

Concept and benefits of the Inverted Classroom method for a competency-based biochemistry course in the pre-clinical stage of a human medicine course of studies

Abstract

Background: Medical students often have a problem recognising the relevance of basic science subjects for their later professional work in the pre-clinical stage of their studies. This can lead to a lower motivation to learn biochemical content and dissatisfaction in the courses amongst the students. Alternative teaching methods such as the Inverted Classroom (IC) method can address this deficiency. The goal of this study was:

1. to analyse the motivation and satisfaction of the students in a biochemistry seminar through the use of the e-learning-based IC method,
2. to investigate the acceptance against the IC teaching method in biochemistry, and
3. to compare the learning success achieved using the IC approach with that of a traditional course.

We also investigated how a biochemistry course in the pre-clinical stage of a human medicine course of studies can be successfully organised according to the IC method. Furthermore, we examined the benefits of the IC method over conventional teaching formats.

Method: The IC method was implemented in accordance with the guidelines of the GMA committee "New Media" [30] in a biochemistry seminar for two student IC intervention groups with 42 students. A part of the factual knowledge from the on-site phase in the form of teaching videos together with self-learning control tasks were provided online before the seminar for both IC intervention groups. Exporting content to the self-learning phase creates new free time in the on-site phase, during which the content can be critically considered and processed and additional competency-based learning objectives can be taught. Identical biochemistry teaching content was taught in parallel control groups (14 student groups with n=299 students), but no material was handed out beforehand for a self-learning phase. These students only received the materials after the on-site phase. Motivation and satisfaction as well as the acceptance for the teaching methods were recorded by questionnaires, the acquisition of knowledge by MC exams.

Results: On a Likert scale from 1 (strongly disagree) to 6 (strongly agree), the students in the IC intervention groups could be seen to be much more motivated (5.53) than students in the control group (4.01). Students in the IC intervention groups also recognised the relevance of the learning content much more clearly (5.44) than students in the control group (4.01). Furthermore, the IC group also observed that additional competencies were trained in addition to the biochemistry content. In addition, the IC intervention group awarded the event a school grade of 1.53, the traditional control group a grade of 2.96. The teaching videos were rated very positively by both groups with an average school grade of 1.3 in each case. A qualitative analysis showed that the motivation and a positive attitude of the lecturers played a decisive role in the successful implementation of the IC method.

Discussion and conclusion: Pre-clinical students display a high acceptance of the e-learning-based IC method. Teaching communication

Susanne J. Kühl¹
Matthias Toberer¹
Oliver Keis²
Daniel Tolks³
Martin R. Fischer³
Michael Kühl¹

1 Ulm University, Institute of Biochemistry and Molecular Biology, Ulm, Germany

2 Ulm University, Medical Faculty Ulm, Office of Student Affairs, Ulm, Germany

3 Clinic of the Ludwig-Maximilians-University Munich, Institute of Didactics and Educational Research in Medicine, Munich, Germany

competencies in a biochemistry seminar was also rated very positively by the students. The quality of the teaching video and the motivation of the lecturers were shown to be a critical parameter for the successful performance of the IC method. What's more, the IC method can contribute to implementing a competence orientation in medical studies.

Keywords: Inverted Classroom, E-Learning, Biochemistry, human medicine, competency-based training, Masterplan Medizin 2020, NKLM

1. Introduction

1.1. Definition of the problem

Human medicine students often have a problem recognising the medical relevance of basic science subjects such as biochemistry in the pre-clinical stage of their studies for their degree course in general as well as their later professional work (own observations and discussions with other lecturers from the pre-clinical phase). As a result, the motivation to come to terms with the learning content is often very low, leading to an unsatisfactory learning atmosphere in the courses. Moreover, the instruction is often limited to simply learning facts and is neither student-friendly nor competency-based.

The “integrated seminar pursuant to § 2 (2) ÄAppO (German Medical License Act)” is a compulsory course for all students of human medicine in the pre-clinical stage of their studies. The Institute of Biochemistry and Molecular Biology of Ulm University is hereby responsible for one of seven subject areas with the topic “Pathobiochemistry II: From gene to protein“, that takes place in the second semester. 16 groups of around 20 students each are taught every semester by one lecturer each. The on-site phase hereby covers two appointments of four clock hours each.

The analysis of the official evaluation sheets from the Medical Faculty from the year 2015 showed that a large number of students were not satisfied with the seminar and that there was a need for optimisation in various areas. For example, around 25% of students saw a need for optimisation in the field of methodology and didactics. This deficiency could be addressed by introducing a new teaching concept. One possible teaching concept here is the Inverted Classroom (IC) method [15], which initial studies have in the meantime classified as being conducive to learning [1], [20]. The IC method has already been put to successful use in medical studies [3], [11], [19], [25], [29], [31], as well as dentistry [2], pharmaceuticals [6], [17], [22], nursing [5], [18] and other healthcare professions [7], [16]. The method is described by some leading scientists and institutions as a sensible approach to teaching and training in healthcare professions [23], [32], a Horizon Report 2014 even calls it one of the most important developments in teaching and learning technology [13]. With this method, a certain subject matter is initially appropriated in a self-learning phase. This matter is then applied in the following on-site phase, transferring the passive into active knowledge so that a higher level of learning can be achieved. Various studies have already

proven that students' motivation can be increased by the use of the IC method [9]. A study from the field of biochemistry in particular shows that students were more satisfied with the transfer of biochemical knowledge by means of the IC method than with traditional teaching methods [21], [23]. A publication by the “New Media” committee of the GMA has already drawn up guidelines for the use of the IC method in human medicine studies [30].

The evaluation sheets of 2015 also showed that around 30% of students saw a need for optimisation with respect to the seminar content because they were unable to recognise the medical relevance of the teaching content. This is in line with the recently published Masterplan Medizin 2020, which includes, amongst other things, an early integration of clinical matters and a stronger emphasis on competence-based training in medical studies [<https://www.bmbf.de/de/masterplan-medizinstudium-2020-4024.html>]. The use of the IC method creates more free time in the on-site phase, during which additional communicative competencies can be taught on the basis of clinical-scientific cases. This free time also allows the use of further didactic methods that encourage the active cooperation of the students to enable a stronger transfer of passive to active knowledge. In addition, the content and the accompanying medical relevance was to be made transparent by a definition of clear learning objectives according to the National Competence Based Catalogue of Learning Objectives for Medical Education (NKLM, Nationaler kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin) [<http://www.nklm.de>].

However, there is as yet very little knowledge about the use and efficacy of the IC method in the pre-clinical stage of studies, including the subject biochemistry. This is why the IC method will be used in the aforementioned integrated seminar: “Pathobiochemistry II: From gene to protein” and its success measured in this study.

1.2. Issues in this study

This exploratory field study dealt with the following issues:

1. Can the motivation and satisfaction of students of human medicine be increased through the use of the e-learning-based IC method in a biochemistry seminar in the second pre-clinical semester?
2. Would the IC method in the biochemistry seminar in the second pre-clinical semester in human medicine be accepted by the students?
3. Is there an improvement in the learning success through the use of the IC compared to the traditional

- teaching method in the biochemistry seminar in the second pre-clinical semester in human medicine?
4. How can a biochemistry course be planned and successfully organised according to the IC method in the second pre-clinical semester?
 5. What is the added value of the IC method compared to conventional teaching methods in the second pre-clinical semester?

2. Methods and implementation

2.1. Participants in the study, classification and ethics

The participants in the study consisted of the cohort of students of human medicine in their second semester in the summer semester 2016 at Ulm University. The cohort consisted of a total of 341 students, though not all of the students took part in all voluntary evaluations of the test. In Ulm, students are basically assigned to groups by the Office of Student Affairs of the Medical Faculty without any influence from the lecturers. This classification usually takes place at random, whereby a small number of students swap groups so that they can take part in elective subjects. Thus 14 groups with 299 students were assigned at random to the traditional control group and 2 groups with 42 students to the IC intervention group. All of the groups were taught by experienced lecturers (see below for more details).

A total of 220 students took part in the evaluation using the general sheets of the medical faculty. These included 32 students from the IC intervention and 188 from the traditional control groups. 42 students took part in the special evaluation of the IC course, and 112 students in the evaluation of the teaching films (control group: $n=72$; IC group: $n=40$). A total of up to 42 students took part in the knowledge test within the IC group. The results of all participants in the subsequent biochemistry exam were evaluated (control group: $n=299$; IC group: $n=40$).

The project was submitted to the ethics commission of Ulm University for assessment. An official application was not considered necessary. The anonymity of all data was guaranteed at all times.

2.2. Object of the study: Inverted Classroom versus traditional teaching concept

Two IC intervention groups with a total of 42 students were taught according to the e-learning-based IC method. These IC intervention groups were taught by an experienced biochemistry lecturer (S.J. K.) who implemented the IC method, including the teaching of competency-based learning objectives, for the first time. A further 14 control groups ($n=299$) were taught according to the original, traditional teaching concept. The traditional control groups were largely taught by experienced lecturers (incl. M.K.) who were familiar with the content and organisation of the seminar.

A comparison of the seminar procedures according to the traditional and the IC teaching methods can be seen in Figure 1. Details of the procedure and the teaching content are shown in the Attachment 1.

2.3. Material for the self-learning phases

2.3.1. Teaching films

All of the illustrations were generated using the Adobe Illustrator graphic design software. Three teaching films, each lasting around 10 minutes, were produced using the Keynote and Camtasia programs. The first teaching film taught the biochemical principles of protein biosynthesis. The second teaching film presented protein biosynthesis into the rough endoplasmic reticulum and the subsequent vesicle transport. The third film dealt with the structure and formation of the collagen triple helix and fibrils. The optimised teaching films used in the seminar are available from the Institute of Biochemistry and Molecular Biology, Ulm University. Three comprehension questions were posed for each film as a self-learning control (see Attachment 1, self-learning tasks).

2.3.2. Learning objectives and course description

The course described here is a second semester seminar in which the content of the lectures in the first semester is consolidated and applied. The learning objectives cover theoretical and methodical content as well as clinical references in the form of exemplary medical conditions. The topics of amino acids, proteins, enzymes, topobiochemistry (cell biology) and molecular biology are dealt with. The learning objectives were placed at the disposal of all students in the first semester via the learning platform Moodle (for exemplary learning objectives on the topic of amino acids and proteins, please refer to the Attachment 1, Learning objectives).

The students in the IC intervention groups also received a description of the seminar via Moodle in addition to the named learning objectives. This contained a brief description and not only the content of the biochemistry learning objectives described above but also interdisciplinary, competency-based learning objectives such as communication in a team, in oral examinations and in talks with peers and laymen (see Attachment 1, Seminar description). The time and materials needed were also listed. The content of the biochemistry learning objectives for the IC intervention groups did not differ from that of the control group, the objectives were simply presented briefly once again in the seminar description. In contrast, the competency-based learning objectives were only formulated for the IC intervention groups because only these groups had the necessary free time.

Accordingly, the IC intervention groups received the materials via the e-learning platform Moodle of the Medical Faculty in Ulm BEFORE the on-site units with exact instructions as to which materials had to be completed by which dates. The traditionally taught control groups received

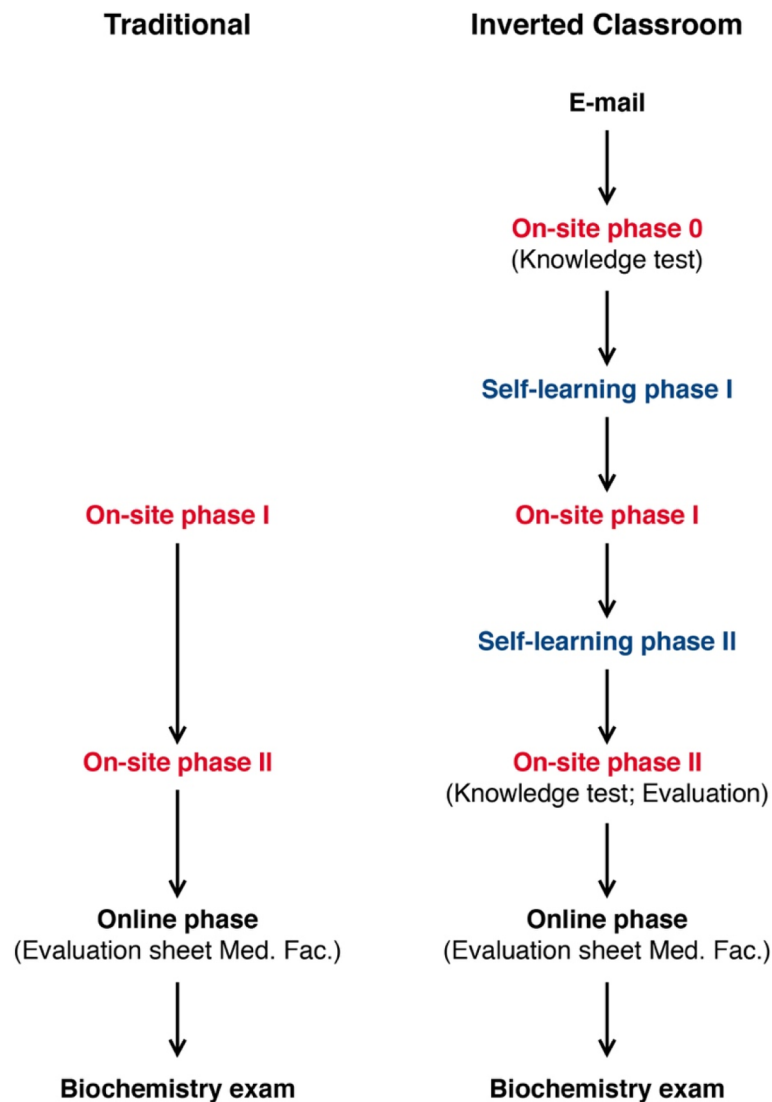


Figure 1: Comparison of the two teaching concepts

Left: Traditional teaching concept. Two on-site phases of four full clock hours each were held. A clinical case with corresponding questions and tasks was handed out in paper form in each of the 2 four-hour courses. After an around one-hour preparatory phase, the tasks were addressed jointly, for example in discussion groups or by student presentations. Tuition was mainly in the form of lecturer-centred instruction. In a subsequent online phase the students received on the one hand the preparatory materials of the IC group (i.e. after the seminar), and on the other the official evaluation sheet of the Medical Faculty in Ulm. The official biochemistry exam was held at the end of the semester. The on-site phase 0 was not carried out for the traditional teaching concept because 1. the traditional conditions were not to be changed, and 2. this was not necessary since the students did not have to be prepared for a self-learning phase.

Right: Inverted Classroom teaching concept. The course was initiated by an e-mail inviting the students in the IC group to an on-site phase 0 with a brief explanation. A 45-minute introductory event (on-site phase 0) thus took place 1.5 weeks before on-site phase I. During this event, the students were presented with last year's evaluation results for the integrated seminar as well as the goals of the new conception of the course. The organisational procedure for the seminar was then explained. What's more, a formative, written and anonymised knowledge test was held with MC questions and case-based questions (see Attachment 1, Knowledge test). This was followed by self-learning phase I. The students were given exact work instructions for the self-learning phase. The students were asked to study a teaching film including self-learning control tasks in self-learning phase I. The complete group were told to watch a documentary film on Osteogenesis imperfecta. On-site phase I lasted for a total of four full clock hours (see Attachment 1). Osteogenesis imperfecta (OI) was discussed as a clinical symptom. Communication in a team was also trained in a group work phase and communication in an oral exam with feedback in an exam simulation (please refer to the Attachment 1 for exemplary work assignments from on-site phases I and II) in on-site phase I. Self-learning phase II was carried out similar to self-learning phase I, except that the students were allowed to watch two teaching films and two documentary films about Ehlers-Danlos syndrome and scurvy. On-site phase II was carried out similar to on-site phase I, whereby this unit concentrated on communication with peers and laymen (see Attachment 1). The knowledge test was held again at the end of the seminar and the evaluation sheet handed out for the course and teaching videos. In a subsequent online phase the students received the official evaluation sheet of the Medical Faculty in Ulm. An e-mail survey was carried out with the IC group. The official biochemistry exam was held at the end of the semester.

the materials AFTER their on-site units so that they were not disadvantaged with respect to the subsequent biochemistry examination.

2.4. Data collection

2.4.1. Quantitative data collection

Evaluation of the teaching concept

Both the traditional and the IC groups had the opportunity to carry out an evaluation using the official evaluation sheets of the Medical Faculty in Ulm (see Attachment 1, Evaluation sheets). After each course, the students were able to evaluate the course they had attended online for a period of three weeks (evaluation system EvaSys) via the student learning platform Moodle. The questionnaire used for this purpose was conceived based on Rindermann [26]. One question in this evaluation sheet served to differentiate between students in the traditional and IC groups. Furthermore, questions were posed on the organisation, structure and design of the course, learning objectives and content of the course as well as the commitment of the lecturers and the didactic implementation. These questions were rated on a Likert scale from 1 (strongly disagree) to 6 (strongly agree). Students were also able to vote on the need to optimise the course in terms of its organisation/design/structure, methodology/didactics as well as course content (multiple responses were possible). It was also possible to award the course a school grade. 188 (traditional control group) and 32 (IC intervention group) students took part in this voluntary survey.

Apart from the official evaluation procedure of the Medical Faculty, the IC course was also evaluated by means of a specially conceived questionnaire (see Attachment 1, Evaluation sheets), a paper version of which was issued in the on-site phase II to the IC groups. This questionnaire was drawn up by S.J.K. in close cooperation with M.K. and M.F. It contained two questions in preparation for the on-site phases that could be answered with yes/no. What's more, the questionnaire included 13 questions that could be evaluated on a Likert scale from 1 (strongly agree) to 5 (strongly disagree). The Likert scale was reversed for the display in the tables shown here. The questions related to:

1. the motivation through the on-site phase 0 (one questions),
2. the design and the motivation through the preparatory materials (four questions),
3. the coordination of self-learning and on-site phases (one question),
4. the relevance, motivation and increased interest (four questions),
5. the examination and competency training (two questions) and
6. an appraisal of the follow-up time (one question).

A school grade could also be awarded and free text entered a praise and criticism of the course.

Evaluation of the teaching films

One questionnaire was developed for the traditional and one for the IC group to evaluate the teaching films (see Attachment 1, Evaluation sheets). These questionnaires were drawn up by S.J.K. in close cooperation with M.K., M.F. and O.K. The IC groups received these in paper form during the on-site phase II, the traditional groups online in an e-mail sent to the students that contained a link to the online survey via the evaluation platform EvaSys.

Determination of the learning success

All of the questions in the official biochemistry exam were evaluated to check the acquisition of knowledge of both the IC and the control group. In a second step, only those eight questions were evaluated whose content correlated with the seminar content. To test the special acquisition of knowledge of the IC group, a formative, written and anonymised test of (case-based) MC (multiple choice) questions (see Attachment 1, Knowledge test) was held at the beginning of the on-site phase 0 and at the end of the on-site phase II.

2.4.2. Qualitative data collection

Evaluation of the IC teaching concept

In order to optimize the course for coming semesters, the official evaluation sheet of the Medical Faculty in Ulm of the IC group was evaluated qualitatively. The most frequently named issues are shown in the results part. What's more, both the positive and negative statements were quantified. Comments containing positive and negative statements were counted as positive and negative, in other words, double.

Furthermore, an e-mail survey was carried out after the seminar with participants from the IC group with the question of what motivated the students to prepare for the on-site phase. The statements received were categorised for a qualitative evaluation.

Evaluation of the teaching films

The quality of the traditional and IC- groups' free texts from the questionnaires to assess the teaching films were evaluated. The positive and negative statements were quantified. Comments containing both positive and negative statements were counted as positive and negative, in other words, double.

2.4.3. Data evaluation

The nonparametric Wilcoxon-Mann-Whitney rank sum test (knowledge test, official biochemistry exam) and the t-test for independent random samples (official evaluation sheet) were used as statistical tests. A chi square test (official evaluation sheets) was used for the questions related to the need for optimisation (yes/no questions).

3. Results

3.1. Comparative analysis of the official evaluation sheet of the Medical Faculty in Ulm

To allow a comparison of the two teaching concepts employed, all students were given the chance to evaluate the seminar electronically after the course with the help of the official evaluation sheet of the Medical Faculty in Ulm. Both groups received identical evaluation questions. This evaluation shows that when it came to the question of an overall evaluation of the course, students from the traditional group awarded an average school grade of 2.96 (standard deviation $SD=0.80$), and those in the IC group an average grade of 1.53 (standard deviation $SD=1.29$), whereby the difference with a p -value of $p<0.001$ is highly significant. The IC method also fared significantly better in all other investigated items with $p<0.001$ (see Figure 2; see Attachment 1). Particularly noteworthy here are the determination of the relevance of the learning content (see Figure 2, Point B) as well as the motivation of the students to actively come to terms with the learning content (see Figure 2, Point C). Furthermore, the IC intervention group rated the more methods-independent items such as the transparency of the learning objectives (see Figure 2, Point B), the mediation of the learning content by the lecturers (see Figure 2, Point C) as well as the vivid presentation of the lessons by the lecturers (see Figure 2, Point C) significantly better than the traditionally taught control group of students. When asked about the need for optimisation, the difference between students from the traditional and the IC group became very clear. Special emphasis should be made of the item "Methodology and didactics". Whereas 43% of students from the traditional group saw a need for improvement here, the figure was only 9% for students from the IC group (see Figure 2, Point D).

3.2. Evaluation by the Inverted Classroom group

3.2.1. Quantitative analysis

The evaluations of the IC courses indicate that the students showed a great acceptance of the IC teaching method which were new for them (see Table 1).

When asked for an overall evaluation of the course, the students awarded a school grade of 1.47 ($N=37$; standard deviation: 0.64). In addition, 95% of the students said that they had prepared for the on-site phase I and 85% for the on-site phase II. On the whole, the student were satisfied with the preparatory materials; they regarded them as structured, of adequate scope and motivational for the learning process (see Table 1). What's more, the students from the IC group saw an advantage of the IC method with respect to the follow-up time for the course (see Table 1).

It could also be shown that students considered the course content relevant for their medical studies and increased their interest in biochemistry (see Table 1). The

students also recognised that the IC method created free time to train additional communicative competencies such as teamwork and discussions with peers and laymen (see Table 1). Moreover, the students from the IC group felt well-prepared for the pending exams (see Table 1).

3.2.2. Qualitative analysis

In order to optimise the course according to the IC method for coming years, a qualitative analysis was also carried out of the free texts of all evaluation sheets from the IC group. The students stated that the IC method was very useful in preparing for the exam, consolidating and repeating the matter, clarifying questions and maintaining a high level of concentration. There follow some excerpts from the free texts:

"The seminar is ideal to prepare for the exam."

"The teaching videos are very helpful and would also be very useful for other topics or subjects."

"Because a lot of the matter was repeated as a result of the self-learning process, a lot of it stuck in my mind during the seminar."

"Some questions that remained unanswered after the lecture could also be successfully clarified."

"Thanks to the changing tasks, concentration did not pose a problem over the four hours."

"A great concept, providing preparatory material so that content could be consolidated during the seminar and a contact person was thus available to clarify any questions!! You have to extend this"

However, some students also listed negative points, though these generally related to anchoring the seminar in the timetable as well as the activating units in the on-site phase:

"The time and duration could be improved."

"I profited least from the presentations of other students."

"Once would have been enough for the phase in which we had the exam simulation. I found three times a bit too long."

Summing up, it can be said that with a total of 51 comments, the majority of these, namely 33, were positive. 26 comments, on the other hand, were negative or contained suggestions for further improvements."

3.3. Evaluation of the teaching films

3.3.1. Quantitative analysis of the teaching films

It could be shown that all students in the IC intervention group who handed in the questionnaire ($N=41$) said that they had seen the teaching films before the on-site phase. Similarly, 100% of the students from the IC group ($N=41$; it should be noted here that one evaluation sheet was not handed in) said that they found the teaching films to be helpful in preparation for the on-site phases. All of the students in the traditionally taught control group ($N=72$) would have found this helpful too. All of the students who took part in the evaluation would also watch this kind of teaching film for other courses ($N=113$). The students

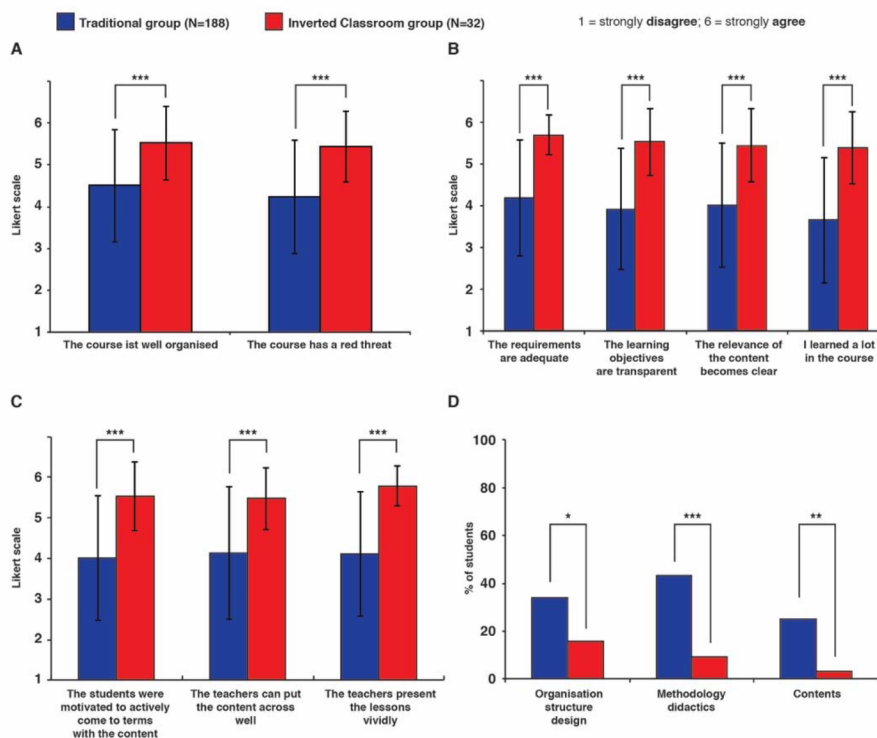


Figure 2: Evaluation results for the traditional versus *Inverted Classroom* group from the official evaluation sheet of the Medical Faculty in Ulm.

A-C The items were rated by the students on the basis of a Likert scale from 1 (strongly disagree) to 6 (strongly agree). A. Questions on the organisation, structure and design of the course. ***, $p < 0.05$. B. Questions on the learning objectives and learning content of the course. ***, $p < 0.05$. C. Questions on the commitment of the lecturers and the didactic implementation. ***, $p < 0.05$. D. Vote on the need to optimise the course. Significantly fewer students from the IC group saw a need for optimisation in all fields compared to students from the traditional group. *, $p = 0.04$; **, $p = 0.01$; ***, $p = 0.001$. See the Attachment 1 for individual values.

Table 1: Summary of results from the evaluation of the overall course Integrated Seminar Module 6 – Pathobiochemistry II: "From a gene to protein" of the *Inverted Classroom* group

Category / Thematic cluster	Statement	Mean value (Likert scale)	Standard deviation	N
Preparation and follow-up	The preparatory materials were well structured.	4.71	0.6	42
	The preparatory materials were of adequate scope.	4.7	0.55	42
	The preparatory materials motivated me to learn.	4.07	0.97	42
	I also watched all three teaching films before on-site phase I.	4.46	1.03	41
	If I compare the course with other ones, I have to spend less time on the follow-up with the <i>Inverted Classroom</i> method.	4.15	0.86	42
Course in general	The introductory event (on-site phase 0) motivated me to prepare for the on-site phases I and II.	3.59	1.17	40
	The contents of the preparatory and on-site phases were well-matched.	4.39	0.63	41
	The content of the course is relevant for my medical studies.	4.56	0.68	42
	On the whole, the course has motivated me to continue to deal with the contents	4.07	0.89	42
	The course has increased my interest in biochemistry.	4.18	0.86	42
	The course prepared me well for the coming exams.	4.4	0.66	42
	If I compare the course with other seminars, I have trained additional competencies (such as working in a team, medical communication as well as discussions with peers or explaining facts to laymen) thanks to the <i>Inverted Classroom</i> method.	4.2	0.95	42
	The relevance of the biochemical topic became clear to me through the clinical and scientific scenarios.	4.62	0.58	42

Likert scale: 1 = strongly disagree; 5 = strongly agree

awarded the three teaching films an average school grade of 1.38 (N=108).

All of the students thought that the learning content in the teaching films was well structured, understandable and on an appropriate level (see Table 2).

3.3.2. Qualitative analysis of the teaching films

Since the existing teaching films are to be optimised in future and further biochemistry teaching films developed, the quality of the free texts in the evaluation sheets on the teaching films were also evaluated. The students considered the visualisation of complex relationships and the many different ways in which the films could be used, for example as an introduction to or refresher element for a certain subject matter, to be very helpful. There now follow some positive statements about the teaching films by way of example:

“Very good teaching films that bring across the content in a pleasant way.”

“... The visualisation of complex process in a simple, understandable way is excellent.”

“Very well structured and an appropriate amount of matter.”

“The explanations are perfect because they present the essentials concisely, and the animations make it easier for you to visualise these. Just great!!!”

“They are suitable to both acquire new knowledge and to refresh what has already been learned.”

A total of 50 students left only positive comments on the teaching videos.

The most commonly named negative aspect was the speech tempo. Some students would have liked a faster speech tempo. A total of 20 students made suggestions on how to optimise the teaching videos, whereby the majority of students still found the basic idea very good.

3.4. Acceptance of the IC method: results of a qualitative survey

On account of the large number of students in the IC group who came to the on-site phase prepared, a qualitative e-mail survey was carried out after the seminar among these 42 participants in the IC intervention group to find out what had motivated the students to prepare for the on-site phase. A total of ten students took part in the voluntary survey, whereby only the most commonly named points will be listed here:

- the preparation through the good quality and short teaching films as well as self-learning control tasks (n=8)
- the preliminary meeting (on-site phase 0) in which the necessity of preparation, the “why” behind the new conception as well as the organisation and sequence of the seminar were explained (n=7)
- the high motivation of the lecturers (n=5)
- the covering of matter relevant for the exam (n=3)

3.5. Measurement of the learning success

3.5.1. Results of the knowledge test in the IC group

In order to determine whether there had been an increase in not only the motivation and satisfaction of the students in the IC intervention group but also in the learning success between the beginning and end of the course, a knowledge test was carried out with the IC group at both the beginning, i.e. in on-site phase 0, and thus before the self-learning phase I, and the end of the course. This test asked not only normal MC questions of the type A_{pos} and A_{neg} but also MC questions of the type K_{prim} and PickN along with case-based questions with a clinical relevance; this called for not only a rethink of the otherwise familiar MC questions but also an application of biochemistry principles for clinical issues. In addition, competency levels 1 (factual knowledge) and 2 (reasoning knowledge or know-how) from the NKLM were tested. This test showed that the students in the IC group experienced a significant acquisition of knowledge equally on both competency levels (see Figure 3). It is also striking that the students already coped well with the type A_{pos} MC questions at the time 0, i.e. answered the majority of these correctly. In contrast, a significant acquisition of knowledge was recorded, particularly with the other types of question.

3.5.2. Results of the official biochemistry exam

The next step investigated whether a difference in the learning success could be seen between the students from the IC intervention group and those in the traditional control group. To this end, the results of the official biochemistry exam, held two weeks after the integrated seminar, were evaluated. This written biochemistry consisted of 20 multiple choice (MC) questions of the type A_{pos} and A_{neg} , which mainly tested knowledge on NKLM competency level 1.

The results of all questions were initially evaluated. It could hereby be seen that the students from the traditional control and the IC groups achieved an average of 13.1 from 20 possible points (control group: n=299, standard deviation: 2.8; IC group: n=40, standard deviation: 3.0), so that there was no difference in the acquisition of knowledge.

Eight of these 20 questions were thematically based on the content of the integrated seminar and could be answered upon a participation in the integrated seminar. The results of only these eight questions were then analysed to measure the learning success from the integrated seminar. This analysis showed that the students in the IC group achieved an average of 5.07 from a possible 8 points (n=40; standard deviation: 1.49), the students in the traditional group an average of 5.05 points (n=299; standard deviation: 1.55), which does not constitute a significant difference.

Accordingly, the students in both groups had an equally good learning success relative to answering MC questions in the subject biochemistry.

Table 2: Results from the evaluations of the pilot teaching films

Group	Statement	Mean value (Likert scale)	Standard deviation	N
Inverted Classroom Group	The teaching films increased my motivation for the seminar.	3.99	0.85	40
	The learning content was well structured.	4.8	0.41	40
	The content of the teaching films was clear and understandable.	4.85	0.43	40
	The content was on an appropriate level.	4.67	0.69	40
	The self-learning control tasks were helpful to get through the matter.	4.35	0.80	40
	The contents of the preparatory and on-site phases were well-matched.	4.52	0.55	40
Traditional Group	The teaching films would have increased my motivation for the seminar.	3.94	0.95	71
	The learning content was well structured, clear and understandable.	4.49	1.01	72
	The content was on an appropriate level.	4.40	1.00	72

Likert scale: 1 = strongly disagree; 5 = strongly agree

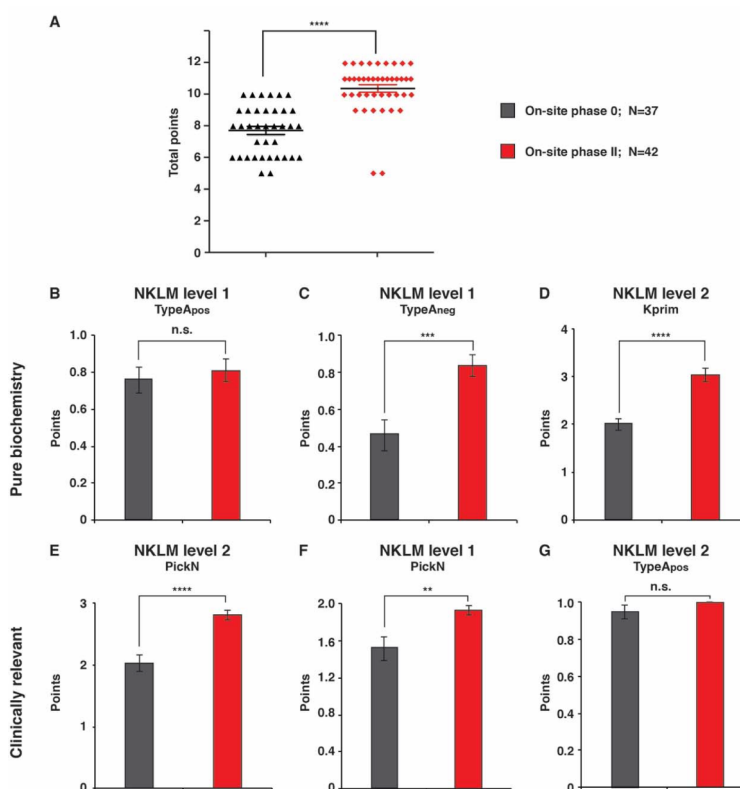


Figure 3: Results of the knowledge test

A. Results of the knowledge test held with the IC groups in the on-site phases 0 and II. The maximum number of points that could be achieved was 12. 37 students took part in the knowledge test in on-site phase 0 and 42 in on-site phase II. B-G. Classification of the questions from the knowledge test as purely biochemistry questions (B-D) and questions with a clinical relevance (E-G). Competency level 1 (factual knowledge) and 2 (reasoning knowledge and know-how) according to the NKLM as well as the types of questions are also shown. The Y-axis shows the maximum possible number of points for each questions. p-value, ** p=0.01; *** p=0.001; **** p=0.0001; n.s., not significant.

4. Discussion

The data from our study shows that

1. the motivation and satisfaction of second semester students of human medicine can be greatly increased through the use of the e-learning-based IC method in the biochemistry seminar,
2. the IC method is accepted by students of human medicine in the second pre-clinical semester,
3. there is no significant difference between students from the IC and the traditional group when it comes to the learning success for biochemistry content,
4. with a good organisation, good preparatory materials and motivated lecturers, the IC method can be implemented very well in a biochemistry seminar in the pre-clinical stage of a human medicine degree,
5. the added value of the IC method consists of teaching additional, competency-based learning objectives.

4.1. Motivation and satisfaction with the IC method

Our data shows that motivation and satisfaction are greatly increased by the IC method. This correlates with the findings of other studies from both the pre-clinical and clinical stage of studies [3], [9], [21]. We were also able to show that all of the students who took part would welcome further teaching films in other courses too, indicating a high level of satisfaction with teaching films provided. Kiviniemi and colleagues also reported a similar effect; in their study, 83% of medical students preferred a “blended learning” approach over purely face-to-face teaching [14]. In a next step, it would be interesting to expand the IC method to all of the participants in the seminar as well as to other courses and then determine the motivation and satisfaction.

4.2. The acceptance of the IC method in the biochemistry seminar within the pre-clinical stage of studies

This study has clearly shown that second semester students of human medicine display a great acceptance of the IC method in a biochemistry seminar.

A big obstacle for a successful implementation of the IC method is to motivate students to prepare for the on-site phase in the self-learning phase. One way to achieve this would be to introduce an admission test that has to be passed to participate in the on-site phase. An admission test was deliberately not included when planning the course because we believe that this would take us further away from our goal of motivating students and capturing their imagination for biochemistry. This study relied on an information event (on-site phase 0) before the actual seminar itself that explained the background to the change to the course based on the evaluation results of the previous years. Apart from a presentation of the teaching films, the students were also told that the on-site phases could only be used effectively if they prepared for these. To our surprise, the analyses of the evaluation sheets showed that 85-95% of the students had prepared for the on-site phase, indicating a successful implementation of the IC method.

4.3. The learning success through the IC method

The results of the official biochemistry exam, held two weeks after the seminar, were compared on the basis of all of the questions and on the basis of eight questions relevant for the seminar to compare and measure the learning success of the students in both groups. We were unable to find a significantly better result for students from the IC group compared to those from the control group. This is in line with the results of other teams who were also unable to show an increased acquisition of knowledge using the IC method compared to traditional

teaching methods [12], [21]. Nor is this surprising in our study design since firstly, the time taken up by the seminar compared to the overall teaching and learning time for biochemistry within two semesters is fairly low, and secondly, the control group were also shown the teaching films after their seminar, but before the exam. This was important to give all of the students an equal chance to do well in the official biochemistry exam. The past years have also shown that students of human medicine in Ulm in their pre-clinical stage of studies are very well prepared for the M1 state examination because the IMPP results are above the national average. For example, in 2014 only 4.7% (German national average: 7.8), and in 2015 only 3.3% of students (German national average: 8.1) failed the written part of the M1 state examination. In the fields of chemistry/biochemistry/molecular biology, the average overall score in 2014 was 74.7 points (German national average: 72.3), and in 2015 this was 78.7 points (German national average: 75). This data shows that the students are already very well prepared for the MC exams by the traditional teaching method in the seminar too. It can therefore be concluded that the level of biochemistry teaching at Ulm University is already so high that the IC method would not contribute directly to an increase in the acquisition of knowledge with respect to answering MC questions in this small course. It is planned to extend the IC method to other biochemistry courses so that its influence on the learning can be investigated on a larger scale.

As a second approach we carried out a knowledge test with the IC intervention group, once before and once at the end of the seminar. A significant acquisition of knowledge on both NKLM competency levels 1 and 2 could be recorded.

The sum total of both tests (official biochemistry exam, knowledge test in the IC group) was that the students from the IC intervention group did not fare either better or worse in an MC exam than the traditional group.

The question arose at this point as to whether an MC exam was a suitable test at all to measure the learning success in this context. The IC course we implemented was more concerned with teaching students in the on-site phases additional competencies such as communication in a team, in oral exams and in talks with peers and laymen, and not with the acquisition of further content-related topics or preparation for MC questions. Hence, it would be very interesting in future to determine whether students from the IC group did better in these competencies than students from the traditional group. In order to measure the competency “communication in oral exams”, for example, standardised oral exams could be held and the results of students from the IC group then compared with those of students from the traditional group. An OSCE ward with a standardised patient [4] would be conceivable to test the competency “communication with a layman”. It should also be pointed out here that solving MC questions calls for at least conceptual knowledge. Since the IC method focuses on the application of factual knowledge, it would be important in future to compare the

learning success of students taught by the traditional versus the IC teaching method by testing their conditional knowledge (reasoning knowledge). This could take the form of case-based or problem-solving questions [27], [28].

4.4. Teaching films in biochemistry

We stuck to the guidelines of Guo et al. [8] when preparing the teaching films. Thus, we made sure that none of the films lasted longer than 10 minutes, complex biochemical processes were represented by simple illustrations and that only the most important terminology appeared in writing. Contrary to Guo et al.'s recommendation, the lecturer was not superimposed so as not to distract the students' attention from the illustrations and terminology. We chose a lecturer already known to the students from the main lectures as a speaker so that they were sure to be able to identify them. We decided on a speech tempo similar to that of the lecture tempo. As the evaluations showed, the teaching films scored very well. Whereas some students praised the tempo, the majority were in favour of a faster tempo. This is in line with the results obtained by Guo et al., who discovered that a faster speech tempo encourages a higher commitment from the viewers [8]. A faster tempo is therefore recommended, whereby we see no problem for the students who want to take notes because the films can be viewed repeatedly. Another point to be considered is whether the slides from the films should be provided so that students can take notes and reproduce drawings faster.

Apart from the specially created teaching videos, we also provided the students with documentary films on the three clinical symptoms for preparation. The students said that they did not remember a lot about these because they did not consider them to be relevant. Consequently, we recommend the preparation of own teaching videos in future that also match the content of the on-site phase 100%.

4.5. Benefits of the IC method for competency-based training in medical studies

One big advantage of the IC method is that exporting factual knowledge in the self-learning phase creates free time in the on-site phase that can be put to other use. In this study, this free time was used to teach competency-based learning objectives. Thus, apart from the biochemistry learning objectives, communication competencies in a team, in oral exams and in talks with peers or laymen (medical communication) were strengthened (see Attachment 1, Seminar description). The evaluations confirmed the perception of these intended learning objectives amongst the students in the IC intervention group. In contrast, these competency-based learning objectives were not, or at least not the main goal of the traditional course, so that the phases of student attendance were used/had to be used for the acquisition of facts.

The very good grade awarded to the overall course by the IC intervention group proves that the students were very satisfied with the IC method including the content taught. With respect to the recently published *Masterplan Medizin 2020* [<https://www.bmbf.de/de/masterplan-medizin-studium-2020-4024.html>], the IC method offers a big opportunity to integrate the strengthening of competency-based training this advocates, such as social and communicative competencies, in teaching practice.

4.6. Limitations of the study

The present study was limited by certain factors. One limitation is the inhomogeneous team of lecturers. The traditional student group was taught by a team of mainly experienced lecturers who had held the seminar in this form for several years (12 out of the 14 control groups). This team was complemented by an inexperienced lecturer with no previous experience in either the field of teaching or this specific seminar (2 out of 14 control groups). The IC groups (2 groups) were taught by a lecturer with a lot of teaching experience. However, because this lecturer held this seminar including the three clinical symptoms for the first time, she was at a disadvantage compared to the team of largely experienced lecturers for the traditional groups with respect to the clinical context. Furthermore, the lecturer for the IC intervention group displayed a high level of motivation, which could have been transmitted to the students irrespective of the teaching method. However, it should also be noted that the majority of lecturers in the team for the traditional control group were also motivated. Nevertheless, we were well aware in advance that the successful employment of a new teaching method depends on the lecturer [10]. This was also confirmed by the students in an e-mail survey, where some of the students said that the high motivation of the lecturer was one reason for their preparation for the on-site phases. All in all, however, an inhomogeneous team of lecturers reflects the teaching reality without any artificial scenario.

One further limitation of the study were the rooms. Because two groups were always taught in parallel, they also taught in different rooms. Thus, the seminar for the two IC groups was held in a room with daylight. Of the 14 control groups, eight were taught in an interior room without daylight and six in the same room as the IC groups. Otherwise the rooms' layout and equipment were similar.

Another limitation of the study was the use of the knowledge test for only the IC group. This was due to personnel restrictions. The knowledge test served to measure the acquisition of knowledge of students from the IC intervention group in terms of the NKLM competency levels 1 and 2 to rule out the possibility of no increase in biochemistry knowledge on the part of the students due to a lack of preparation in the self-learning phase. The positive increase in knowledge comes as no surprise in view of the participation of all of the students in the self-learning phase.

The comparison of the acquisition of knowledge (IC versus control group) was carried out in this study by analysing specific questions in the official biochemistry exam. Special attention was paid here to the appropriation of biochemistry knowledge on NKLM competency level 1. As has already been mentioned above, a knowledge test at the beginning and the end of the course should be carried out with all student participants in a future study.

5. Conclusion and outlook

The study performed here shows that the Inverted Classroom method is very well accepted amongst pre-clinical students in the biochemistry seminar. One parameter that turned out to be critical in the course of a qualitative evaluation is that the quality of the materials provided must be high. It also appears to be important that the concept be explained in detail to the students. During a quantitative evaluation, the Inverted Classroom method fared much better than the traditional teaching method with respect to all of the parameters recorded. We were unable to identify an increased acquisition of knowledge by the tests used in this study. It would certainly make sense to use better instruments to measure the success, such as a standardised oral exam or problem-solving tasks, for this purpose in future so as to record the additional communicative competencies that have been learned or the conditional knowledge that has been appropriated. Summing up, it can be concluded that the IC method is a suitable strategy to implement the competence orientation of medical studies in the pre-clinical phase as published in the Masterplan Medizin 2020 [<https://www.bmbf.de/de/masterplan-medizin-studium-2020-4024.html>].

6. Financial support

The project was supported by the Medical Faculty of Ulm University with funds from the "Sonderlinie Medizin" of the State of Baden-Württemberg, Germany.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Attachments

Available from

<http://www.egms.de/en/journals/zma/2017-34/zma001108.shtml>

- Attachment 1.pdf (1113 KB)
Details of the teaching concept and the teaching content – in german

References

- Bishop JL, Verleger MA. The flipped classroom: A survey of the research. 120th ASEE Annual Conference Exposition. June 23-26, 2013. Atlanta: ASEE Annual Conference Exposition; 2013.
- Bohaty BS, Redford GJ, Gadbury-Amyot CC. Flipping the classroom: assessment of strategies to promote student-centered, self-directed learning in a dental school course in pediatric dentistry. *J Dent Educ.* 2016;80(11):1319-1327.
- Bösner S, Pickert J, Stibane T. Teaching differential diagnosis in primary care using an inverted classroom approach: student satisfaction and gain in skills and knowledge. *BMC Med Educ.* 2015;15:63. DOI: 10.1186/s12909-015-0346-x
- Comert M, Zill JM, Christalle E, Dirmaier J, Harter M, Scholl I. Assessing Communication Skills of Medical Students in Objective Structured Clinical Examinations (OSCE)-A Systematic Review of Rating Scales. *PLoS one.* 2016;11:e0152717. DOI: 10.1371/journal.pone.0152717
- Critz CM, Knight D. Using the flipped classroom in graduate nursing education. *Nurs Educ.* 2013;38(5):210-213. DOI: 10.1097/NNE.0b013e3182a0e56a
- Ferreri SP, O'Connor SK. Redesign of a large lecture course into a small-group learning course. *Am J Pharm Educ.* 2013;77(1):13. DOI: 10.5688/ajpe77113
- Gilboy MB, Heinerichs S, Pazzaglia G. Enhancing student engagement using the flipped classroom. *J Nutr Educ Behav.* 2015;47(1):109-114. DOI: 10.1016/j.jneb.2014.08.008
- Guo PJ, Kim J, Rubin R. How video production affects student engagement: An empirical study of mooc videos. *Proceedings of the first ACM conference on Learning@ scale conference [Internet].* New York: ACM; 2014.
- Handke J. *Das Inverted Classroom Model: Begleitband zur ersten deutschen ICM-Konferenz.* München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag; 2012.
- Hattie J, Timperley H. The power of feedback. *Rev Educ Res.* 2007;11(1):81-112. DOI: 10.3102/003465430298487
- Heiman HL, Uchida T, Adams C, Butter J, Cohen E, Persell SD, Pribaz P, MacGeghie WC, Martin GJ. E-learning and deliberate practice for oral case presentation skills: A randomized trial. *Med Teach.* 2012;34(12):820-826. DOI: 10.3109/0142159X.2012.714879
- Heitz C, Prusakowski M, Willis G, Franck C. Does the Concept of the "Flipped Classroom" Extend to the Emergency Medicine Clinical Clerkship? *West J Emerg Med.* 2015;16:851-855. DOI: 10.5811/westjem.2015.9.27256
- Johnson L, Adams Becker S, Estrada V, Freeman A. *NMC Horizon Report: 2014 Higher Education Edition.* Austin: The New Media Consortium; 2014.
- Kiviniemi MT. Effects of a blended learning approach on student outcomes in a graduate-level public health course. *BMC Med Educ.* 2014;14:47. DOI: 10.1186/1472-6920-14-47
- Lage MJ, Platt GJ, Treglia M. Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *J Econ Educ.* 2000;31(1):30-43. DOI: 10.1080/00220480009596759
- Lake DA. Student Performance and Perceptions of a Lecture-based Course Compared With the Same Course Utilizing Group Discussion. *Phys Ther.* 2001;81(3):896-902.
- McLaughlin JE, Roth MT, Glatt DM, Gharkholonarehe N, Davidson CA, Griffin LM, Essermann DA, Mumper RJ. The flipped classroom: a course redesign to foster learning and engagement in a health professions school. *Acad. Med.* 2014;89(2):236-243. DOI: 10.1097/ACM.000000000000086

18. Missildine K, Fountain R, Summers L, Gosselin K. Flipping the classroom to improve student performance and satisfaction. *J Nurs Educ.* 2013;52(10):597-599. DOI: 10.3928/01484834-20130919-03
19. Morgan H, McLean K, Chapman C, Fitzgerald J, Yousuf A, Hammoud M. The flipped classroom for medical students. *Clin Teach.* 2015;12(3):155-160. DOI: 10.1111/tct.12328
20. O'Flaherty J, Phillips C. The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review. *Intern High Educ.* 2015;25:85-95. DOI: 10.1016/j.iheduc.2015.02.002
21. Ojennus DD. Assessment of learning gains in a flipped biochemistry classroom. *Biochemistry and molecular biology education.* *Biochem Mol Biol Educ.* 2016;44(1):20-27. DOI: 10.1002/bmb.20926
22. Pierce R, Fox J. Vodcasts and active-learning exercises in a "Flipped Classroom" model of a renal pharmacotherapy Module. *Am J Pharm Educ.* 2012;76(10). DOI: 10.5688/ajpe7610196
23. Prober CG, Heath C. Lecture halls without lectures -a proposal for medical education. *N Engl J Med.* 2012;366(18):1657-1659. DOI: 10.1056/NEJMp1202451
24. Prober CG, Khan S. Medical education reimaged: A call to action. *Acad Med.* 2013;88(10):1407-1410. DOI: 10.1097/ACM.0b013e3182a368bd
25. Raupach T, Grefe C, Brown J, Meyer K, Schuelper N, Anders S. Moving knowledge acquisition from the lecture hall to the student home: A prospective intervention study. *J Med Intern Res.* 2015;17(9):e223. DOI: 10.2196/jmir.3814
26. Rindermann H. Lehrevaluation. Einführung und Überblick zu Forschung und Praxis der Lehrveranstaltungsevaluation an Hochschulen; mit einem Beitrag zur Evaluation computerbasierten Unterrichts. Landau: Verlag Empirische Pädagogik; 2001.
27. Schmidmaier R, Eiber S, Ebersbach R, Schilller M, Hege I, Holzer M, Fischer MR. Learning the facts in medical school is not enough: which factors predict successful application of procedural knowledge in a laboratory setting? *BMC Med Educ.* 2013;13:28. DOI: 10.1186/1472-6920-13-28
28. Stark R, Kopp V, Fischer MR. Case-based learning with worked examples in complex domains: two experimental studies in undergraduate medical education. *Learn Instruct.* 2011;21:22-33. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2009.10.001
29. Street SE, Gilliland KO, McNeil C, Royal K. The flipped classroom improved medical student performance and satisfaction in a pre-clinical physiology course. *Med Sci Educ.* 2014;25(1):35-43. DOI: 10.1007/s40670-014-0092-4
30. Tolks D, Schafer C, Raupach T, Kruse L, Sarikas A, Gerhardt-Szep S, Kllauer G, Lemos M, Fischer MR, Eichner B, Sostmann K, Hege I. An Introduction to the Inverted/Flipped Classroom Model in Education and Advanced Training in Medicine and in the Healthcare Professions. *GMS J Med Educ.* 2016;33(3):Doc46. DOI: 10.3205/zma001045
31. Tune JD, Sturek M, Basile DP. Flipped classroom model improves graduate student performance in cardiovascular, respiratory, and renal physiology. *Adv Physiol Educ.* 2013;37(4):316-320. DOI: 10.1152/advan.00091.2013
32. Van der Vleuten CPM, Driessen EW. What would happen to education if we take education evidence seriously? *Perspect Med Educ.* 2014;3(3):222-232. DOI: 10.1007/s40037-014-0129-9

Corresponding author:

Dr. Susanne J. Kühl
 Ulm University, Institute of Biochemistry and Molecular Biology, Albert-Einstein-Allee 11, D-89081 Ulm, Germany
 susanne.kuehl@uni-ulm.de

Please cite as

Kühl SJ, Toberer M, Keis O, Tolks D, Fischer MR, Kühl M. Concept and benefits of the Inverted Classroom method for a competency-based biochemistry course in the pre-clinical stage of a human medicine course of studies. *GMS J Med Educ.* 2017;34(3):Doc31. DOI: 10.3205/zma001108, URN: urn:nbn:de:0183-zma0011081

This article is freely available from

<http://www.egms.de/en/journals/zma/2017-34/zma001108.shtml>

Received: 2016-12-15

Revised: 2017-04-28

Accepted: 2017-06-20

Published: 2017-08-15

Copyright

©2017 Kühl 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/>.

Konzeption und Nutzen der Inverted Classroom-Methode für eine kompetenzorientierte Biochemie Lehrveranstaltung im vorklinischen Studienabschnitt der Humanmedizin

Zusammenfassung

Hintergrund: Häufig haben Medizinstudierende Probleme, die Relevanz grundlagenwissenschaftlicher Fächer für die spätere berufliche Tätigkeit bereits im vorklinischen Studienabschnitt zu erkennen. Dies kann bei den Studierenden zu einer geringen Motivation für das Erlernen biochemischer Inhalte sowie zur Unzufriedenheit in Lehrveranstaltungen führen. Alternative Lehrmethoden wie die Inverted Classroom (IC)-Methode könnten diesem Mangel begegnen. Ziel dieser Studie war es,

1. die Motivation und Zufriedenheit der Studierenden in einem Biochemie-Seminar durch den Einsatz der E-Learning unterstützten IC-Methode zu analysieren,
2. die Akzeptanz gegenüber der IC-Lehrmethode im Fach Biochemie zu untersuchen und
3. den durch den IC-Ansatz erzielten Lernerfolg mit dem einer traditionellen Lehrveranstaltung zu vergleichen.

Zusätzlich wurde untersucht, wie sich eine Biochemie Lehrveranstaltung im vorklinischen Studienabschnitt der Humanmedizin erfolgreich nach der IC-Methode durchführen lässt und welchen Nutzen die IC-Methode gegenüber herkömmlichen Lehrformaten hat.

Methode: Die IC-Methode wurde entsprechend der Leitlinien des GMA-Ausschusses „Neue Medien“ [30] in einem Biochemie-Seminar für zwei studentische IC-Interventionsgruppen mit 42 Studierenden implementiert. Für die beiden IC-Interventionsgruppen wurde ein Teil des Faktenwissens aus der Präsenzphase in Form von Lehrvideos zusammen mit Selbstlernkontrollaufgaben vor dem Seminar online zur Verfügung gestellt. Durch das Auslagern von Inhalten in die Selbstlernphase ergaben sich neue zeitliche Freiräume in der Präsenzphase, in denen die Inhalte kritisch reflektiert und verarbeitet und zusätzliche kompetenzorientierte Lernziele vermittelt wurden. In parallelen Kontrollgruppen (14 studentische Gruppen mit n=299 Studierenden) wurden identische biochemische Lehrinhalte vermittelt, jedoch vorab keine Materialien für eine Selbstlernphase ausgehändigt. Diese Studierenden erhielten die Materialien erst nach der Präsenzphase. Motivation und Zufriedenheit sowie die Akzeptanz für die Lehrmethoden wurde durch Fragebögen, der Wissenserwerb durch MC-Klausuren erhoben.

Ergebnisse: Auf einer Likert-Skala von 1 (trifft gar nicht zu) bis 6 (trifft vollkommen zu) zeigten sich Studierende der IC-Interventionsgruppen mit 5,53 signifikant motivierter im Vergleich zu Studierenden der Kontrollgruppe mit 4,01. Auch erkannten Studierende der IC-Interventionsgruppen mit 5,44 die Relevanz der Lerninhalte signifikant deutlicher als Studierende der Kontrollgruppe mit 4,01. Weiterhin nahmen die IC-Gruppen wahr, dass neben den biochemischen Inhalten zusätzliche Kompetenzen trainiert wurden. Darüber hinaus vergab die IC-Interventionsgruppe der Veranstaltung eine Schulnote von 1,53, die traditionelle Kontrollgruppe eine Note von 2,96. Die Lehrvideos wurden von beiden Gruppen mit einer Durchschnittsschulnote von je 1,3 sehr positiv bewertet. Eine qualitative Auswertung ergab, dass Motivation und positive

Susanne J. Kühl¹
Matthias Toberer¹
Oliver Keis²
Daniel Tolks³
Martin R. Fischer³
Michael Kühl¹

1 Universität Ulm, Institut für Biochemie und Molekulare Biologie, Ulm, Deutschland

2 Universität Ulm, Medizinische Fakultät, Studiendekanat, Ulm, Deutschland

3 Klinikum der LMU München, Institut für Didaktik und Ausbildungsforschung in der Medizin, München, Deutschland

Einstellung der Dozierenden eine entscheidende Rolle für die erfolgreiche Umsetzung der IC-Methode spielte.

Diskussion und Schlussfolgerung: Studierende der Vorklinik zeigen eine hohe Akzeptanz gegenüber der E-Learning unterstützten IC-Methode. Weiterhin wurde die Vermittlung von Kommunikationskompetenzen im Biochemie-Seminar von den Studierenden sehr positiv bewertet. Als kritische Parameter für die erfolgreiche Durchführung der IC-Methode zeigten sich die Qualität der Lernvideos und die Motivation der Lehrenden. Darüber hinaus kann die IC-Methode dazu beitragen, eine Kompetenzorientierung im Medizinstudium zu implementieren.

Schlüsselwörter: Inverted Classroom, E-Learning, Biochemie, Humanmedizin, kompetenzbasierte Ausbildung, Masterplan Medizin 2020, NKLM

1. Einleitung

1.1. Problemstellung

Häufig haben Studierende der Humanmedizin Probleme, die medizinische Relevanz grundlagenwissenschaftlicher Fächer wie der Biochemie im vorklinischen Studienabschnitt für das Studium und ihren zukünftigen Beruf zu erkennen (eigene Beobachtung sowie aus Diskussionen mit anderen Lehrenden aus der Vorklinik). Dadurch ist die Motivation, sich mit den Lerninhalten zu beschäftigen, häufig gering ausgeprägt, was zu einer nicht zufriedenstellenden Lernatmosphäre in den Lehrveranstaltungen führt. Zudem ist der Unterricht häufig auf das Erlernen von Fakten beschränkt und weder Studierenden- noch kompetenzorientiert.

Das „Integriertes Seminar nach § 2, Abs. 2 ÄAppO“ ist eine Pflichtveranstaltung für alle Studierenden der Humanmedizin im vorklinischen Studienabschnitt. Das Institut für Biochemie und Molekulare Biologie der Universität Ulm verantwortet dabei einen von sieben Themenblöcken mit dem Thema „Pathobiochemie II: Vom Gen zum Protein“, welcher im zweiten Semester stattfindet. Pro Semester werden 16 Gruppen mit jeweils ca. 20 Studierenden durch je einen Dozierenden unterrichtet. Die Präsenzphase erstreckt sich über zwei Termine à vier Zeitstunden. Die Auswertung der offiziellen Evaluationsbögen der Medizinischen Fakultät aus dem Jahr 2015 ergab, dass ein Großteil der Studierenden mit dem Seminar nicht zufrieden war und in diversen Bereichen einen Optimierungsbedarf bestand. So sahen beispielsweise ca. 25% der Studierenden einen Optimierungsbedarf im Bereich Methodik und Didaktik. Durch die Einführung eines neuen Lehrkonzepts könnte diesem Mangel begegnet werden. Ein mögliches Lehrkonzept, welches sich hier anbietet, stellt die *Inverted Classroom* (IC)-Methode [15] dar, die mittlerweile in ersten Studien als lernförderlich eingestuft wurde [1], [20]. Die IC-Methode wurde bereits erfolgreich im Medizinstudium [3], [11], [19], [25], [29], [31], sowie in der Zahnmedizin [2], Pharmazie [6], [17], [22], Pflege [5], [18] und weiteren Gesundheitsberufen eingesetzt [7], [16]. Die Methode wird von einigen führenden Wis-

senschaftlern und Institutionen als sinnvoller Ansatz für die Ausbildung in den Gesundheitsberufen [23], [32], im Horizon Report 2014 sogar als eine der wichtigsten Lehr- und lerntechnologischen Entwicklungen [13] beschrieben. Bei dieser Methode erfolgt in einer Selbstlernphase zunächst die autodidaktische Aneignung eines bestimmten Stoffgebiets. In der nachfolgenden Präsenzphase kommt es zur Anwendung dieses Stoffes, wobei das passive in ein aktives Wissen transferiert wird und dabei höhere Lernniveaus erreicht werden können. Verschiedene Studien konnten bereits nachweisen, dass sich die Motivation von Studierenden durch den Einsatz der IC-Methode steigern lässt [9]. Insbesondere zeigt eine Studie aus der Biochemie, dass Studierende mit der Stoffvermittlung von biochemischen Inhalten durch die IC-Methode zufriedener als im Vergleich zu traditionellen Lehrmethoden waren [21], [23]. Eine Publikation des Ausschusses „Neue Medien“ der GMA hat bereits Leitlinien für den Einsatz der IC-Methode im Studium der Humanmedizin erstellt [30].

Aus den Evaluationsbögen des Jahres 2015 wurde weiterhin ersichtlich, dass gut 30% der Studierenden einen Optimierungsbedarf hinsichtlich der Inhalte des Seminars sahen, da sie die medizinische Relevanz der Lehrinhalte nicht erkannten. Dies steht im Einklang mit dem erst kürzlich veröffentlichten Masterplan Medizinstudium 2020, der unter anderem eine frühe Einbindung klinischer Sachverhalte sowie eine stärker kompetenzorientierte Ausbildung im Medizinstudium vorsieht [<https://www.bmbf.de/de/masterplan-medizinstudium-2020-4024.html>]. Durch den Einsatz der IC-Methode ergeben sich in der Präsenzphase zeitliche Freiräume, in welchen zusätzliche kommunikative Kompetenzen anhand von klinisch-wissenschaftlichen Fällen vermittelt werden können. Auch erlauben diese Freiräume den Einsatz weiterer didaktischer Methoden, welche die aktive Mitarbeit der Studierenden fördern und so ein stärkerer Transfer von passivem in aktives Wissen geschaffen werden kann. Weiterhin sollten die Inhalte und die damit einhergehende medizinische Relevanz durch eine Definition von klaren Lernzielen nach dem nationalen kompetenzbasierten Lernzielkatalog Medizin (NKLM) [<http://www.nklm.de>] transparent gemacht werden.

Allerdings gibt es zu Einsatz und Wirksamkeit der IC-Methode im vorklinischen Studienabschnitt, das Fach Biochemie eingeschlossen, bisher sehr wenige Erkenntnisse. Aufgrund dessen sollte in dieser Studie die IC-Methode im oben eingeführten Integrierten Seminar: „Pathobiochemie II: Vom Gen zum Protein“ eingesetzt und deren Erfolg gemessen werden.

1.2. Fragestellungen dieser Studie

Diese explorative Feldstudie hatte folgende Fragestellungen:

1. Kann die Motivation und Zufriedenheit Studierender der Humanmedizin durch Einsatz der E-Learning unterstützten IC-Methode im Biochemie-Seminar im zweiten vorklinischen Semesters erhöht werden?
2. Wird die IC-Methode im Biochemie-Seminar des zweiten vorklinischen Semesters Humanmedizin von den Studierenden akzeptiert?
3. Kommt es durch den Einsatz der IC- im Vergleich zur traditionellen Lehrmethode im Biochemie-Seminar des zweiten vorklinischen Semesters Humanmedizin zu einer Erhöhung des Lernerfolgs?
4. Wie lässt sich eine Biochemie Lehrveranstaltung im zweiten vorklinischen Semester nach der IC-Methode konzeptionieren und erfolgreich durchführen?
5. Was ist der Mehrwert der IC-Methode im Vergleich zu herkömmlichen Lehrmethoden im zweiten vorklinischen Semester?

2. Methoden und Durchführung

2.1. Teilnehmer der Studie, Gruppeneinteilung und Ethik

Die Teilnehmer der Studie bestanden aus der Kohorte Studierender der Humanmedizin des zweiten Fachsemesters im Sommersemester 2016 an der Universität Ulm. Die Kohorte umfasste insgesamt 341 Studierende, wobei nicht alle Studierende an allen freiwilligen Evaluationen oder Tests teilnahmen.

In Ulm werden die Studierenden grundsätzlich im Studiendekanat der Medizinischen Fakultät in Gruppen eingeteilt ohne dass die Lehrenden darauf Einfluss nehmen können. Die Einteilung geschieht überwiegend nach dem Zufallsprinzip, wobei einige wenige Studierende die Gruppen wechseln, um an Wahlfächern teilnehmen zu können. Somit wurden zufällig 14 Gruppen mit 299 Studierenden der traditionellen Kontrollgruppe und 2 Gruppen mit 42 Studierenden der IC-Interventionsgruppe zugeteilt. Alle Gruppen wurden von erfahrenen Dozierenden unterrichtet (Details siehe unten).

An der Evaluation über den allgemeinen Bogen der Medizinischen Fakultät nahmen insgesamt 220 Studierende teil. Davon gehörten 32 Studierende der IC-Interventions- und 188 der traditionellen Kontrollgruppe an. An der speziellen Evaluation der IC-Lehrveranstaltung nahmen 42, an der Evaluation der Lehrfilme 112 Studierende

(Kontrollgruppe: n=72; IC-Gruppe: n=40) teil. Am Wissenstest innerhalb der IC-Gruppe nahmen insgesamt bis zu 42 Studierende teil. Die Ergebnisse aller Teilnehmer an der abschließenden Biochemie-Klausur wurden (Kontrollgruppe: n=299; IC-Gruppe: n=40) ausgewertet.

Das Vorhaben wurde der Ethikkommission der Universität Ulm zur Bewertung vorgelegt. Ein offizieller Antrag wurde als nicht notwendig erachtet. Die Anonymität aller Daten wurde zu jedem Zeitpunkt gewährleistet.

2.2. Untersuchungsgegenstand: Inverted Classroom versus traditionelles Lehrkonzept

Es wurden zwei IC-Interventionsgruppen mit insgesamt 42 Studierenden nach der E-Learning unterstützten IC-Methode unterrichtet. Diese IC-Interventionsgruppen wurden durch eine erfahrene Biochemie-Dozierende (S.J. K.) unterrichtet, die die IC-Methode inklusive der Vermittlung der kompetenzbasierten Lernziele erstmalig durchführte. Weitere 14 Kontrollgruppen (n=299) wurden nach dem ursprünglichen traditionellen Lehrkonzept unterrichtet. Die traditionellen Kontrollgruppen wurden durch größtenteils erfahrene Dozierende (u.a. M.K.) unterrichtet, die mit dem Inhalt und der Durchführung des Seminars vertraut waren.

Der vergleichende Ablauf der Seminarveranstaltungen nach der traditionellen und der IC-Lehrmethode sind in Abbildung 1 dargestellt. Details des Ablaufs und der Lehrinhalte sind im Anhang 1 dargestellt.

2.3. Material für die Selbstlernphasen

2.3.1. Lehrfilme

Alle Illustrationen wurden mit dem Zeichenprogramm Adobe Illustrator erstellt. Mit dem Programmen Keynote und Camtasia wurden drei Lehrfilme mit einer Dauer von jeweils ca. 10 Minuten erstellt. Der erste Lehrfilm vermittelte die biochemischen Grundlagen zur Proteinbiosynthese. Der zweite Lehrfilm stellte die Proteinbiosynthese ins raue endoplasmatische Retikulum und den nachfolgenden Vesikeltransport vor. Der dritte Film behandelte Aufbau und Bildung der Kollagentripelhelix und -fibrille. Die optimierten Lehrfilme zum Seminar können über das Institut für Biochemie und Molekulare Biologie, Universität Ulm, bezogen werden. Zur Selbstlernkontrolle wurden zu jedem Film drei Verständnisfragen erstellt (siehe Anhang 1, Selbstlernaufgaben).

2.3.2. Lernziele und Lehrveranstaltungsbeschreibung

Bei der hier vorgestellten Lehrveranstaltung handelt es sich um ein Seminar im zweiten Fachsemester, in welchem die Inhalte des Vorlesungsstoffs aus dem ersten Fachsemester vertieft und angewendet werden. Die Lernziele umfassen theoretische und methodische Inhalte sowie klinische Bezüge in Form von beispielsweise Krankheitsbildern. Dabei werden die Themengebiete Aminosäuren, Proteine, Enzyme, Topobiochemie (Zellbio-

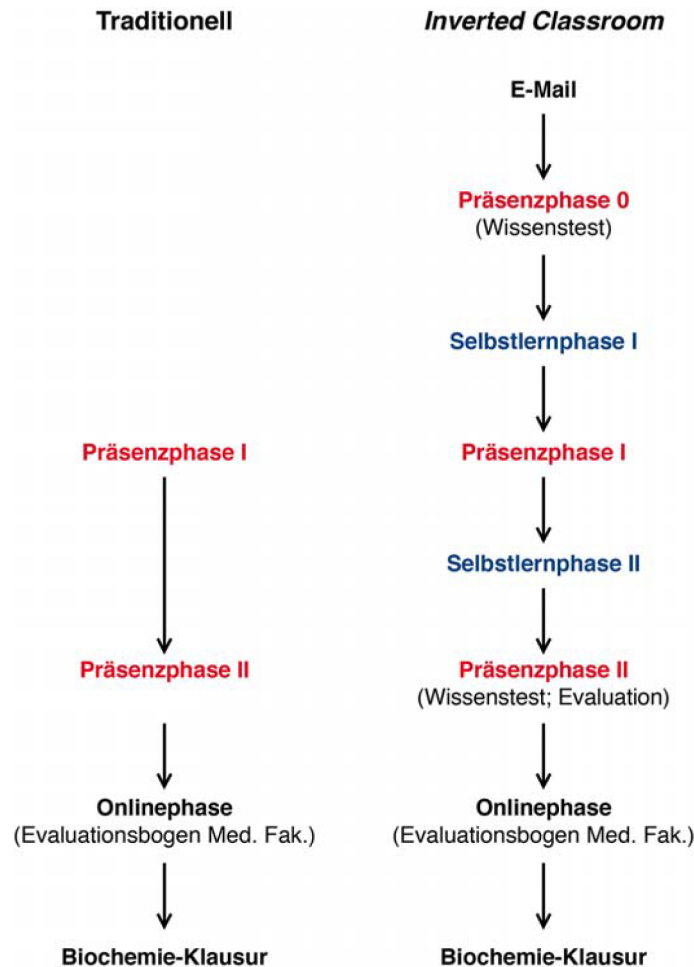


Abbildung 1: Vergleich der beiden Lehrkonzepte.

Links: Traditionelles Lehrkonzept. Es fanden zwei Präsenzphasen mit jeweils vier vollen Zeitstunden statt. In beiden vierstündigen Veranstaltungen wurde je ein klinischer Fall mit entsprechenden Fragen und Aufgaben in Papierform ausgehändigt. Nach einer etwa einstündigen Vorbereitungsphase wurden die Aufgaben gemeinsam durchgegangen, wie beispielsweise in Diskussionsrunden oder durch studentische Vorträge. Über weite Strecken fand Frontalunterricht statt. In einer anschließenden Online-Phase erhielten die Studierenden einerseits die Vorbereitungsunterlagen der IC-Gruppe (also im Nachgang des Seminars), andererseits den offiziellen Evaluationsfragebogen der Medizinischen Fakultät Ulm. Am Ende des Semesters wurde die offizielle Biochemie-Klausur geschrieben. Die Präsenzphase 0 wurde beim traditionellen Lehrkonzept nicht durchgeführt, da 1. die traditionellen Bedingungen nicht verändert werden sollten und 2. die Notwendigkeit nicht gegeben war, da die Studierenden nicht auf eine Selbstlernphase vorbereitet werden mussten.

Rechts: Inverted Classroom-Lehrkonzept. Die Veranstaltung wurde durch eine E-Mail eingeleitet, in welcher die Studierenden der IC-Gruppe mit einer kurzen Erläuterung zu einer Präsenzphase 0 eingeladen wurden. 1,5 Wochen vor Präsenzphase I fand somit eine 45-minütige Einführungsveranstaltung (Präsenzphase 0) statt. In dieser wurde den Studierenden die Evaluationsergebnisse der letzten Jahre über das Integrierte Seminar sowie die Ziele der Neukonzeptionierung der Lehrveranstaltung dargelegt. Daran anschließend wurde der organisatorische Ablauf des Seminars erläutert. Zudem wurde ein formativer, schriftlicher und anonymisierter Wissenstest mit MC-Fragen und Fall-basierten Fragen durchgeführt (siehe Anhang 1, Wissenstest). Es folgte Selbstlernphase I. Für die Selbstlernphasen erhielten die Studierenden genaue Arbeitsanweisungen.

Die Studierenden sollten in Selbstlernphase I einen Lehrfilm inklusive Selbstlernkontrollaufgaben studieren. Die gesamte Gruppe sollte einen Dokumentationsfilm über Osteogenesis imperfecta ansehen. Die Präsenzphase I umfasste eine Dauer von vier vollen Zeitstunden (siehe Anhang 1). Als klinisches Bild wurde Osteogenesis imperfecta (OI) besprochen. In Präsenzphase I wurde zudem über eine Gruppenarbeitsphase die Kommunikation im Team sowie über Prüfungssimulationen mit Feedback die Kommunikation in mündlichen Prüfungen trainiert (exemplarische Arbeitsaufträge der Präsenzphasen I und II siehe Anhang 1). Selbstlernphase II erfolgte ähnlich wie Selbstlernphase I, außer dass die Studierenden hier zwei Lehrfilme und zwei Dokumentationsfilme über Ehlers-Danlos-Syndrom und Skorbut ansehen durften. Präsenzphase II erfolgte ähnlich wie Präsenzphase I, nur dass in dieser Einheit die Kommunikation mit Fachkollegen und Laien im Vordergrund stand (siehe Anhang 1). Am Ende wurde erneut der Wissenstest durchgeführt und die Evaluationsbögen zur Veranstaltung sowie zu den Lehrfilmen wurden ausgehändigt. In einer anschließenden Online-Phase erhielten die Studierenden den offiziellen Evaluationsfragebogen der Medizinischen Fakultät Ulm. Mit der IC-Gruppe wurde eine E-Mail Umfrage durchgeführt. Am Ende des Semesters wurde die offizielle Biochemie-Klausur geschrieben.

logie) und Molekularbiologie abgedeckt. Die Lernziele wurden im ersten Fachsemester über die Lernplattform Moodle allen Studierenden zur Verfügung gestellt (exemplarische Lernziele zum Thema Aminosäuren und Proteine siehe Anhang 1, Lernziele).

Die Studierenden der IC-Interventionsgruppen erhielten zusätzlich zu den genannten Lernzielen aus dem ersten Semester über Moodle eine Seminarbeschreibung. Diese enthielt eine Kurzbeschreibung und neben den inhaltlichen biochemischen Lernzielen auch zusätzliche fachübergreifende kompetenzorientierte Lernziele wie die Kommunikation im Team, in mündlichen Prüfungen und in Gesprächen mit Fachkollegen und Laien (siehe Anhang 1, Seminarbeschreibung). Auch der Zeitaufwand sowie die mitzubringenden Materialien waren darin aufgeführt. Die inhaltlichen biochemischen Lernziele für die IC-Interventionsgruppen weichten dabei nicht von denen für die Kontrollgruppe ab, die Ziele wurden lediglich in der Seminarbeschreibung nochmals gekürzt dargestellt. Demgegenüber wurden die kompetenzorientierten Lernziele ausschließlich für die IC-Interventionsgruppen formuliert, da die dafür notwendigen Freiräume nur bei diesen Gruppen vorlagen.

Die IC-Interventionsgruppen erhielten die Materialien über die E-Learning Plattform Moodle der Medizinischen Fakultät Ulm entsprechend VOR den Präsenzeinheiten mit einer genauen Anleitung, bis zu welchem Termin welche Materialien durchgearbeitet sein sollten. Die traditionell unterrichteten Kontrollgruppen erhielten die Materialien NACH ihren Präsenzeinheiten, damit sie bezüglich der abschließenden Biochemie-Klausur nicht benachteiligt waren.

2.4. Datenerfassung

2.4.1. Quantitative Datenerfassung

Evaluation des Lehrkonzepts

Sowohl die traditionellen, als auch IC-Gruppen hatten die Möglichkeit zur Evaluation über den offiziellen Evaluationsbogen der Medizinischen Fakultät Ulm (siehe Anhang 1, Evaluationsbögen). Im Anschluss an die jeweilige Lehrveranstaltung war es den Studierenden hierbei möglich, über einen Zeitraum von drei Wochen die besuchte Lehrveranstaltung online (Evaluationssystem EvaSys) über die studentische Lernplattform Moodle zu evaluieren. Der dabei eingesetzte Fragebogen wurde in Anlehnung an Rindermann konzipiert [26]. Eine Frage in diesem Evaluationsbogen diente zur Unterscheidung zwischen Studierenden der traditionellen versus IC-Gruppen. Weiterhin wurden Fragen zu Organisation, Struktur und Aufbau der Lehrveranstaltung, Lernzielen und -inhalten der Lehrveranstaltung sowie zum Engagement der Dozierenden und zur didaktischen Umsetzung gestellt. Diese Fragen wurden auf einer Likert-Skala von 1 (trifft gar nicht zu) bis 6 (trifft vollkommen zu) bewertet. Auch konnten die Studierenden über den Optimierungsbedarf der Veranstaltung in Bezug auf Organisation/Aufbau/Struktur, Methodik/Didaktik sowie Veranstaltungs-

inhalte abstimmen (Mehrfachnennungen waren möglich). Weiterhin konnte der Veranstaltung eine Schulnote gegeben werden. An dieser freiwilligen Umfrage nahmen 188 (traditionelle Kontrollgruppe) und 32 (IC-Interventionsgruppe) Studierenden teil.

Neben dem offiziellen Evaluationsverfahren der Medizinischen Fakultät wurde die IC-Lehrveranstaltung über einen eigens konzipierten Fragebogen (siehe Anhang 1, Evaluationsbögen) evaluiert, der als Papierversion in der Präsenzphase II an die IC-Gruppen ausgegeben wurde. Dieser Fragebogen wurde von S.J.K. in enger Absprache mit M.K. und M.F. erstellt. Er enthielt zwei Fragen zur Vorbereitung auf die Präsenzphasen, die mit ja/nein zu beantworten waren. Zudem umfasste der Fragebogen 13 Fragen, die auf einer Likert-Skala von 1 (trifft vollkommen zu) bis 5 (trifft überhaupt nicht zu) bewertet wurden. Für die Darstellung in den hier gezeigten Tabellen wurde die Likert-Skala umgekehrt. Die Fragen bezogen sich auf:

1. die Motivierung durch die Präsenzphase 0 (eine Frage),
2. den Aufbau der und die Motivierung durch die Vorbereitungsmaterialien (vier Fragen),
3. die Abstimmung von Selbstlern- und Präsenzphasen (eine Frage),
4. die Relevanz, die Motivierung und die Interessenssteigerung (vier Fragen),
5. die Prüfungs- und Kompetenztrainings (zwei Fragen) und
6. eine Einschätzung zur Nachbereitungszeit (eine Frage).

Weiterhin bestand die Möglichkeit zur Vergabe einer Schulnote sowie zur Eingabe von Freitexten für Lob und Kritik zur Veranstaltung.

Evaluation der Lehrfilme

Zur Bewertung der Lehrfilme wurde ein Fragebogen für die traditionelle, ein weiterer für die IC-Gruppe erstellt (siehe Anhang 1, Evaluationsbögen). Diese Fragebögen wurden von S.J.K. in enger Absprache mit M.K., M.F. und O.K. erstellt. Die IC-Gruppen erhielten diesen in Papierformat in Präsenzphase II, die traditionellen Gruppen online, indem die Studierenden per E-Mail angeschrieben wurden und via Link die Umfrage online über die Evaluationsplattform EvaSys aufgerufen werden konnte.

Ermittlung des Lernerfolgs

Um den Wissenserwerb der IC- als auch der Kontrollgruppe zu überprüfen, wurden alle Fragen der offiziellen Biochemie-Klausur ausgewertet. In einem zweiten Schritt wurden nur jene acht Fragen ausgewertet, die inhaltlich mit den Seminarinhalten korrelierten. Um speziell den Wissenserwerb der IC-Gruppe zu testen, wurde ein formativer, schriftlicher und anonymisierter Test aus (Fall-basierten) MC (*multiple choice*)-Fragen (siehe Anhang 1, Wissenstest) zu Beginn der Präsenzphase 0 als auch am Ende der Präsenzphase II durchgeführt.

2.4.2. Qualitative Datenerfassung

Evaluation des IC-Lehrkonzepts

Zur Optimierung des Kurses für kommende Semester wurde der offizielle Evaluationsbogen der Medizinischen Fakultät Ulm aus der IC-Gruppe qualitativ ausgewertet. Die am häufigsten genannten Sachverhalte sind im Ergebnisteil dargestellt. Zudem wurden die positiven wie auch negativen Aussagen quantifiziert. Kommentare, die positive wie auch negative Aussagen enthielten, wurden als positiv und negativ, also doppelt, gezählt.

Weiterhin wurde nach dem Seminar mit den Teilnehmern der IC-Gruppe eine Umfrage per E-Mail durchgeführt mit der Frage, was die Studierenden dazu motivierte, sich auf die Präsenzphasen vorzubereiten. Die Aussagen hierzu wurden qualitativ ausgewertet, indem sie kategorisiert wurden.

Evaluation der Lehrfilme

Die Freitexte der Fragebögen zur Bewertung der Lehrfilme wurden von der traditionellen und der IC-Gruppe qualitativ ausgewertet. Die positiven wie auch negativen Aussagen wurden quantifiziert. Kommentare, die sowohl positive als auch negative Aussagen enthielten, wurden als positiv und negativ, also doppelt, gezählt.

2.4.3. Datenauswertung

Als statistische Tests wurden der parameterfreie Wilcoxon-Mann-Whitney Rangsummentest (Wissenstest, offizielle Biochemie-Klausur) und der t-Test bei unabhängigen Stichproben (offizieller Evaluationsbogen) angewendet. Bei den Fragen nach dem Optimierungsbedarf (ja/nein-Fragen) wurde ein Chi-Quadrat-Test (offizieller Evaluationsbogen) verwendet.

3. Ergebnisse

3.1. Vergleichende Auswertung des offiziellen Evaluationsbogens der Medizinischen Fakultät Ulm

Um einen Vergleich der beiden angewandten Lehrkonzepte zu ermöglichen, hatten alle Studierenden im Nachgang der Veranstaltung die Möglichkeit, das Seminar elektronisch mit Hilfe des offiziellen Evaluationsbogens der Medizinischen Fakultät Ulm zu evaluieren. Beide Gruppen erhielten identische Evaluationsfragen.

Aus dieser Evaluation geht hervor, dass Studierende der traditionellen Gruppe bei der Frage nach der Gesamtbewertung der Veranstaltung eine durchschnittliche Schulnote von 2,96 (Standardabweichung $SD=0,80$), die der IC-Gruppe eine Durchschnittsnote von 1,53 (Standardabweichung $SD=1,29$) vergaben, wobei der Unterschied mit einem p -Wert von $p<0,001$ hoch signifikant ist. Auch in allen weiteren untersuchten Items schnitt die IC-Methode mit $p<0,001$ signifikant besser ab (siehe Abbildung 2; siehe Anhang 1). Hervorzuheben sind dabei insbesondere die Feststellung der Relevanz der Lerninhalte (siehe Ab-

bildung 2, Punkt B) sowie die Motivation der Studierenden, sich aktiv mit den Lerninhalten auseinander zu setzen (siehe Abbildung 2, Punkt C). Weiterhin bewertete die IC-Interventionsgruppe die eher Methoden-unabhängigen Items wie die Transparenz der Lernziele (siehe Abbildung 2, Punkt B), die Vermittlung der Lerninhalte durch die Lehrenden (siehe Abbildung 2, Punkt C) sowie die anschauliche Gestaltung des Unterrichts durch die Lehrenden (siehe Abbildung 2, Punkt C) signifikant besser als die traditionell unterrichtete Kontrollstudierendengruppe.

Bei der Befragung über den Optimierungsbedarf wurde der Unterschied zwischen den Studierenden aus der traditionellen und der IC-Gruppe sehr deutlich. Hervorzuheben ist das Item „Methodik und Didaktik“. Während hier 43% der Studierenden aus der traditionellen Gruppe einen Verbesserungsbedarf sahen, traf dies nur auf 9% der Studierenden aus der IC-Gruppe zu (siehe Abbildung 2, Punkt D).

3.2. Evaluation durch die Inverted Classroom Gruppe

3.2.1. Quantitative Auswertung

Aus den Evaluationen der IC-Lehrveranstaltung wird ersichtlich, dass die Studierenden der für sie neuartigen IC-Lehrmethode eine große Akzeptanz entgegenbrachten (siehe Tabelle 1).

Die Studierenden vergaben bei der Frage nach der Gesamtbewertung der Lehrveranstaltung eine Schulnote von 1,47 ($N=37$; Standardabweichung: 0,64). Zudem erklärten 95% der Studierenden, sich auf Präsenzphase I und 85% auf Präsenzphase II vorbereitet zu haben. Insgesamt waren die Studierenden mit den Vorbereitungs-materialien zufrieden, sie empfanden diese als strukturiert, vom Umfang angemessen und lernmotivierend (siehe Tabelle 1). Zudem sahen die Studierenden der IC-Gruppe einen Vorteil der IC-Methode bezüglich der Nachbearbeitungszeit der Veranstaltung (siehe Tabelle 1).

Außerdem zeigte sich, dass die Studierenden die Veranstaltungsinhalte für ihr Medizinstudium als relevant erachteten und ihr Interesse an der Biochemie gesteigert wurde (siehe Tabelle 1). Weiterhin erkannten die Studierenden, dass durch die IC-Methode Freiräume geschaffen wurden, um zusätzliche kommunikative Kompetenzen wie das Arbeiten im Team und die Diskussion mit Fachkollegen oder Fachfremden zu trainieren (siehe Tabelle 1). Auch fühlten sich die Studierenden der IC-Gruppe gut auf anstehende Prüfungen vorbereitet (siehe Tabelle 1).

3.2.2. Qualitative Auswertung

Um die Veranstaltung nach der IC-Methode für die kommenden Jahrgänge zu optimieren, wurden auch die Freitexte aller Evaluationsbögen der IC-Gruppe qualitativ ausgewertet. Die Studierenden gaben an, dass die IC-Methode für die Prüfungsvorbereitung, die Vertiefung

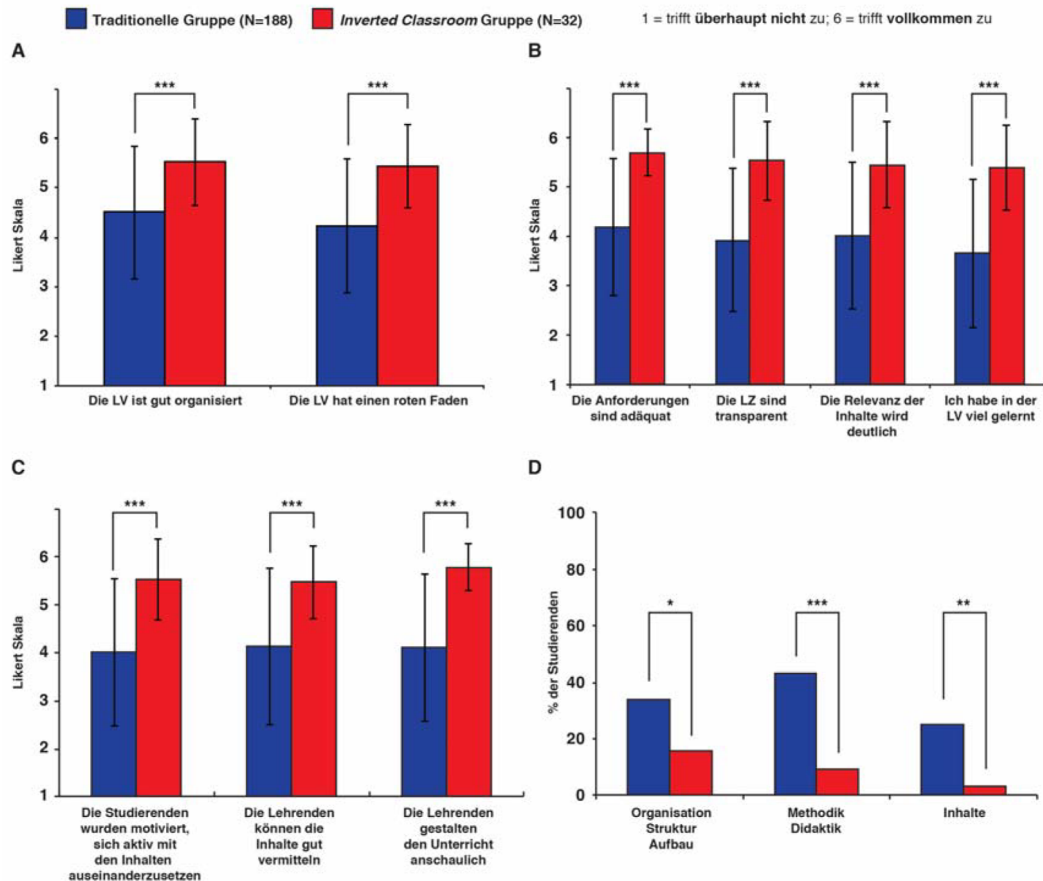


Abbildung 2: Evaluationsergebnisse der traditionellen versus der *Inverted Classroom* Gruppe aus dem offiziellen Evaluationsbogen der Medizinischen Fakultät Ulm.

A-C Die Items wurden auf Basis einer Likert-Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 6 (trifft vollkommen zu) durch die Studierenden bewertet. A. Fragen zu Organisation, Struktur und Aufbau der Lehrveranstaltung. ***, $p < 0,05$. B. Fragen zu Lernzielen und Lerninhalten der Lehrveranstaltung. ***, $p < 0,05$. C. Fragen zum Engagement der Dozierenden und zur didaktischen Umsetzung. ***, $p < 0,05$. D. Abstimmung über den Optimierungsbedarf der Veranstaltung. Signifikant weniger Studierende aus der IC-Gruppe sahen einen Optimierungsbedarf in allen Bereichen im Vergleich der Studierenden aus der traditionellen Gruppe. *, $p = 0,04$; **, $p = 0,01$; ***, $p = 0,001$. Einzelwerte siehe Anhang 1.

und Wiederholung des Stoffes, die Klärung von Fragen sowie der Aufrechterhaltung der Konzentration sehr nützlich sei. Hier einige exemplarische Freitextausschnitte:

„Das Seminar ist sehr gut zur Prüfungsvorbereitung geeignet.“

„Die Lehrvideos sind sehr hilfreich und wären auch für andere Themen oder Fächer sehr nützlich.“

„Da man sehr viel Stoff wiederholt hat, indem man selbst arbeiten musste, blieb vieles bereits während des Seminars im Gedächtnis.“

„Einige Fragen, die nach der Vorlesung eventuell noch offen waren, konnten auch erfolgreich geklärt werden.“

„Dank der wechselnden Aufgaben, war auch die Konzentration über die vier Stunden problemlos möglich.“

„Tolles Konzept, Vorbereitungsmaterial zur Verfügung zu stellen, um während des Seminars Inhalte vertiefen zu können und einen Ansprechpartner für nicht klärbare Fragen zu haben!! Bitte unbedingt ausbauen...“

Einige Studierende führten auch negative Punkte auf, wobei sich diese hauptsächlich auf die Verankerung des

Seminars im Stundenplan sowie die aktivierenden Einheiten in der Präsenzphase bezogen:

„Zeitraum und die Dauer sind verbesserungswürdig.“

„Am wenigsten habe ich von den Präsentationen anderer Studierender profitiert.“

„Die Phase, in der wir Prüfungssimulation hatten, hätte das einmal gereicht. Ich fand das dreimal ein bisschen zu lange.“

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bei einer Gesamtzahl von 51 Kommentaren die positiven Kommentare mit einer Anzahl von 33 überwogen. Dahingegen lagen 26 negative Aussagen beziehungsweise Kommentare mit weiteren Verbesserungsvorschlägen vor.

3.3. Evaluation der Lehrfilme

3.3.1. Quantitative Auswertung der Lehrfilme

Es zeigte sich, dass alle Studierenden der IC-Interventionsgruppe, welche den Fragebogen abgegeben haben (N=41), angaben, die Lehrfilme vor der Präsenzphase angesehen zu haben. Ebenso gaben 100% der Studieren-

Tabelle 1: Übersicht Ergebnisse aus der Evaluation zur Gesamtveranstaltung Integriertes Seminar Modul 6 - Pathobiochemie II: „Vom Gen zum Protein“ der *Inverted Classroom* Gruppe.

Kategorie / Themenkomplex	Aussage	Mittelwert (Likert-Skala)	Standardabweichung	N
Vor- und Nachbereitung	Die Vorbereitungsunterlagen waren gut strukturiert.	4,71	0,6	42
	Die Vorbereitungsunterlagen waren vom Umfang angemessen.	4,7	0,55	42
	Die Vorbereitungsunterlagen haben mich zum Lernen motiviert.	4,07	0,97	42
	Ich hätte auch alle drei Lehrfilme vor Präsenzphase I angesehen.	4,46	1,03	41
	Wenn ich die Veranstaltung mit anderen vergleiche, dann muss ich durch den Einsatz der <i>Inverted Classroom</i> Methode weniger Zeit für Nachbearbeitung aufwenden.	4,15	0,86	42
Veranstaltung allgemein	Die Einführungsveranstaltung (Präsenzphase 0) hat mich zur Vorbereitung auf die Präsenzphasen I und II motiviert.	3,59	1,17	40
	Die Vorbereitungs- und Präsenzphasen waren inhaltlich gut aufeinander abgestimmt.	4,39	0,63	41
	Die Veranstaltungsinhalte sind für mein Medizinstudium relevant.	4,56	0,68	42
	Insgesamt hat mich die Veranstaltung dazu motiviert, mich weiter mit den vermittelten Inhalten zu beschäftigen.	4,07	0,89	42
	Die Veranstaltung hat mein Interesse für die Biochemie gesteigert.	4,18	0,86	42
	Durch die Veranstaltung wurde ich gut auf kommende Prüfungen vorbereitet.	4,4	0,66	42
	Wenn ich die Veranstaltung mit anderen Seminaren vergleiche, dann habe ich durch den Einsatz der <i>Inverted Classroom</i> Methode zusätzliche Kompetenzen (wie z.B. Arbeiten im Team, ärztliche Kommunikation wie die Diskussion mit Fachkollegen oder das Erläutern von Sachverhalten gegenüber Fachfremden) trainiert.	4,2	0,95	42
	Durch die klinischen und wissenschaftlichen Szenarien wurde mir die Relevanz des biochemischen Themas deutlich.	4,62	0,58	42

Likert-Skala: 1 = trifft überhaupt nicht zu; 5 = trifft vollkommen zu

den aus der IC-Gruppe (N=41; zu beachten ist hier, dass ein Evaluationsbogen nicht abgegeben wurde) an, die Lehrfilme als hilfreich zur Vorbereitung auf die Präsenzphasen empfunden zu haben. Auch alle Studierenden der traditionell unterrichteten Kontrollgruppe (N=72) hätten diese als hilfreich empfunden. Alle an der Evaluation teilgenommenen Studierenden würden sich diese Art der Lehrfilme ebenfalls für andere Lehrveranstaltungen ansehen (N=113). Die Studierenden vergaben den drei Lehrfilmen im Schnitt eine Schulnote von 1,38 (N=108).

Alle Studierenden empfanden die Lerninhalte in den Lehrfilmen als gut strukturiert, verständlich und vom inhaltlichen Niveau angemessen (siehe Tabelle 2).

3.3.2. Qualitative Auswertung der Lehrfilme

Da die bestehenden Lehrfilme zukünftig optimiert und weitere Biochemie-Lehrfilme entwickelt werden sollen, wurden auch die Freitexte aus den Evaluationsbögen zu den Lehrfilmen qualitativ ausgewertet. Als besonders hilfreich an den Lehrfilmen empfanden die Studierenden die Visualisierung komplizierter Zusammenhänge und die vielseitige Anwendungsmöglichkeit der Filme sowohl für die Neu-Aneignung wie auch Wiederholung eines Stoffgebiets. Hier einige exemplarische positive Aussagen zu den Lehrfilmen:

„Sehr gute Lehrfilme, die die Inhalte auf angenehme Art und Weise vermitteln.“

„... Visualisierung von komplizierten Prozessen auf einfache, nachvollziehbare Weise ist hervorragend.“

„Sie sind gut strukturiert aufgebaut und von der Stofffülle sehr angemessen.“

„Die Erklärungen sind perfekt, da sie das Wesentliche kurz und bündig darstellen, die Animationen dazu erleichtern einem, es sich bildlich vorzustellen. Einfach klasse!!!“

„Sie sind sowohl geeignet, um sich das Wissen neu anzueignen, als auch um schon Gelerntes zu wiederholen.“

Insgesamt 50 Studierende führten durchweg positive Kommentare zu den Lehrvideos auf.

Der am häufigsten genannte negative Aspekt war das Sprechtempo. Einige Studierende hätten sich ein schnelleres Sprechtempo gewünscht. Insgesamt 20 Studierende formulierten Optimierungsvorschläge zu den Lehrfilmen, wobei die meisten Studierenden die grundsätzliche Idee jedoch sehr gut fanden.

3.4. Akzeptanz der IC-Methode: Ergebnisse aus einer qualitativen Umfrage

Aufgrund der hohen Anzahl an Studierenden der IC-Gruppe, die vorbereitet in die Präsenzphasen kamen, wurde nach dem Seminar eine qualitative E-Mail-Umfrage unter diesen 42 Teilnehmern der IC-Interventionsgruppe durchgeführt, um in Erfahrung zu bringen, was die Studierenden dazu motivierte, sich auf die Präsenzphasen vorzubereiten. Insgesamt nahmen zehn Studierende an der freiwilligen Umfrage teil, wobei an dieser Stelle nur die am häufigsten genannten Punkte aufgelistet sind:

- die Vorbereitung durch die qualitativ guten und kurz gehaltenen Lehrfilme und Selbstlernkontrollaufgaben (n=8)

Tabelle 2: Ergebnisse aus den Evaluationen zu den Pilotlehrfilmen

Gruppe	Aussage	Mittelwert (Likert-Skala)	Standardabweichung	N
Inverted Classroom Gruppe	Die Lehrfilme haben meine Motivation für das Seminar erhöht.	3,99	0,85	40
	Die Lerninhalte waren gut strukturiert.	4,8	0,41	40
	Die Lehrfilme waren inhaltlich klar verständlich.	4,85	0,43	40
	Das inhaltliche Niveau war angemessen.	4,67	0,69	40
	Die Aufgaben zur Selbstlernkontrolle waren hilfreich, den Stoff zu durchdringen.	4,35	0,80	40
	Die Vorbereitungs- und Präsenzphasen waren inhaltlich gut aufeinander abgestimmt.	4,52	0,55	40
Traditionelle Gruppe	Die Lehrfilme hätten meine Motivation für das Seminar erhöht.	3,94	0,95	71
	Die Lerninhalte waren gut strukturiert und klar verständlich.	4,49	1,01	72
	Das inhaltliche Niveau war angemessen.	4,40	1,00	72

Likert-Skala: 1 = trifft überhaupt nicht zu; 5 = trifft vollkommen zu

- das Vortreffen (Präsenzphase 0), in welchem die Notwendigkeit der Vorbereitung, das „Warum“ der Neukonzeptionierung sowie Organisation und Ablauf des Seminars erläutert wurden (n=7)
- die hohe Motivation der Dozierenden (n=5)
- das Durchnehmen von prüfungsrelevantem Stoff (n=3)

3.5. Messung des Lernerfolgs

3.5.1. Ergebnisse aus dem Wissenstest in der IC-Gruppe

Um zu ermitteln, ob neben Motivation und Zufriedenheit der Studierenden der IC-Interventionsgruppe auch ein Anstieg des Lernerfolgs zwischen Beginn und Ende der Veranstaltung zu verzeichnen war, wurde mit der IC-Gruppe ein Wissenstest durchgeführt, der zu Beginn, also in Präsenzphase 0 und somit vor Selbstlernphase I, sowie zum Ende der Lehrveranstaltung stattfand. In diesem Test wurden neben der üblichen MC-Fragen vom Typ A_{pos} und A_{neg} auch MC-Fragen vom Typ K_{prim} und PickN sowie Fall-basierte Fragen mit klinischer Relevanz gestellt, was einerseits ein Umdenken zu den sonst gewohnten MC-Fragen als auch eine Anwendung von biochemischen Grundlagen auf klinische Sachverhalte erforderte. Darüber hinaus wurden Kompetenzebene 1 (Faktenwissen) und 2 (Begründungs- oder Handlungswissen) aus den NKLM abgefragt. Dieser Test zeigte, dass die Studierenden der IC-Gruppe einen signifikanten Wissenserwerb gleichermaßen auf beiden Kompetenzebenen erfuhren (siehe Abbildung 3). Weiterhin fällt auf, dass die Studierenden bereits zum Zeitpunkt 0 gut mit den MC-Fragen des Typs A_{pos} zurechtkamen, diese also überwiegend korrekt beantworteten. Dem gegenüber war insbesondere bei den anderen Fragetypen ein signifikanter Wissenserwerb zu verzeichnen.

3.5.2. Ergebnisse aus der offiziellen Biochemie-Klausur

Im kommenden Schritt wurde untersucht, ob die Studierenden der IC-Interventionsgruppe im Vergleich zu denen der traditionellen Kontrollgruppe einen Unterschied im Lernerfolg verzeichnen konnten. Dafür wurden die Ergebnisse der offiziellen Biochemie-Klausur, die zwei Wochen nach dem Integrierten Seminar stattfand, ausgewertet.

Diese schriftliche Biochemie-Klausur bestand aus 20 *multiple choice* (MC)-Fragen vom Typ A_{pos} und A_{neg} , die Wissen überwiegend auf der NKLM Kompetenzebene 1 abfragten.

Zunächst wurde das Ergebnis aller Fragen ausgewertet. Hierbei zeigte sich, dass die Studierenden der traditionellen Kontroll- wie auch die der IC-Gruppe im Schnitt 13,1 von 20 möglichen Punkte erreichten (Kontrollgruppe: n=299, Standardabweichung: 2,8; IC-Gruppe: n=40, Standardabweichung: 3,0), womit kein Unterschied im Wissenserwerb zu verzeichnen war.

Acht aus diesen 20 Fragen waren thematisch an die Inhalte des Integrierten Seminars angelehnt und konnten alleine durch die Teilnahme des Integrierten Seminars beantwortet werden. Um nun den Lernerfolg aus dem Integrierten Seminar zu messen, wurden im Folgenden ausschließlich die Ergebnisse dieser acht Fragen analysiert. Diese Analyse ergab, dass die Studierenden der IC-Gruppe durchschnittlich 5,07 Punkte von möglichen 8 Punkten erreichten (n=40; Standardabweichung: 1,49), die Studierenden der traditionellen Gruppe im Durchschnitt 5,05 Punkte (n=299; Standardabweichung: 1,55), was keinen signifikanten Unterschied ausmachte. Demnach konnten die Studierenden beider Gruppen einen gleich guten Lernerfolg bezogen auf die Beantwortung von MC-Fragen für das Fach Biochemie verzeichnen.

4. Diskussion

Die Daten aus unserer Studie zeigen, dass

1. die Motivation und Zufriedenheit der Studierenden der Humanmedizin im zweiten Fachsemester durch Einsatz der E-Learning unterstützten IC-Methode im Biochemie-Seminar stark erhöht werden kann,
2. die IC-Methode von Studierenden des zweiten vorklinischen Semesters Humanmedizin akzeptiert wird,
3. sich der Lernerfolg in der Aneignung von biochemischen Inhalten zwischen den Studierenden der IC- und den der traditionellen Gruppe nicht signifikant unterscheidet,
4. sich die IC-Methode mit einer guten Organisation, guten Vorbereitungsmaterialien sowie motivierten

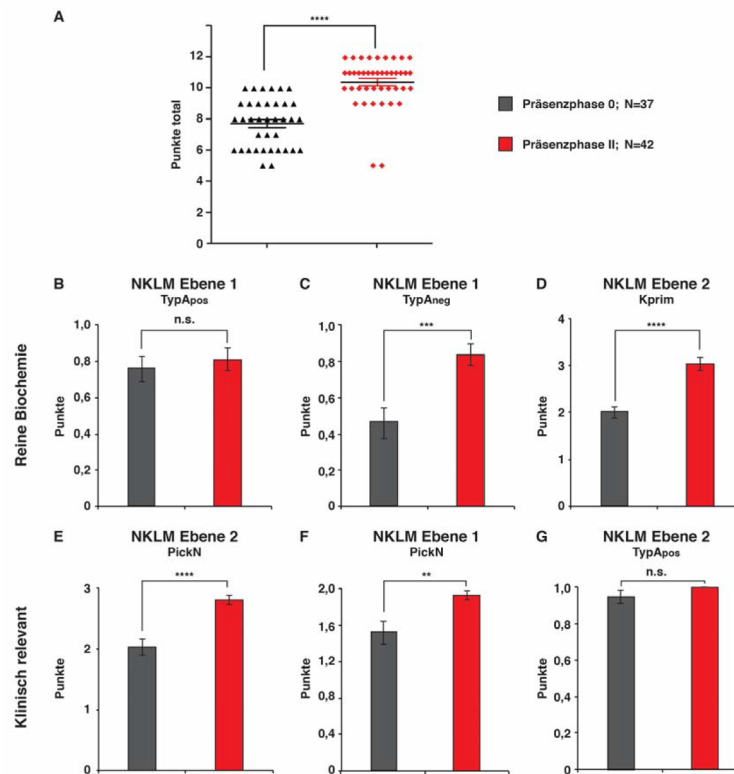


Abbildung 3: Ergebnisse aus den Wissenstests.

A. Ergebnisse aus dem Wissenstest, der in der IC-Gruppe in den Präsenzphasen 0 und II durchgeführt wurde. Die zu erreichende maximale Gesamtpunktzahl waren 12 Punkte. In der Präsenzphase 0 haben 37, in Präsenzphase II 42 Studierenden am Wissenstest teilgenommen. B-G. Aufschlüsselung der Fragen aus dem Wissenstest in reine Biochemie Fragen (B-D) und Fragen mit klinischer Relevanz (E-G). Weiterhin angegeben sind die Kompetenzebenen 1 (Faktenwissen) und 2 (Begründungs- und Handlungswissen) nach dem NKLM sowie die Fragetypen. Auf der Y-Achse ist jeweils die maximal zu erreichende Punktzahl pro Frage dargestellt. p-Wert, ** p=0,01; *** p=0,001; **** p=0,0001; n.s., nicht signifikant.

Dozierenden gut in einem Biochemie-Seminar im vorklinischen Studienabschnitt der Humanmedizin durchführen lässt.

- der Mehrwert der IC-Methode darin besteht, zusätzlich kompetenzorientierte Lernziele zu vermitteln.

4.1. Motivation und Zufriedenheit mit der IC-Methode

Unsere Daten zeigen, dass Motivation und Zufriedenheit durch die IC-Methode stark erhöht wird. Dies stimmt mit den Erkenntnissen anderer Studien aus dem vorklinischen wie auch klinischen Studienabschnitt überein [3], [9], [21]. Wir konnten zudem darstellen, dass sich alle teilgenommenen Studierenden weitere Lehrfilme auch zu anderen Lehrveranstaltungen wünschen, was für eine hohe Zufriedenheit mit den in einer Selbstlernphase bereitgestellten Lehrfilmen spricht. Einen ähnlichen Effekt konnten auch Kiviniemi und Kollegen zeigen, in deren Studie 83% der Medizinstudierenden einen „blended learning“ Ansatz der reinen Präsenzlehre vorzogen [14]. In einem nächsten Schritt wäre es nun interessant, die IC-Methode sowohl auf alle Teilnehmer des Seminars als auch auf andere Veranstaltungen auszuweiten, um anschließend ebenso Motivation und Zufriedenheit zu ermitteln.

4.2. Die Akzeptanz der IC-Methode im Biochemie-Seminar innerhalb des vorklinischen Studienabschnitts

Die vorliegende Studie hat klar gezeigt, dass Studierende der Humanmedizin im zweiten Fachsemester eine große Akzeptanz gegenüber der IC-Methode im Biochemie-Seminar aufweisen.

Eine große Hürde für eine erfolgreiche Umsetzung der IC-Methode ist, die Studierenden dazu zu bringen, sich in der Selbstlernphase auf die Präsenzphase vorzubereiten. Um dies zu erreichen, liegt die Einführung eines Eingangstests nahe, dessen Bestehen die Voraussetzung für eine Teilnahme an der Präsenzphase sein kann. Ein Eingangstest wurde bei der Planung der Veranstaltung bewusst nicht integriert, da wir uns unserer Meinung nach vom Ziel, die Studierenden positiv zu motivieren und für das Fach Biochemie zu begeistern, weiter entfernen würden. In dieser Studie wurde auf eine Informationsveranstaltung (Präsenzphase 0) vor der eigentlichen Seminarveranstaltung gesetzt, in welcher den Studierenden der Hintergrund für die Umstellung der Veranstaltung basierend auf den Evaluationsergebnissen der vergangenen Jahre erläutert wurde. Neben der Vorstellung der Lehrfilme wurden die Studierenden auch darüber aufgeklärt, dass die Präsenzphasen nur effektiv genutzt werden könne,

würden sie sich vorbereiten. Zu unserer Überraschung ergaben die Auswertungen der Evaluationsbögen, dass sich 85-95% der Studierenden auf die Präsenzphasen vorbereitet haben, was für eine erfolgreiche Umsetzung der IC-Methode spricht.

4.3. Der Lernerfolg durch die IC-Methode

Um den Lernerfolg der Studierenden beider Gruppen im Vergleich zu messen, wurden die Ergebnisse aus der offiziellen Biochemieklausur, welche zwei Wochen nach dem Seminar stattfand, einerseits anhand aller, andererseits anhand von acht Seminar-relevanten Fragen verglichen. Hier konnten wir kein signifikant besseres Abschneiden der Studierenden aus der IC-Gruppe im Vergleich zu denen der Kontrollgruppe verzeichnen. Dies stimmt mit den Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen überein, die ebenso keinen gesteigerten Wissenserwerb mit der IC-Methode im Vergleich zur traditionellen Lehrmethode zeigen konnten [12], [21]. Darüber hinaus ist dies in unserem Studiendesign jedoch nicht verwunderlich, da erstens der zeitliche Anteil des Seminars im Vergleich zur gesamten Lehr- und Lernzeit für das Fach Biochemie innerhalb von zwei Fachsemestern eher gering ist und zweitens auch die Kontrollgruppe die drei Lehrfilme zwar nach ihrem Seminar, jedoch aber vor der Klausur an die Hand bekommen haben. Dies war wichtig, um allen Studierenden eine gleiche Chance für ein erfolgreiches Abschneiden in der offiziellen Biochemie-Klausur zu gewährleisten. Die vergangenen Jahre haben zudem gezeigt, dass die Ulmer Studierenden der Humanmedizin im vorklinischen Studienabschnitt sehr gut auf das M1-Staatsexamen vorbereitet werden, da die IMPP-Ergebnisse im Bundesvergleich überdurchschnittlich gut sind. So haben im Jahr 2014 nur 4,7% (bundesweiter Durchschnitt: 7,8), im Jahr 2015 sogar nur 3,3% Studierende (bundesweiter Durchschnitt: 8,1) den schriftlichen Teil der M1-Staatsexamen nicht erfolgreich abgeschlossen. Für die Fachbereiche Chemie für Mediziner/Biochemie/Molekularbiologie lagen die erreichten Gesamtpunkte im Jahr 2014 im Durchschnitt bei 74,7 (bundesweiter Durchschnitt: 72,3), im Jahr 2015 durchschnittlich bei 78,7 (bundesweiter Durchschnitt: 75). Diese Daten zeigen, dass die Studierenden auch durch die traditionelle Lehrmethode im Seminar bereits sehr gut auf MC-Klausuren vorbereitet werden. Somit lässt sich schlussfolgern, dass das Niveau der Biochemie-Lehre an der Universität Ulm bereits so hoch ist, dass die IC-Methode in dieser kleinen Lehrveranstaltung nicht unmittelbar zu einer weiteren Steigerung des Wissenserwerbs hinsichtlich der Beantwortung von MC-Fragen beitragen konnte. Geplant ist die Ausweitung der IC-Methode auf weitere Biochemie Lehrveranstaltungen, so dass der Einfluss der Methode auf den Lernerfolg in einem größeren Ansatz untersucht werden kann.

Als zweiten Ansatz führten wir mit der IC-Interventionsgruppe einen Wissenstest durch, der einerseits vor und andererseits zum Ende des Seminars gestellt wurde. Hier konnte ein signifikanter Wissenserwerb auf beiden NKLM Kompetenzebenen 1 und 2 verzeichnet werden.

In der Summe zeigen beide Tests (offizielle Biochemie-Klausur, Wissenstest in der IC-Gruppe), dass die Studierenden aus der IC-Interventionsgruppe zum Bestehen einer MC-Klausur der traditionellen Gruppe weder im Vor- noch im Nachteil waren.

An dieser Stelle stellt sich die Frage, ob in diesem Kontext eine MC-Klausur überhaupt ein geeigneter Test für die Messung des Lernerfolgs darstellt. Bei unserer implementierten IC-Veranstaltung ging es vielmehr darum, den Studierenden in den Präsenzphasen zusätzliche Kompetenzen wie die Kommunikation im Team, in mündlichen Prüfungen sowie in Gesprächen mit Fachexperten und Laien zu vermitteln und nicht um den Erwerb weiterer inhaltlicher Themen oder die Vorbereitung auf MC-Fragen. Somit wäre es zukünftig sehr interessant festzustellen, ob Studierende der IC-Gruppe in diesen Kompetenzen besser abschneiden als die Studierenden der traditionellen Gruppe. Um die Kompetenz „Kommunikation in mündlichen Prüfungen“ zu messen, wäre es beispielsweise denkbar, standardisierte mündliche Prüfungen abzuhalten, um daran anschließend die Ergebnisse der Studierenden aus der IC-Gruppe mit denen der Studierenden aus der traditionellen Gruppe zu vergleichen. Um die Kompetenz „Kommunikation mit einem Laien“ zu testen, wäre eine OSCE-Station mit einem standardisierten Patienten [4] denkbar. Auch muss an dieser Stelle aufgeführt werden, dass das Lösen von MC-Fragen zumeist konzeptuelles Wissen erfordert. Da im Rahmen der IC-Methode ein Fokus auf die Anwendung von Faktenwissen gelegt wird, wäre es zukünftig von Wichtigkeit, den Lernerfolg Studierender der traditionellen versus der IC-Lehrmethode zu vergleichen, indem das konditionale Wissen (Begründungswissen) abgefragt werden würde. Dies könnte unter anderem durch den Einsatz von Fall-basierten oder Problem-löse Fragen geschehen [27], [28].

4.4. Lehrfilme in der Biochemie

Bei der Erstellung der Lehrfilme haben wir uns an die Richtlinien von Guo und Kollegen gehalten [8]. So achteten wir darauf, dass alle Filme eine Dauer von 10 Minuten nicht überschritten, komplexe biochemische Prozesse durch einfach gehaltene Illustrationen abgebildet wurden und nur die wichtigsten Begriffe schriftlich dargestellt waren. Anders wie von Guo und Kollegen empfohlen, wurde der Dozierende nicht eingeblendet, um den Fokus der Studierenden auf die Illustrationen und Begriffe zu lenken. Für die Sprecherfunktionen wählten wir einen Lehrverantwortlichen, der den Studierenden aus den Hauptvorlesungen bekannt war, um eine Wiedererkennung zu gewährleisten. Wir entschieden uns für ein Sprechtempo ähnlich des Vorlesungstempos. Wie die Evaluationen zeigten, schnitten die Lehrfilme sehr gut ab. Während einige Studierende das Tempo lobten, stimmte die Mehrzahl jedoch für ein schnelleres Tempo. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Guo und Kollegen, die herausgestellt haben, dass ein höheres Sprachtempo ein höheres Engagement der Zuschauer fördert [8]. Somit ist ein schnelleres Tempo zu empfehlen,

wobei wir für die mitschreibenden Studierenden kein Problem sehen, da die Filme wiederholt angesehen werden können. Auch ist zu überdenken, ob zusätzlich die Folien der Filme bereitgestellt werden sollten, damit ein Mitschreiben und -zeichnen schneller durchgeführt werden kann.

Neben den eigens erstellten Lehrvideos haben wir den Studierenden auch Dokumentationsfilme über die drei klinischen Bilder zur Vorbereitung gegeben. Hier gaben die Studierenden an, von diesen wenig mitgenommen zu haben, da sie diese als nicht relevant erachteten. Aufgrund dessen empfehlen wir zukünftig, die Erstellung von eigenen Lehrvideos, die zugleich 100%ig mit den Inhalten der Präsenzphase abgestimmt sind.

4.5. Nutzen der IC-Methode für eine kompetenzbasierte Ausbildung im Medizinstudium

Ein großer Vorteil der IC-Methode besteht darin, dass durch das Auslagern von Faktenwissen in die Selbstlernphase Freiräume in der Präsenzphase geschaffen werden, die anderweitig genutzt werden können. In der vorliegenden Studie wurden diese Freiräume dazu genutzt, um kompetenzbasierte Lernziele zu vermitteln. So wurde neben den biochemischen Lernzielen die Kommunikationskompetenz im Team, in mündlichen Prüfungen und in Gesprächen mit Fachkollegen oder Fachfremden (ärztliche Kommunikation) gestärkt (siehe Anhang 1, Seminarbeschreibung). Die Evaluationen bestätigen die Wahrnehmung dieser intendierten Lernziele bei den Studierenden der IC-Interventionsgruppe. Dem gegenüber wurden diese kompetenzorientierten Lernziele in der traditionellen Lehrveranstaltung nur bedingt oder gar nicht angestrebt, so dass die Phasen der studentischen Präsenz zum Faktenerwerb genutzt wurde/genutzt werden musste.

Die sehr gute Benotung der gesamten Lehrveranstaltung durch die IC-Interventionsgruppen belegen, dass die Studierenden der IC-Methode inklusive der gelehrten Inhalte zufrieden waren. Hinsichtlich des kürzlich veröffentlichten Masterplans 2020 für das Medizinstudium [<https://www.bmbf.de/de/masterplan-medizinstudium-2020-4024.html>] eröffnet die IC-Methode eine große Chance, die darin aufgeführte Stärkung der kompetenzorientierten Ausbildung wie der sozialen und kommunikativen Kompetenzen in die Lehrpraxis zu integrieren.

4.6. Limitationen der Studie

Die vorliegende Studie wird durch einige Faktoren limitiert. Eine Limitation stellt das inhomogene Dozententeam dar. Die traditionelle Studierendengruppe wurde durch ein Dozententeam unterrichtet, welches überwiegend aus erfahrenen Dozierenden bestand, die dieses Seminar in dieser Form schon einige Jahre hielten (12 von 14 Kontrollgruppen). Dieses Team wurde durch eine unerfahrene Dozierende komplementiert, die weder im Bereich Lehre, noch mit diesem speziellen Seminar Vorerfahrungen

aufwies (2 von 14 Kontrollgruppen). Die IC-Gruppen (2 Gruppen) wurden durch eine Dozierende unterrichtet, die viel Lehrerfahrung aufwies. Da diese Dozierende dieses Seminar inklusive der drei klinischen Bilder jedoch erstmalig durchführte, war sie dem überwiegend erfahrenen Dozierendenteam der traditionellen Gruppen hinsichtlich des klinischen Kontextes im Nachteil. Darüber hinaus zeigte die Dozierende der IC-Interventionsgruppe eine hohe Motivation, welche sich auf die Studierenden, unabhängig von der Lehrmethode, übertragen haben könnte. Es ist jedoch festzuhalten, dass auch der Großteil des Dozententeams der traditionellen Kontrollgruppen motiviert war. Jedoch war uns im Vorfeld bereits bewusst, dass der erfolgreiche Einsatz einer neuen Lehrmethode dozentenabhängig ist [10]. Dies wurde auch durch die Studierenden in der E-Mailumfrage bestätigt, in welcher einige Studierende die hohe Motivation der Dozierenden als ein Grund für die Vorbereitung auf die Präsenzphasen angaben. Alles in allem jedoch spiegelt ein inhomogenes Dozententeam die Lehrwirklichkeit ohne künstliches Szenario wider.

Eine weitere Limitation der Studie waren die Räumlichkeiten. Da immer zwei Gruppen parallel unterrichtet wurden, wurden diese auch in unterschiedlichen Räumen unterrichtet. Somit fand das Seminar der zwei IC-Gruppen in einem Raum mit Tageslicht statt. Von den 14 Kontrollgruppen wurden acht in einem innen liegenden Raum ohne Tageslicht und sechs im gleichen Raum wie die IC-Gruppen unterrichtet. Ansonsten war Raumgestaltung und -ausstattung beider Räume ähnlich.

Als Limitation der Studie ist auch der Einsatz des Wissenstests mit ausschließlich der IC-Gruppe aufzuführen. Dies ist auf personelle Einschränkungen zurückzuführen. Der Wissenstest diente dazu, den Wissenserwerb der Studierende der IC-Interventionsgruppe hinsichtlich der NKLM Kompetenzebenen 1 und 2 zu messen, um auszuschließen, dass die Studierenden bei mangelnder Vorbereitung in der Selbstlernphase ggfs. gar keinen Zuwachs in biochemischem Wissen zu verzeichnen hatten. Aufgrund der Beteiligung aller Studierenden an der Selbstlernphase ist der positive Wissenszuwachs daher nicht überraschend.

Der Wissenserwerb im Vergleich (IC- versus Kontrollgruppe) wurde in dieser Studie durch die Analyse von gezielten Fragen der offiziellen Biochemie-Klausur durchgeführt. Hier wurde insbesondere die Aneignung biochemischen Wissens auf der NKLM Kompetenzebene 1 betrachtet. Wie oben schon aufgeführt, sollte ein Wissenstest vor und am Ende der Veranstaltung in einer zukünftigen Studie mit allen Studienteilnehmern durchgeführt werden.

5. Schlussfolgerung und Ausblick

Die hier durchgeführte Studie zeigt, dass die Akzeptanz für die *Inverted Classroom*-Methode unter Studierenden der Vorklinik im Biochemie-Seminar sehr hoch ausgeprägt ist. Als kritischer Parameter erwies sich im Rahmen einer qualitativen Evaluation, dass die Qualität der bereitgestellten

ten Materialien hoch sein muss. Auch erscheint es wichtig, dass das Konzept den Studierenden ausführlich erläutert wird. Im Rahmen einer quantitativen Evaluation schnitt die *Inverted Classroom*-Methode in allen erhobenen Parametern durchweg signifikant besser als die traditionelle Lehrmethode ab. In dieser Studie konnten wir mit den eingesetzten Tests keinen erhöhten Wissenserwerb feststellen. Zukünftig wäre es sicherlich sinnvoll, dafür bessere Erfolgsmessinstrumente wie eine standardisierte mündliche Prüfung oder Problem-löse Aufgaben einzusetzen, um die zusätzlich erlernten kommunikativen Kompetenzen oder die Aneignung des konditionellen Wissens zu erfassen. Abschließend ist zu schlussfolgern, dass sich die IC-Methode als geeignete Strategie darstellt, um die im Masterplan 2020 [https://www.bmbf.de/de/masterplan-medizinstudium-2020-4024.html] veröffentlichte Kompetenzorientierung des Medizinstudiums bereits in der Vorklinik umzusetzen.

6. Finanzielle Förderung

Das Projekt wurde von der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm durch Mittel aus der Sonderlinie Medizin des Landes Baden-Württemberg, Deutschland, gefördert.

Interessenkonflikt

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

Anhänge

Verfügbar unter

<http://www.egms.de/en/journals/zma/2017-34/zma001108.shtml>

1. Anhang 1.pdf (1113 KB)
Details des Lehrkonzepts und der Lehrinhalte

Literatur

1. Bishop JL, Verleger MA. The flipped classroom: A survey of the research. 120th ASEE Annual Conference Exposition. June 23-26, 2013. Atlanta: ASEE Annu. Convergence Exposition; 2013.
2. Bohaty BS, Redford GJ, Gadbury-Amyot CC. Flipping the classroom: assessment of strategies to promote student-centered, self-directed learning in a dental school course in pediatric dentistry. *J Dent Educ.* 2016;80(11):1319-1327.
3. Bösner S, Pickert J, Stibane T. Teaching differential diagnosis in primary care using an inverted classroom approach: student satisfaction and gain in skills and knowledge. *BMC Med Educ.* 2015;15:63. DOI: 10.1186/s12909-015-0346-x
4. Comert M, Zill JM, Christalle E, Dirmaier J, Harter M, Scholl I. Assessing Communication Skills of Medical Students in Objective Structured Clinical Examinations (OSCE)-A Systematic Review of Rating Scales. *PLoS one.* 2016;11:e0152717. DOI: 10.1371/journal.pone.0152717
5. Critz CM, Knight D. Using the flipped classroom in graduate nursing education. *Nurs Educ.* 2013;38(5):210-213. DOI: 10.1097/NNE.0b013e3182a0e56a
6. Ferreri SP, O'Connor SK. Redesign of a large lecture course into a small-group learning course. *Am J Pharm Educ.* 2013;77(1):13. DOI: 10.5688/ajpe77113
7. Gilboy MB, Heinerichs S, Pazzaglia G. Enhancing student engagement using the flipped classroom. *J Nutr Educ Behav.* 2015;47(1):109-114. DOI: 10.1016/j.jneb.2014.08.008
8. Guo PJ, Kim J, Rubin R. How video production affects student engagement: An empirical study of mooc videos. *Proceedings of the first ACM conference on Learning@ scale conference [Internet].* New York: ACM; 2014.
9. Handke J. *Das Inverted Classroom Model: Begleitband zur ersten deutschen ICM-Konferenz.* München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag; 2012.
10. Hattie J, Timperley H. The power of feedback. *Rev Educ Res.* 2007;11(1):81-112. DOI: 10.3102/003465430298487
11. Heiman HL, Uchida T, Adams C, Butter J, Cohen E, Persell SD, Pribaz P, MacGeghie WC, Martin GJ. E-learning and deliberate practice for oral case presentation skills: A randomized trial. *Med Teach.* 2012;34(12):820-826. DOI: 10.3109/0142159X.2012.714879
12. Heitz C, Prusakowski M, Willis G, Franck C. Does the Concept of the "Flipped Classroom" Extend to the Emergency Medicine Clinical Clerkship? *West J Emerg Med.* 2015;16:851-855. DOI: 10.5811/westjem.2015.9.27256
13. Johnson L, Adams Becker S, Estrada V, Freeman A. *NMC Horizon Report: 2014 Higher Education Edition.* Austin: The New Media Consortium; 2014.
14. Kiviniemi MT. Effects of a blended learning approach on student outcomes in a graduate-level public health course. *BMC Med Educ.* 2014;14:47. DOI: 10.1186/1472-6920-14-47
15. Lage MJ, Platt GJ, Treglia M. Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *J Econ Educ.* 2000;31(1):30-43. DOI: 10.1080/00220480009596759
16. Lake DA. Student Performance and Perceptions of a Lecture-based Course Compared With the Same Course Utilizing Group Discussion. *Phys Ther.* 2001;81(3):896-902.
17. McLaughlin JE, Roth MT, Glatt DM, Gharkholonarehe N, Davidson CA, Griffin LM, Essermann DA, Mumper RJ. The flipped classroom: a course redesign to foster learning and engagement in a health professions school. *Acad. Med.* 2014;89(2):236-243. DOI: 10.1097/ACM.0000000000000086
18. Missildine K, Fountain R, Summers L, Gosselin K. Flipping the classroom to improve student performance and satisfaction. *J Nurs Educ.* 2013;52(10):597-599. DOI: 10.3928/01484834-20130919-03
19. Morgan H, McLean K, Chapman C, Fitzgerald J, Yousuf A, Hammoud M. The flipped classroom for medical students. *Clin Teach.* 2015;12(3):155-160. DOI: 10.1111/tct.12328
20. O'Flaherty J, Phillips C. The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review. *Intern High Educ.* 2015;25:85-95. DOI: 10.1016/j.iheduc.2015.02.002
21. Ojennus DD. Assessment of learning gains in a flipped biochemistry classroom. *Biochemistry and molecular biology education.* *Biochem Mol Biol Educ.* 2016;44(1):20-27. DOI: 10.1002/bmb.20926
22. Pierce R, Fox J. Vodcasts and active-learning exercises in a "Flipped Classroom" model of a renal pharmacotherapy Module. *Am J Pharm Educ.* 2012;76(10). DOI: 10.5688/ajpe7610196

23. Prober CG, Heath C. Lecture halls without lectures -a proposal for medical education. *N Engl J Med.* 2012;366(18):1657-1659. DOI: 10.1056/NEJMp1202451
24. Prober CG, Khan S. Medical education reimaged: A call to action. *Acad Med.* 2013;88(10):1407-1410. DOI: 10.1097/ACM.0b013e3182a368bd
25. Raupach T, Grefe C, Brown J, Meyer K, Schuelper N, Anders S. Moving knowledge acquisition from the lecture hall to the student home: A prospective intervention study. *J Med Intern Res.* 2015;17(9):e223. DOI: 10.2196/jmir.3814
26. Rindermann H. Lehrevaluation. Einführung und Überblick zu Forschung und Praxis der Lehrveranstaltungsevaluation an Hochschulen; mit einem Beitrag zur Evaluation computerbasierter Unterrichts. Landau: Verlag Empirische Pädagogik; 2001.
27. Schmidmaier R, Eiber S, Ebersbach R, Schiller M, Hege I, Holzer M, Fischer MR. Learning the facts in medical school is not enough: which factors predict successful application of procedural knowledge in a laboratory setting? *BMC Med Educ.* 2013;13:28. DOI: 10.1186/1472-6920-13-28
28. Stark R, Kopp V, Fischer MR. Case-based learning with worked examples in complex domains: two experimental studies in undergraduate medical education. *Learn Instruct.* 2011;21:22-33. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2009.10.001
29. Street SE, Gilliland KO, McNeil C, Royal K. The flipped classroom improved medical student performance and satisfaction in a pre-clinical physiology course. *Med Sci Educ.* 2014;25(1):35-43. DOI: 10.1007/s40670-014-0092-4
30. Tolks D, Schafer C, Raupach T, Kruse L, Sarikas A, Gerhardt-Szep S, Kllauer G, Lemos M, Fischer MR, Eichner B, Sostmann K, Hege I. An Introduction to the Inverted/Flipped Classroom Model in Education and Advanced Training in Medicine and in the Healthcare Professions. *GMS J Med Educ.* 2016;33(3):Doc46. DOI: 10.3205/zma001045
31. Tune JD, Sturek M, Basile DP. Flipped classroom model improves graduate student performance in cardiovascular, respiratory, and renal physiology. *Adv Physiol Educ.* 2013;37(4):316-320. DOI: 10.1152/advan.00091.2013
32. Van der Vleuten CPM, Driessen EW. What would happen to education if we take education evidence seriously? *Perspect Med Educ.* 2014;3(3):222-232. DOI: 10.1007/s40037-014-0129-9

Korrespondenzadresse:

Dr. Susanne J. Kühl
 Universität Ulm, Institut für Biochemie und Molekulare Biologie, Albert-Einstein-Allee 11, 89081 Ulm, Deutschland
 susanne.kuehl@uni-ulm.de

Bitte zitieren als

Kühl SJ, Toberer M, Keis O, Tolks D, Fischer MR, Kühl M. Concept and benefits of the Inverted Classroom method for a competency-based biochemistry course in the pre-clinical stage of a human medicine course of studies. GMS J Med Educ. 2017;34(3):Doc31. DOI: 10.3205/zma001108, URN: urn:nbn:de:0183-zma0011081

Artikel online frei zugänglich unter

<http://www.egms.de/en/journals/zma/2017-34/zma001108.shtml>

Eingereicht: 15.12.2016

Überarbeitet: 28.04.2017

Angenommen: 20.06.2017

Veröffentlicht: 15.08.2017

Copyright

©2017 Kühl 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/>.