußerungen Gruppe A: $n=18,7$; Gruppe B: $n=5,1$). Hinsichtlich der Häufigkeit des Auftre-

tens von Gruppeninteraktionen traten in Gruppe A signifikant mehr Äußerungen in Bezug auf den Umgang mit Wissenskonflikten, offene Fragen, andere Fragen, Stellungnahmen, Urteilsverneinungen/Uneinigkeiten und prozedurale Interaktionen (alle $p < 0,05$) als Gruppe B auf. Bezogen auf den prozentualen Anteil der Gesamtzeit gab es bei diesen Interaktionen keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (siehe Tabelle 1).

1.2. Analyse der Tutor*inneneffektivität

Die Mehrzahl der Tutor*innenäußerungen waren in beiden Untersuchungsgruppen auf konstruktives/aktives Lernen ausgerichtet (Gruppe A: 59,3%; Gruppe B: 58,3%). Auf intrapersonales Verhalten des/der Tutor*in bezogene Äußerungen nahmen die geringste Zeit ein (Gruppe A: 5%; Gruppe B: 7,6%). Äußerungen, die konstruktives/aktives Lernen betrafen, wiesen auch die größte numerische Häufigkeit auf (Gruppe A: $n=39$; Gruppe B: $n=30,2$). Die geringste Anzahl wiesen hier Äußerungen zum kollaborativen Lernen auf (Gruppe A: $n=4,3$; Gruppe B: $n=2,5$) (siehe Tabelle 2).

2. Wissenserwerb

Gruppe A erzielte im Prä-Semester MCQ signifikant weniger Punkte als Gruppe B, weist jedoch im Post-Semester MCQ signifikant mehr Punkte als Gruppe B auf (siehe Tabelle 3).

Gruppe A erreicht dabei einen Wissenszuwachs von 13,7 Punkten, Gruppe B lediglich von 3,7 Punkten. Der Durchschnitt des Wissenszuwachses über beide Gruppen hinweg liegt dementsprechend bei 8,7 Punkten (siehe Tabelle 4).

Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen in den Noten der strukturierten mündlichen Prüfung sowie der objektiv strukturierten praktischen Prüfung (siehe Tabelle 5).

Diskussion

In dieser Pilotstudie wurde der Einfluss der Interaktionsdynamik (Lerngruppeninteraktionen, Tutor*inneneffektivität) auf den Wissenserwerb in einem digitalen POL-Setting untersucht. Hierbei zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen Lerngruppen, die sich durch unterschiedliches Vorwissen auszeichnen. Die Ergebnisse können dazu beitragen, die Rolle, die Interaktionen zwischen Lernenden und Tutor*innen sowie zwischen den Lernenden untereinander im POL-Unterricht spielen, aufzuklären und liefern wertvolle Informationen im Hinblick auf die didaktische Gestaltung von POL-Unterricht. Die Erkenntnisse umfassen zudem die Abhängigkeit des Gelingens von POL vom Vorwissen der Lernenden sowie die Umsetzung als digitales Lernszenario.

Obwohl es sich zunächst um eine Pilotstudie handelt, wurden insgesamt 34 Stunden und 26 Minuten Videomaterial analysiert, (mit insg. 14.366 Äußerungen), was ein

Tabelle 3: Ergebnisse des Multiple-Choice-Tests der beiden Untersuchungsgruppen.

M=Durchschnitt, SD=Standardabweichung.

	Gruppe A (geringeres Vorwissen)		Gruppe B (höheres Vorwissen)		Signifikanz (p =)
Kategorie	M (n =)	SD (n =)	M (n =)	SD (n =)	
Multiple-Choice Fragen (max. 50 Punkte)					
Prä-Test (MCQ)	16,5	8	23,5	3,8	< 0,05
Post-Test (MCQ)	30,2	8,2	27,2	6,3	< 0,05

Tabelle 4: Zusammenhang zwischen Prä- und Postmessung des Multiple-Choice-Tests.

M=Durchschnitt, SD=Standardabweichung.

	Prä-test		Post-test		Signifikanz (p =)
Kategorie	M (n =)	SD (n =)	M (n =)	SD (n =)	
Multiple-Choice Fragen (max. 50 Punkte)					
Gruppe A	16,5	8	30,2	8,2	< 0,05
Gruppe B	23,5	3,8	27,2	6,3	< 0,05
Gruppe A und B	19,9	6,3	28,7	6,5	< 0,05

Tabelle 5: Noten der objektiv strukturierten praktischen Prüfung (OSPE) und der strukturierten mündlichen Prüfung (SOE).

M=Durchschnitt, SD=Standardabweichung.

	Gruppe A (geringeres Vorwissen)		Gruppe B (höheres Vorwissen)		Signifikanz (p =)
Kategorie	M (n =)	SD (n =)	M (n =)	SD (n =)	
SOE und OSPE (Von 1 bis 6, 1 = sehr gut)					
Strukturierte mündliche Prüfung (OSPE)	2,3	1,2	1,7	0,9	0,1
Objektiv strukturierte praktische Prüfung (SOE)	3,2	0,8	3,0	0,7	0,3

umfassenderes Bild auf das Gelingen von POL-Prozessen zulässt, als das in vergleichbaren Studien, die sich mit der Analyse von Gruppeninteraktionen und der Effektivität von Tutor*innen in POL-Settings beschäftigten, möglich ist [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50], [51], [52], [53]. Nichtsdestotrotz ist eine Follow-Up-Studie mit größerer Stichprobe und einer genauen Stichprobenabschätzung geplant.

1. Gruppeninteraktionen

Bei Studierenden mit geringerem Vorwissen (Gruppe A) traten mehr Äußerungen in den Interaktionskategorien auf. Dennoch unterschied sich die aufgewendete Interaktionszeit nicht von der in der Gruppe mit höherem Vorwissen (Gruppe B). Die geäußerten Beiträge in Gruppe A waren dementsprechend im Durchschnitt kürzer. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass Gruppe A nicht über ausreichendes Vorwissen verfügte, um tiefer greifende Diskussionen miteinander zu führen, die Argumentationen elaborierter zu gestalten oder Sachverhalte in ihren Erklärungen aufeinander zu beziehen [54], [55]. Hierbei kann auch eine Rolle spielen, dass bestimmte POL-Aufgaben (vorwissensabhängig) unterschiedlich kognitiv aktivierend für die beiden Gruppen waren. Das Konzept der kognitiven Aktivierung ist im Rahmen konstruktivistischen Ler-

nens verankert und bezieht sich auf die Adaptivität von Lernproblemen und -aufgaben für bestimmte Lerngruppen. Zentrales Element ist dabei die Evozierung kognitiver Konflikte, die als Lernanlässe aufgefasst werden und die Lernprozesse initiieren sollen [56], [57]. Hier könnte es insofern sinnvoll sein, in nachfolgenden Studien auch das Ausmaß an kognitiver Aktivierung (zumindest als Kontrollgröße) mit einzubeziehen. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine kognitive Aktivierung, die zu Beginn einer Lernsequenz geschieht, für die Qualität der nachfolgenden Schülergruppendifussionen relevant ist. So ist zu erwarten, dass Gruppen, für die die Lernaufgaben weniger kognitiv aktivierend sind, auch eine geringere Qualität in ihrer Gruppendiskussion zeigen (was sich in kürzeren Beiträgen manifestieren kann).

Dafür zeigte Gruppe A eine höhere Rate an Äußerungen und tauschte insofern häufiger Informationen aus, was die Elaboration ihres Vorwissens unterstützt haben könnte [49].

Im Hinblick auf die „off-task“-Phasen kann die Pilotstudie die Ergebnisse von Visschers-Pleijers et al. [26] und De Grave et al. [58] nicht bestätigen, die aufgezeigt haben, dass, wenn Arbeitsregeln vorgegeben und die Rollenaufteilung in der Gruppe klar ist, „off-task“-Interaktionen wie Stille, selten gemessen würden. Unsere Beobachtung legt nahe, dass eine Phase der Stille im dPOL von den Studierenden meist als „individuelle Denkphase“ genutzt

wurde, bevor ein Gruppenkonsens erreicht wurde. Dies wird auch von Gukas et al. [47] in dieser Weise interpretiert. Eine systematische Untersuchung müssten hier nachfolgende Studien leisten, auch weil es sein kann, dass während Schweigephasen kognitive Verarbeitungsprozesse stattfinden und die nicht nur im Sinne eines Wartens auf Beiträge anderer Gruppenmitglieder zu verstehen sind [44], [47]. Dazu wäre „Stille“ in Gruppenarbeitsphasen als eine eigenständige Kategorie zu erfassen, die nicht Teil der „off-task“-Zeit ist, da es Hinweise darauf gibt, dass die Gruppen hohe Lernaktivitäten erzielten, auch wenn sie eine Zeit lang schwiegen, und dass die Phasen der Stille nicht darauf hinwiesen, dass die Studierenden nicht effektiv lernten [44], [47].

2. Tutor*inneneffektivität

Bezogen auf die Tutor*innenäußerungen zeigte sich ein Effekt, der darin bestand, dass in Gruppe A der/die Tutor*in die Studierenden signifikant häufiger dazu anregte, die den diskutierten Sachverhalten zugrunde liegenden Mechanismen/Theorien zu verstehen. In Bezug auf den prozentualen Anteil der Gesamtsitzungszeit zeigten sich allerdings keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Hier lässt sich wieder schlussfolgern, dass die Tutor*innen kürzere Äußerungen realisierten, um Studierende mit weniger Vorwissen dazu anzuregen, die zugrunde liegenden Mechanismen/Theorien zu verstehen. Ein möglicher Grund dafür kann sein, dass Interaktionen mit Lernenden, die ein höheres Vorwissen aufweisen, detailliertere Erklärungen der zugrunde liegenden Mechanismen verlangt, um diese zufriedenzustellen als das in Interaktionen mit geringerem Vorwissen der Fall ist, die sich möglicherweise mit weniger tiefgreifenden Ausführungen zufriedengeben.

Insgesamt wendeten die Tutor*innen mehr als die Hälfte ihrer Interaktionszeit damit auf, konstruktives/aktives Lernen anzuregen, während sie nur etwa 10% für die Anregung zu selbstgesteuertem Lernen aufwendeten. Der Befund ist auch deshalb bedeutsam, da Studien nahelegen, dass gerade selbstgesteuertes Lernen ein Schlüssel zur Entwicklung medizinischer Fähigkeiten bei Studierenden ist [59]. Auch hier können nachfolgende Studien anschließen. Wenn sich zeigt, dass den die Tutor*innen generell weniger Zeit für die Anregung des selbstgesteuerten Lernens aufwenden, sich dieser Befund also in weiteren Studien bestätigt, könnte es sinnvoll sein, darauf den Fokus bei der POL-Schulung von Tutor*innen zu legen.

3. Wissenserwerb

Der Wissenszuwachs im MCQ lag bei Studierenden mit höherem Vorwissen bei durchschnittlich 3,7 Punkten mehr, bei Studierenden mit geringerem Vorwissen durchschnittlich bei 13,7 Punkten. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist zunächst einmal hervorhebenswert. Allerdings muss einschränkend gesagt werden, dass hier auch Deckeneffekte anzunehmen sind. Die

Gruppe B wies im Prätest bereits einen relativ hohen Wert auf, was einer Steigerung Grenzen setzt. Ein weiterer Befund ist, dass die Gruppe A im Vortest signifikant weniger Punkte als Gruppe B aufwies, dagegen im Post-Test signifikant mehr Punkte als Gruppe B erzielte.

Der vergleichsweise hohe Wissenszuwachs in Gruppe A könnte durch Interaktionsmuster in den tutoriell unterstützten Gruppendiskussionen erklärt werden. Zum einen lagen in Gruppe A im Durchschnitt 180 Äußerungen mehr pro dPOL-Sitzung als Gruppe B vor (Gruppe A: 489,3; Gruppe B: 306,7). Das legt nahe, dass in Gruppe A möglicherweise ein größerer interaktiver Austausch und Informationsfluss stattfanden, was schließlich den Wissenserwerb unterstützte. Zum anderen traten in Gruppe A signifikant höhere Werte in Bezug auf den Umgang mit Wissenskonflikten auf. Dies könnte sich als lernwirksam erwiesen haben, da, wie weiter oben bereits angesprochen, die Evozierung kognitiver Konflikte ein zentraler Aspekt von POL ist [60]. Daraus folgt ein weiterer, dritter Punkt. Wenn kognitive Konflikte dazu führen, dass von den Lernenden Lücken im (Vor-)Wissen erkannt werden, dann können sie auch gezielter daran arbeiten, diese Lücken zu schließen (vgl. Aktivierungs-Elaborations-Hypothese). Das war möglicherweise in Gruppe B weniger der Fall [61]. Es gab jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen in den Ergebnissen des SOE und OSPE zum Ende des Semesters. Das legt nahe, dass, obwohl beide Gruppen das Semester mit einem ähnlichen Wissensstand beendet haben, der Erwerbsprozess während der dPOL-Sessions selbst auf unterschiedliche Weise ablief. Hier kann die Studie insofern einen Beitrag leisten um die von Dolman gestellte Frage zu beantworten „under which conditions is PBL effective and for what kinds of students?“ [7]. Neben der Frage der kognitiven Aktivierung ist hier natürlich auch der angesprochene Deckeneffekt im Wissenszuwachs zu berücksichtigen [62].

Limitationen

Natürlich gibt es eine Reihe von Limitationen, die die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse dieser Pilot-Studie einschränken. So gibt es z.B. Befunde früherer Studien, die nahelegen, dass Lernende, wenn sie videographiert werden (zunächst) weniger spontan agieren als wenn sie in ihrer gewohnten Lernumgebung unbeobachtet sind [29]. Auch ist zu konstatieren, dass der Wissenserwerb der Studierenden sicher nicht ausschließlich auf die dPOL-Sessions beschränkt geblieben ist und im Semester stattfindende weitere Vorlesungen und praktische Kurse umfasst, die im Rahmen der Studie nicht kontrolliert worden sind. Ein weiterer Punkt, der zudem zu berücksichtigen ist, ist, dass der Lernprozessverlauf selbst nicht kontrolliert wurde und ob die Studierenden erfahrungsbedingt ihre Interaktionen in den Lerngruppen über die Sessions hinweg veränderten. Das gleiche gilt für Veränderungen und Anpassungen des Verhaltens der Tutor*innen bei der Unterstützung der Lerngruppen über die

Sessions hinweg [37]. Unsere Ergebnisse spiegeln insofern nur ein durchschnittliches Gesamtbild der Gruppeninteraktion wider, geben aber keine Auskünfte über Trend-Entwicklungen innerhalb des Untersuchungszeitraums.

Schlussfolgerungen

Die Interaktionsdynamik von Lernenden im dPOL wird maßgeblich vom Vorwissensstand beeinflusst, der in der Lerngruppe vorliegt. Insbesondere Gruppen mit Lernenden mit geringerem Vorwissen können von digitalen problemorientierten Lernangeboten profitieren, indem ein problembezogener rascherer Informationsaustausch zwischen den Lernenden erfolgen kann. Die in der strukturierten mündlichen Prüfung und der strukturierten praktischen Prüfung gemessenen Lernoutcomes unterscheiden sich nicht, jedoch legen die Befunde nahe, dass sich die Charakteristik des Wissenserwerbprozesses in Abhängigkeit vom Vorwissen differenziert.

Interessenkonflikt

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

Literatur

- Moallem M. Section 1: Understanding PBL: Historical and Theoretical Foundations. In: Moallem M, Hung W, Dabbagh N, editors. The Wiley handbook of problem-based learning. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2019. p.1-3. DOI: 10.1002/9781119173243
- Anderson V, Reid K. Students' perception of a problem-based learning scenario in dental nurse education. Eur J Dent Educ. 2012;16(4):218-223. DOI: 10.1111/j.1600-0579.2012.00745.x
- McHarg J, Kay EJ, Coombes LR. Students' engagement with their group in a problem-based learning curriculum. Eur J Dent Educ. 2011;16(1):e106-e110. DOI: 10.1111/j.1600-0579.2011.00682.x
- Dreier-Wolfgramm A, Homeyer S, Oppermann RF, Hoffmann W. A model of interprofessional problem-based learning for medical and nursing students: Implementation, evaluation and implications for future implementation. GMS J Med Educ. 2018;35(1):Doc13. DOI: 10.3205/zma001160
- Servant-Miklos V, Norman GR, Schmidt HG. A Short Intellectual History of Problem-Based Learning. In: Moallem M, Hung W, Dabbagh N, editors. The Wiley handbook of problem-based learning. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2019. p.3-24. DOI: 10.1002/9781119173243.ch1
- Moallem M, Hung W, Dabbagh N. Section II, Research in PBL. In: Moallem M, Hung W, Dabbagh N, editors. The Wiley handbook of problem-based learning. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2019. p.105-106. DOI: 10.1002/9781119173243.part2
- Dolmans D, Gijbels D. Research on problem-based learning: future challenges. Med Educ. 2013;47(2):214-218. DOI: 10.1111/medu.12105
- Moallem M. Effects of PBL on Learning Outcomes, Knowledge Acquisition, and Higher-Order Thinking Skills. In: Moallem M, Hung W, Dabbagh N, editors. The Wiley handbook of problem-based learning. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2019. p.107-111. DOI: 10.1002/9781119173243.ch5
- Du X, Nomikos M, Ali K, Lundberg A, Abu Hijleh M. Health educators' professional agency in negotiating their problem-based learning (PBL) facilitator roles: Q study. Med Educ. 2022;56(8):847-857. DOI: 10.1111/medu.14792
- Grasl MC, Kremser K, Breckwoldt J, Gleiss A. Does the tutors' academic background influence the learning objectives in problem-based learning? GMS J Med Educ. 2020;37(1):Doc8. DOI: 10.3205/zma001301
- Vogt K, Pelz J, Stroux A. Refinement of a training concept for tutors in problem-based learning. GMS J Med Educ. 2017;34(4):Doc38. DOI: 10.3205/zma001115
- Abdalla ME, Eladl MA. Student perception of the effect of problem familiarity on group discussion quality in a problem-based learning environment. GMS J Med Educ. 2019;36(3):Doc29. DOI: 10.3205/zma001237
- Ma CW. How to advance medical education using journal articles? Insight from problem-based learning. GMS J Med Educ. 2022;39(4):Doc48. DOI: 10.3205/zma001569
- Khan RA, Atta K, Sajjad M, Jawaid M. Twelve tips to enhance student engagement in synchronous online teaching and learning. Med Teach. 2022;44(6):601-606. DOI: 10.1080/0142159X.2021.1912310
- Jennebach J, Ahlers O, Simonsohn A, Adler M, Özkaya J, Raupach T, et al. Digital patient-centred learning in medical education: A national learning platform with virtual patients as part of the DigiPaL project. GMS J Med Educ. 2022;39(4):Doc47. DOI: 10.1080/0142159X.2021.1912310
- Winzer A, Jansky M. Digital lesson to convey the CanMEDS roles in general medicine using problem-based learning (PBL) and peer teaching. GMS J Med Educ. 2020;37(7):Doc64. DOI: 10.3205/zma001357
- Ertl S, Steinmair D, Löffler-Stastka H. Encouraging communication and cooperation in e-learning: solving and creating new interdisciplinary case histories. GMS J Med Educ. 2021;38(3):Doc62. DOI: 10.3205/zma001458
- Huber J, Wittl M, Schunk M, Fischer MR, Tols D. The use of the online Inverted Classroom Model for digital teaching with gamification in medical studies. GMS J Med Educ. 2021;38(1):Doc3. DOI: 10.3205/zma001399
- Hege I, Kononowicz AA, Berman NB, Lenzer B, Kieseewetter J. Advancing clinical reasoning in virtual patients – development and application of a conceptual framework. GMS J Med Educ. 2018;35(1):Doc12. DOI: 10.3205/zma001159
- Kollewe T, Ochsendorf F. Medical didactics during the pandemic: the asynchronous online seminar "Written Examinations" of the Frankfurter Arbeitsstelle für Medizindidaktik. GMS J Med Educ. 2021;38(1):Doc18. DOI: 10.3205/zma001414
- Dadaczynski K, Tols D. Digital health communication and health literacy in times of COVID-19. Planning and implementation of a special course of study in health promotion and prevention. GMS J Med Educ. 2021;38(1):Doc31. DOI: 10.3205/zma001427
- Abler M, Bachmaier R, Hawelka B, Prock S, Schworm S, Merz AK, Keil S. "It just magically happened overnight!" - support for the digitalization of medical teaching provided by an interdisciplinary e-tutor team. GMS J Med Educ. 2020;37(7):Doc75. DOI: 10.3205/zma001368
- Dolmans DH, Schmidt HG. What Do We Know About Cognitive and Motivational Effects of Small Group Tutorials in Problem-Based Learning? Adv Health Sci Educ Theory Pract. 2006;11(4):321-336. DOI: 10.1007/s10459-006-9012-8

24. Da Silva AL, Dennick R. Corpus analysis of problem-based learning transcripts: an exploratory study. *Med Educ*. 2010;44(3):280-288. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03575.x
25. Jaarsma AD, Dolmans DD, Muijtens AM, Boerboom TT, van Beukelen P, Scherpbier AJ. Students' and teachers' perceived and actual verbal interactions in seminar groups. *Med Educ*. 2009;43(4):368-376. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03301.x
26. Visschers-Pleijers AJ, Dolmans DH, Leng BA, Wolfhagen IH, Vleuten CP. Analysis of verbal interactions in tutorial groups: a process study. *Med Educ*. 2006;40(2):129-137. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2005.02368.x
27. Cianciolo AT, Kidd B, Murray S. Observational analysis of near-peer and faculty tutoring in problem-based learning groups. *Med Educ*. 2016;50(7):757-767. DOI: 10.1111/medu.12969
28. Kindler P, Grant C, Kulla S, Poole G, Godolphin W. Difficult incidents and tutor interventions in problem-based learning tutorials. *Med Educ*. 2009;43(9):866-873. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03423.x
29. Gilkison A. Techniques used by "expert" and "non-expert" tutors to facilitate problem-based learning tutorials in an undergraduate medical curriculum. *Med Educ*. 2003;37(1):6-14. DOI: 10.1046/j.1365-2923.2003.01406.x
30. Basu Roy R, McMahon GT. Video-based cases disrupt deep critical thinking in problem-based learning. *Med Educ*. 2012;46(4):426-435. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2011.04197.x
31. Nieminen J, Sauri P, Lonka K. On the relationship between group functioning and study success in problem-based learning. *Med Educ*. 2006;40(1):64-71. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2005.02344.x
32. Norman GR, Schmidt HG. Effectiveness of problem-based learning curricula: theory, practice and paper darts. *Med Educ*. 2000;34(9):721-728. DOI: 10.1046/j.1365-2923.2000.00749.x
33. Van Blankenstein FM, Dolmans DH, Van der Vleuten CP, Schmidt HG. Relevant prior knowledge moderates the effect of elaboration during small group discussion on academic achievement. *Instr Sci*. 2013;41(4):729-744. DOI: 10.1007/s11251-012-9252-3
34. Xhomara N. How prior knowledge, learning, teaching and assessment affect students' achievements in Mathematics. *Res Educ Learn Innov Arch*. 2020;25:68-91. DOI: 10.7203/realia.25.15780
35. Davis MH, Harden RM. AMEE Medical Education Guide No. 15: Problem-based learning: a practical guide. *Med Teach*. 1999;21(2):130-140. DOI: 10.1080/01421599979743
36. Barrows HS, Tamblyn RM. Problem-based learning: an approach to medical education. New York: Springer Pub. Co.; 1980.
37. Gerhardt-Szep S, Kunkel F, Moeltner A, Hansen M, Böckers A, Rüttermann S, Ochsendorf F. Evaluating differently tutored groups in problem-based learning in a German dental curriculum: a mixed methods study. *BMC Med Educ*. 2016;16:14. DOI: 10.1186/s12909-015-0505-0
38. Dolmans DH, Ginns P. A short questionnaire to evaluate the effectiveness of tutors in PBL: validity and reliability. *Med Teach*. 2005;27(6):534-538. DOI: 10.1080/01421590500136477
39. Hedderich J, Sachs L. *Angewandte Statistik, Methodensammlung mit R*. Berlin: Springer-Verlag Berlin; 2016. DOI: 10.1007/978-3-662-45691-0
40. Oh SA, Chung EK, Woo YJ, Han ER, Kim YO. Analysis of Verbal Interactions in Problem-based Learning. *Korean J Med Educ*. 2010;22(2):131-139. DOI: 10.3946/kjme.2010.22.2.131
41. Koschmann T, Evensen DH, Glenn P, Hall R, Frederiksen C. Five readings of single text: transcript of video analysis session. In: Hmelo CE, Evensen DH, editors. Problem-based learning: a research perspective on learning interaction. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates; 2008. p.137-166.
42. Imafuku R. Japanese first-year PBL students' learning process: a classroom discourse analysis. In: Bridges S, McGrath C, Whitehill TL, editors. Problem-based learning in clinical education. The next generation. New York: Springer; 2012. p.153-170. DOI: 10.1007/978-94-007-2515-7_10
43. Lee GH, Lin CS, Lin YH. How experienced tutors facilitate tutorial dynamics in PBL groups. *Med Teach*. 2012;35(2):e935-942. DOI: 10.3109/0142159X.2012.714883
44. Nest Jin J. Sounds of silence: examining silence in problem-based learning (PBL) in Asia. In: Bridges S, McGrath C, Whitehill TL, editors. Problem-based learning in clinical education. The next generation. New York: Springer; 2012. p.171-188. DOI: 10.1007/978-94-007-2515-7_11
45. Visschers-Pleijers AJ, Dolmans DH, Wolfhagen IH, van der Vleuten CP. Exploration of a method to analyze group interactions in problem-based learning. *Med Teach*. 2004;26(5):471-478. DOI: 10.1080/01421590410001679064
46. Lee GH, Lin YH, Tsou KI, Shiao SJ, Lin CS. When a Problem-Based Learning Tutor Decides to Intervene. *Acad Med*. 2009;84(10):1406-1411. DOI: 10.1097/ACM.0b013e3181b6b433
47. Gukas ID, Leinster SJ, Walker R. Verbal and nonverbal indices of learning during problem-based learning (PBL) among first year medical students and the threshold for tutor intervention. *Med Teach*. 2010;32(1):e5-11. DOI: 10.3109/01421590903398232
48. Hmelo-Silver CE. Creating a learning space in problem-based learning. *Interdiscip J Probl Based Learn*. 2013;7:1. DOI: 10.7771/1541-5015.1334
49. Aarnio M, Lindblom-Ylänne S, Nieminen J, Pyörälä E. Dealing with conflicts on knowledge in tutorial groups. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*. 2012;18(2):215-230. DOI: 10.1007/s10459-012-9366-z
50. Azer SA. Interactions Between Students and Tutor in Problem-Based Learning: The Significance of Deep Learning. *Kaohsiung J Med Scis*. 2009;25(5):240-249. DOI: 10.1016/S1607-551X(09)70068-3
51. Tang S, Long M, Tong F, Wang Z, Zhang H, Sutton-Jones KL. A Comparative Study of Problem-Based Learning and Traditional Approaches in College English Classrooms: Analyzing Pedagogical Behaviors Via Classroom Observation. *Behav Sci (Basel)*. 2020;10(6):105. DOI: 10.3390/bs10060105
52. Faidley J, Evensen DH, Salisbury-Glennon J, Glenn J, Hmelo CE. How are we doing? Methods of assessing group processing in a problem-based learning context. In: Hmelo CE, Evensen DH, editors. Problem-based learning: a research perspective on learning interaction. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates; 2008. p.109-138.
53. Duek J. Whose group is it, anyway? Equity of student discourse in problem-based learning (PBL). In: Hmelo CE, Evensen DH, editors. Problem-based learning: a research perspective on learning interaction. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates; 2008. p.75-108.
54. Zohar A, Nemet F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *J Res Sci Teach*. 2002;39(1):35-62. DOI: 10.1002/tea.10008
55. Schmidt HK, Rothgangel M, Grube D. Does prior domain-specific content knowledge influence students' recall of arguments surrounding interdisciplinary topics? *J Adolesc*. 2017;61:96-106. DOI: 10.1016/j.adolescence.2017.10.001
56. Kunter M, Baumert J, Blum W, Klusmann U, Krauss S, Neubrand M, editors. Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers. Boston, MA: Springer US; 2013. DOI: 10.1007/978-1-4614-5149-5

57. Rieser S, Decristan J. Kognitive Aktivierung in Befragungen von Schülerinnen und Schülern. Unterscheidung zwischen dem Potential zur kognitiven Aktivierung und der individuellen kognitiven Aktivierung. *Päd Psychol.* 2023;1-15. DOI: 10.1024/1010-0652/a000359
58. De Grave WS, Boshuizen HP, Schmidt HG. Problem based learning: Cognitive and metacognitive processes during problem analysis. *Instr Sci.* 1996;24(5):321-341.
59. Röcker N, Lottspeich C, Braun LT, Lenzer B, Frey J, Fischer MR, Schmidmaier R. Implementation of self-directed learning within clinical clerkships. *GMS J Med Educ.* 2021;38(2):Doc43. DOI: 10.3205/zma001439
60. Boelens R, De Wever B, Rosseel Y, Verstraete AG, Derese A. What are the most important tasks of tutors during the tutorials in hybrid problem-based learning curricula? *BMC Med Educ.* 2015;15:84. DOI: 10.1186/s12909-015-0368-4
61. Schmidt HG, Rotgans JI, Yew EH. The process of problem-based learning: what works and why. *Med Educ.* 2011;45(8):792-806. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2011.04035.x
62. Garin O. Ceiling Effect. In: Michalos AC, editor. *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research.* Dordrecht: Springer; 2014. DOI: 10.1007/978-94-007-0753-5_296

Korrespondenzadresse:

Martin Möser
Goethe Universität Frankfurt am Main, Carolinum
Zahnärztliches Universitäts-Institut gGmbH, Abteilung
konservierende Zahnheilkunde, Theodor-Stern-Kai 7,
60596 Frankfurt/Main, Deutschland
martin-moeser@web.de

Bitte zitieren als

Möser M, Hermkes R, Filmann N, Harsch SY, Rüttermann S, Gerhard-Szép S. Does prior knowledge affect interaction dynamics and learning achievement in digital problem-based learning? A pilot study. *GMS J Med Educ.* 2023;40(6):Doc69. DOI: 10.3205/zma001651, URN: urn:nbn:de:0183-zma0016518

Artikel online frei zugänglich unter

<https://doi.org/10.3205/zma001651>

Eingereicht: 18.01.2023

Überarbeitet: 01.06.2023

Angenommen: 08.08.2023

Veröffentlicht: 15.11.2023

Copyright

©2023 Möser 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/>.