

Development of an interactive e-learning software “Histologie für Mediziner” for medical histology courses and its overall impact on learning outcomes and motivation

Abstract

Objective: To develop and evaluate an interactive histology learning software for medical students in the preclinical study phase. The educational design of the software was based on current learning theory models, such as the *Cognitive load theory*, *Cognitive theory of multimedia learning*, and the *ARCS model*, so that the acquired knowledge can be repeated using a diversified design. Moreover, the learning effects achieved by using the software shall be evaluated. Apart from the software's usability, the influence of the learning theory principles on the students' motivation shall be assessed.

Methodology: The software was evaluated using an experimental wait list control group with a pre-/post-test design ($n=213$). Depending on the group they were assigned to, students learned the histology contents of chapter “Liver, gall bladder, pancreas” using the traditional program of the Goethe University ($n=65$), the new interactive software ($n=56$), or without any of the two software versions ($n=92$). The influence of the different learning aids on the acquisition of knowledge was assessed with three questionnaires comprising four different multiple choice questions each. For the evaluation of the usability and motivational factors, a second test was added to the questionnaire of both software versions.

Results: The interactive software was rated significantly better with regard to usability and motivational aspects than the traditional learning program ($F(7, 113)=12.48$, $p<.001$, partial $\eta^2=.436$). Moreover, use of the interactive software resulted in a significant increase of knowledge acquisition as compared to the group of students who had learned without any of the two software versions (0.77 , $p=.001$).

Conclusion: With regard to the histology contents, usability was comparable to the official learning program. Interactive elements and the educational design contributed to an increase of the factors that are essential for intrinsic motivation. Thus, our program can be valuable tool to supplement the curriculum as an additional service.

Keywords: E-learning, multimedia, digitalisation, interactive learning, medical education, anatomy and histology

Christina Drees¹

Estifanos

Ghebremedhin¹

Miriam Hansen²

1 Goethe University
Frankfurt/Main, Dr.
Senckenbergische Anatomie,
Anatomy I, Clinical
Neuroanatomy,
Frankfurt/Main, Germany

2 Goethe University
Frankfurt/Main, Educational
Psychology, Interdisciplinary
College for University
Teaching (IKH),
Frankfurt/Main, Germany

1. Introduction

1.1. Background

Medical histology is one of the basic science courses in the preclinical phase of the medical school curriculum [3], [26]. It provides an important basis for subsequent subjects in the clinical phase of the study, e.g. Pathology [26], [27]. Through changes in the curricula, classroom teaching with histology contents and conventional microscopy has decreased significantly in the past years [8]. Therefore, alternatives such as virtual and digital micro-

scopy as well as interactive platforms play a major role in supplementing curricular lectures [3], [8], [15], [16], [30].

Moreover, by using media-supported teaching and learning alternatives such as the inverted classroom model enables students to actively prepare course content and then deepen their knowledge during the actual classroom session [10].

For the development of suitable digital learning materials it is, however, essential to base the design of the medium on current learning theory models. Thus, educational design options and empirically validated learning theories

should already be incorporated in the planning and development phase [5], [12].

Besides a few commercial learning platforms, there are several university histology applications [15], [19], [26], [30], [33]. However, as the study program combines elements like music, voice texts, and interactive quiz questions in a new alternative form, it could be an important addition to existing e-learning services. Moreover, the present study provides insights in the learning success and motivation of medical students that could be useful for the development of future multimedia learning applications.

1.2. Objective

1.2.1. Teaching contents and target group

The aim of this study is the implementation and evaluation of an interactive learning software for medical students in their preclinical study phase.

The purpose of this web-based learning software is to allow for interactive learning and repeating contents of the “Microscopic Anatomy II” session of the Anatomic Institute of the Johann Wolfgang Goethe University Frankfurt/Main. Course contents comprise the histology of peritoneal and retroperitoneal organs [https://www.uni-frankfurt.de/60716282/Kursus_und_Vorlesung_Anatomie_II, verified on: 16 December 2019]. The educational design is based on the learning theory models and contents of both lecture and practical training and serves as a supplemental multimedia service in addition to the lectures.

1.2.2. Learning theory models

In 1991, Sweller and Chandler developed a model using various approaches to explain the complex process of learning and understanding of new information [4], [32]. The *Cognitive load theory* describes the various causes of cognitive load during the learning process and storage of information. For the development of learning materials this means that the design can influence the cognitive load to a certain extent [4], [32].

According to current interpretations regarding instructional design, the development of learning environments based on cognitivism is divided into various parts [5]. Thus, the learning success can be increased by an educational design in consideration of different principles [5], [21], [22]. The *Cognitive theory of multimedia learning* describes the necessity to combine auditory and visual information in the working memory as a model and link it with information of the long-time memory [21], [22], [24]. Through the implementation of schemes and repetition of learned content, the information can finally be stored in the long-term memory [24]. For this purpose, the presented software contains numerous exercises enabling sustained knowledge acquisition by means of preparation and follow-up of course contents.

In addition to the educational design reported by Clark and Mayer, the ARCS model also refers to the motivational aspects that are required for the learning process [13], [14]. The ARCS model refers to four superordinate components that shall serve as motivational aspects and was named after the initials of these components: Attention, Relevance, Confidence and Satisfaction shall support endurance in the learning process [13], [14]. Using interactive elements, visual effects and sounds as well as a versatile user interface can help maintain the user's attention and prevent termination of the learning process [13], [14]. An important feature of the ARCS model is the distinction between extrinsic and intrinsic motivation, both of which can be increased with this instruction model [13], [14], [24]. In our software, multimedia and interactive elements like quiz questions with audiovisual feedback, music, direct address and control codes (arrows, display of the terms) were incorporated with free manoeuvrability within the chapter. Besides, the FEASP model addresses the emotional elements of the learning process defining fun as an essential factor [2], [24]. For the determination and evaluation of the motivation it is relevant that this is a multi-factorial construct. This can be defined and increased with these models, while the criteria of motivation increase and aspects of usability partly overlap. The concept of usability outlines the user-friendliness of a software evaluating it on the basis of the efficiency and effectiveness of the program as well as learners' satisfaction [6], [24]. Moreover, further criteria are defined including suitability of the tasks, self-descriptiveness, as well as fault tolerance [7], [24].

1. 3. Questions

The focus was on the comparison of two software versions (the traditional program “Histo-Online” and the new interactive software “Histologie für Mediziner”) addressing the following questions:

1. Does the new, interactive software cover all histology contents of the existing learning program?
2. Are there any differences between the two software versions with regard to knowledge acquisition?
3. Are there any differences between the two software versions with regard to usability?
4. What influence do the learning theories of the new software have on the students' motivation?

2. Methods

2.1. Research subject: Comparison of both software versions and group assignment

At the beginning of the study, the participants of the practical training “Microscopic Anatomy II” were divided into two groups. They were randomised to the intervention group “Software interactive” (IG_int) and “Software regular” (IG_reg). According to the group they belong to, participants were asked to learn the histology contents of the

Table 1: Number and distribution of students within the three groups

		Group			Total
		IG_reg	IG_int	CG	
		Number	Number	Number	
Course of study	Human medicine	48	43	75	166
	Dental medicine	17	12	17	46
	n/a	0	1	0	1
Gender	female	53	46	61	160
	male	12	9	31	52
	n/a	0	1	0	1
First language	German	56	45	70	171
	other	9	11	22	42
Total		65	56	92	213

n/a=not applicable/specified

chapter “Liver, gall bladder, pancreas” in preparation of the respective training day. IG_int learned the contents using the new software “Histologie für Mediziner”, while IG_reg learned with the existing learning program “Histo-Online” of the Goethe University Frankfurt. Students who claimed to have learned (T2, see below) without the software were assigned to the control group (CG) for the evaluation. Until data collection, the students had two weeks to learn the chapter. The research design provided all students with the opportunity to use both software versions until the end of the practical training. Students could use them as an optional additional offer and the individual use was recorded in the respective evaluation form. The chapter “Liver, gall bladder, pancreas” was used as an example, as the related training day took place after half of the total term. Thus, students had sufficient preparation and learning time between the three tests. Processing time and implemented interactive components correspond to the average processing time and design of the remaining chapters.

2.2. Participants

All study participants (n=213) were in the preclinical phase of their medical education. The mean age was 21.32 years (SD=3.8). Table 1 shows the group composition.

2.3. Ethics Committee

The project was submitted to the Ethics Committee of the Goethe University. According to the Ethics Committee, their vote is not required. Anonymity of data was guaranteed at all times during the study.

2.4. Material for the learning phase

2.4.1. Learning program “Histo-Online”

“Histo-Online” was developed by the Dr. Senckenbergische Anatomie of the Medical Faculty of the Goethe University in 2007 and can be used by the students as learning aid and additional service to the lectures and

practical training. The relevant learning unit (LU) contains nine different specimens. The information was presented as written texts and histological pictures [<https://www.kgu.de/zmorph/histopatho/histo4/pub/index.html>, verified on: 16 December 2019]. There are no quiz questions and auditory components like spoken texts or sounds.

2.4.2. Interactive E-learning software “Histologie für Mediziner”

For the preparation of the chapter, eight histological preparations from the collection of the Anatomical Institute of the Goethe University were used. For image processing and graphic design, CorelDRAW X7 (Corel Corporation) was used and the software was developed by means of Adobe Captivate 9 (Adobe Systems Incorporated).

In line with the learning theory models described above, histology contents were presented in spoken form with simultaneous display of the terms. As the software is an additional service for the preparation for the histology exam, static images are used, because static images are used in the exams and a similar design facilitates preparation to the respective exam questions. Control codes (arrows, coloured markings, different magnifications of the histology images) were used to emphasize relevant details and incorporate movements.

In every LU, students have to answer an interactive quiz question after each section. The quiz on the LU contains various types of questions (short answers, sequence, hotspot, drag-and-drop, multiple choice, and true/false tests) with a total of 18 questions on the topic “Liver, gall bladder, pancreas”. After answering a question, they get a direct visual and auditory feedback (demo version: <https://tinygu.de/histodemo>, verified on: 16 December 2019). Users can control their individual learning speed. LU and quiz are independent of each other. Depending on the personal requirements, individual sections can be controlled individually and repeated as often as desired via the table of contents. Attachment 1 & Attachment 2 show samples of both LU and quiz questions.

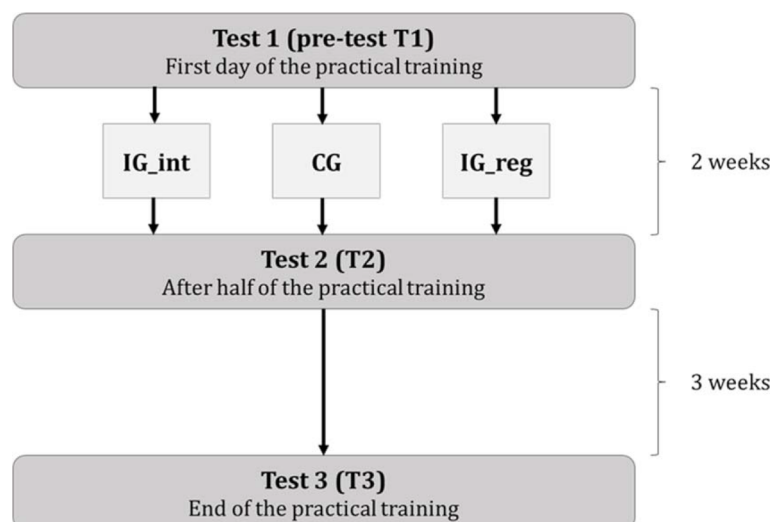


Figure 1: Diagram of the evaluation study. The study was conducted during a mandatory practical training over a period of several weeks. On the first day of the practical training, a pre-test (T1) was performed to assess the participants' existing knowledge. Thereafter, IG_reg learned with the traditional learning program "Histo-Online" of the Goethe University Frankfurt, while IG_int learned with the interactive software "Histologie für Mediziner" on the OLAT website of the student body of the Medical Faculty of the University Frankfurt. The CG learned without any of the two software versions. All participants could attend the respective lecture and learn using the lecture slides and course books. After two weeks, the changes in the level of knowledge was determined by means of a second test (T2). During this test, usability-relevant and motivational factors were also evaluated. Afterwards, all students had three weeks to learn with both software versions until they had to take a final test (T3).

Attachment 3 contains further information on the development of the software.

2.4.3. Additional learning options

Participants of all groups could attend the histology lectures and learn using the lecture slides and course books. During the course of their study, they completed the mandatory practical training.

2.5. Data collection

2.5.1. Questionnaire

Learning success was defined and evaluated on the basis of the individual knowledge increase. Data collection took three days. On the first day, a pre-test (T1) was performed to assess the participants' existing knowledge. Further quantitative data were collected after a study duration of two weeks (T2) and five weeks (T3). All data on the motivational factors and user-friendliness relevant for this study were collected within the scope of T2. T2 provided the opportunity to evaluate the effectiveness of the respective software version independent of the influence of the respective practical training day. Figure 1 shows the exact timing of the wait list control study.

All questionnaires were completed by the students in anonymised form and linked to them by means of an anonymised code. Participants were only included in the study, if three questionnaires could be associated to them.

The knowledge acquisition questionnaires contained four different multiple choice questions with five possible an-

swers and one valid answer each. They covered the contents of chapter "Liver, gall bladder, pancreas". Students had 6 minutes to complete the questionnaires. After completion they entered their answers into the enclosed EvaSys form (Electric Paper).

In addition to the histology questions, questionnaire T2 included seven other items relating to usability and – among other things – visual comfort, clear layout, and subjective knowledge increase, various factors for increasing both intrinsic and extrinsic motivation (see Attachment 4). Moreover, one fundamental criterion of individual motivation was directly evaluated with the item "I enjoyed using the software". Students had 5 minutes longer to complete questionnaire T2. The additional items were evaluated using an endpoint-based 6 stage Likert scale from 1 ("Strongly disagree") to 6 ("Strongly agree").

2.5.2. Data evaluation and analysis

Raw data were entered in Microsoft Office Excel 365 and further analysis performed using IBM SPSS Statistics 25 for Windows. Data on knowledge acquisition were analysed using mixed ANOVA. Usability analysis was performed using MANOVA with subsequent Bonferroni correction.

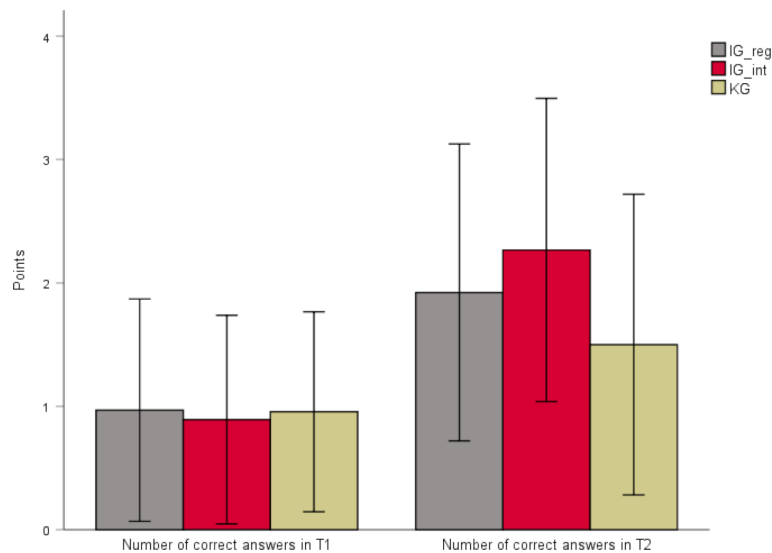


Figure 2: Results of the evaluation of the learning success. Participants ($n=213$) were assigned to either IG_reg ($n=65$), IG_int ($n=56$), or CG ($n=92$). The number of correct answers in the pretest (T1) at the beginning of the practical training and the second test (T2) after two weeks was measured. In every test, a maximum of four points could be achieved. Inductive statistics used are outlined in 3.1. Tab. 2 shows the exact mean values and standard deviations.

3. Results

3.1. Assessment of the learning success

Study participants ($n=213$) were divided into IG_int ($n=56$), IG_reg ($n=65$), and KG ($n=92$). The preconditions for ANOVA were assessed and confirmed.

A statistically significant main effect time was observed (sphericity assumed: $F(1, 210)=86.36$, $p<.001$, partial $\eta^2=.291$) with higher values at the second point of measurement ($M_{T1}=0.94$, $SD_{T1}=0.85$, $M_{T2}=1.83$, $SD_{T2}=1.25$). Moreover, a significant main effect of the group was observed ($F(2, 210)=4.16$, $p=.017$, partial $\eta^2=.038$).

There was also a significant interaction effect between time and the various study groups (sphericity assumed: $F(2, 210)=5.65$, $p=.004$, partial $\eta^2=.051$). After a study duration of two weeks, the number of correct answers varied significantly between the groups ($p=.001$). Tukey's HSD tests demonstrated that the number of correct answers was significantly higher in group IG_int due to the use of the interactive software as compared to the CG (0.77 , $p=.001$). This item was not significantly different in the other groups (see figure 2 and table 2).

All groups had the opportunity to use both software versions as learning aid between T2 and T3. This led to a knowledge increase in all groups. Within the groups who used the interactive software as an additional service, a trend towards a higher increase was observed as compared to the group who learned without the interactive software. Regarding the learning success, it was not significant whether the interactive software was used at an earlier or later stage. Due to the smaller group size of the subgroups between T2 and T3, data are displayed using descriptive statistics (see table 3).

Table 2: Descriptive depiction of the results of the knowledge test. Study participants ($n=213$) were assigned to either IG_reg ($n=65$), IG_int ($n=56$), or CG ($n=92$). The number of correct answers was measured at day one (T1) and week two (T2). In every test, a maximum of four points could be achieved.

	Group	Mean value	Std. deviation
Number of correct answers in T1	IG_reg	0.97	0.901
	IG_int	0.89	0.846
	CG	0.96	0.811
	Total	0.94	0.845
Number of correct answers in T2	IG_reg	1.92	1.203
	IG_int	2.27	1.228
	CG	1.50	1.218
	Total	1.83	1.251

3.2. Determination of motivational factors and usability

Participants of the IG_int ($n=56$) and IG_reg ($n=65$) group were asked to evaluate the learning motivation and usability. The preconditions for MANOVA were assessed and confirmed.

Students gave a positive assessment of the new software. There was a significant difference in the evaluation of motivation-relevant factors and usability between IG_int and IG_reg ($F(7, 113)=12.48$, $p<.001$, partial $\eta^2=.436$). A separate ANOVA was carried out for every dependent variable. ANOVAs were conducted at an alpha level of .007. The interactive software was rated significantly higher regarding visual comfort ($F(1, 119)=44.04$, $p<.001$, partial $\eta^2=.270$) and clear layout ($F(1, 119)=19.61$, $p<.001$, partial $\eta^2=.141$) as compared to the traditional program (see figure 3). The item "I enjoyed using the software" was also rated significantly better in IG_int than in IG_reg ($F(1, 119)=78.55$, $p<.001$, partial

Table 3: Results of the knowledge tests. The number of correct answers was measured at day one (T1), week two (T2), and week five (T3). In every test, a maximum of four points could be achieved. Between T2 and T3 the students were free to choose with which software version they wanted to learn. Due to the resulting small group size of the different subgroups, data are presented using descriptive statistics.

Group		N	Mean value	Std. deviation
Use of both software versions (interactive software after T2)	Number of correct answers in T1	24	0.92	0.717
	Number of correct answers in T2	24	2.33	1.274
	Number of correct answers in T3	24	3.12	0.797
Use of the regular software only	Number of correct answers in T1	24	1.04	1.083
	Number of correct answers in T2	24	1.92	0.929
	Number of correct answers in T3	24	2.38	1.173
Use of both software versions (interactive software after T1)	Number of correct answers in T1	41	0.93	0.818
	Number of correct answers in T2	41	2.41	1.245
	Number of correct answers in T3	41	3.00	1.025

Table 4: Descriptive depiction of the results of the usability and motivation survey. Evaluation was performed using an endpoint-based 6 stage Likert scale from 1 ("Strongly disagree") to 6 ("Strongly agree").

	Group	Mean value	Std. deviation	N
Use of the learning program led to a significant knowledge increase.	IG_reg	4.18	1.029	65
	IG_int	4.70	1.320	56
	Total	4.42	1.195	121
Through the use of the program I feel well prepared for the histology topics of the exam.	IG_reg	3.98	1.053	65
	IG_int	4.48	1.236	56
	Total	4.21	1.163	121
Use of the software was not sufficient to work through the contents of the lectures.	IG_reg	3.42	1.379	65
	IG_int	3.48	1.414	56
	Total	3.45	1.390	121
The software is clearly structured.	IG_reg	4.06	1.074	65
	IG_int	4.98	1.213	56
	Total	4.49	1.226	121
Use of the program was too complicated for me.	IG_reg	2.49	1.437	65
	IG_int	2.04	1.464	56
	Total	2.28	1.462	121
The software has a high visual comfort.	IG_reg	3.46	1.187	65
	IG_int	4.91	1.210	56
	Total	4.13	1.396	121
I enjoyed using the software.	IG_reg	3.12	1.206	65
	IG_int	5.05	1.182	56
	Total	4.02	1.533	121

$\eta^2=.398$). Regarding completeness of the histology contents ($F(1, 119)=0.07$, $p=.793$, partial $\eta^2=.001$) and the remaining items, there was no significant difference between the two software versions (see table 4 and table 5).

Table 5: Statistics on the usability and motivation survey (df group=1, df error=119), tests of between-subjects effects

Source	Dependent variable	F	Sig.	Partial eta squared
Group	Knowledge increase	5.731	.018	.046
	Exam preparation	5.718	.018	.046
	Contents of the lectures	0.069	.793	.001
	Clarity	19.607	.000	.141
	Complicated	2.983	.087	.024
	Visual comfort	44.041	.000	.270
	Fun	78.546	.000	.398

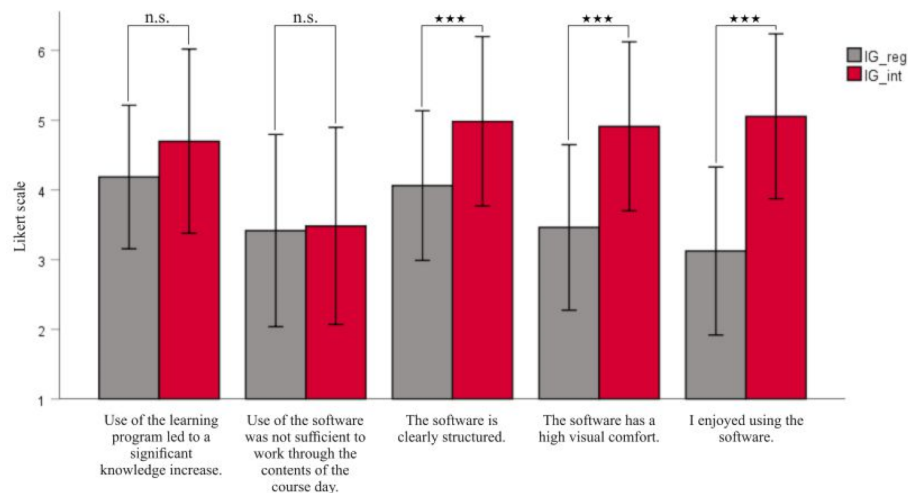


Figure 3: Results of the survey on usability and motivational factors. All students ($n=121$) of IG_reg ($n=65$) and IG_int ($n=56$) answered questions on various items about the user-friendliness and motivational aspects on an endpoint-based Likert scale from 1 ("Strongly disagree") to 6 ("Strongly agree"). Inductive statistics used are outlined in 3.2. Tables 4 and 5 show the exact mean values and standard deviations as well as further items on the measurement of motivational factors and usability.

*** $p<.001$, ns=not significant.

4. Discussion

4.1. Influence of the software versions

4.1.1. Influence on the learning success

Our study showed that students achieved a significant increase in their learning success using the interactive software as compared to those students who had learned without any of the two software versions. These observations were confirmed by studies in the subject Anatomy where the (additional) use of an e-learning module resulted in an increased learning success in the preclinical phase of medical education [28], [29]. Moreover, knowledge acquisition can be improved through the use of interactive elements [20]. Our comparison of both software versions with the CG confirmed that interactive elements can play a key role in the learning process.

In addition, there was no significant difference in the learning success between both software versions. This means that the interactive software is equivalent to the existing learning program – despite the superior rating of motivational factors. Moreover, this suggests that the histology contents of the interactive program correspond to the contents of the official software. It should be noted that there was a large statistical dispersion in figure 2 and figure 3. This aspect will be discussed in 4.1.3.

4.1.2. Evaluation of motivational factors and usability

The results of our study confirm that usability and motivational aspects were rated significantly better using the interactive software as compared to the existing learning program. Accordingly, motivation can be increased through the integration of interactive elements and use of the software in preparation of the practical training day. The item "I enjoyed using the software" demonstrated the direct influence of the application on the in-

trinsic motivation. These results were confirmed by the results of a study in the subject Biochemistry. Here, a significant increase of the motivation was observed with the inverted classroom method where medical students prepared for the lecture using instructional films and reviewed the acquired knowledge by means of comprehension questions [17].

In general, the demand for digital services and e-learning applications in medical education has been rising constantly for a number of years [3], [16], [31]. In this context, interactive formats also gain more and more importance [18]. The results of our study confirm that in the implementation of a web-based application, educational models should already be incorporated during the planning phase in order to increase the learning success and above all motivation in the learning process [5], [12], [13], [14].

4.1.3. Limitations and solutions

The study was limited by the fact that the evaluation of the learning success was only performed based on a small number of questions per test ($n=4$). This was unavoidable due to the course of the practical training, but should be modified in future surveys. One idea would be to evaluate several chapters and develop a questionnaire with a main focus on the quantification of knowledge acquisition. A critical point, however, is that students knew during the course to which study group they have been assigned. Another point relates to the CG that can only be formed in the assessment phase due to the self-reported learning behaviour. This learning behaviour might be attributable to a missing affinity towards electronic teaching media. Thus, evaluation might have been performed by participants with a particularly high intrinsic motivation. Furthermore, it should be taken into consideration that IG_int had more time to learn the contents due to the additional quiz questions – a factor which

might be correlated with the learning success. Different learning periods within the groups and differences regarding the motivation could have influenced the statistical dispersion of the mean values. These factors should be investigated in a subsequent study and additional learning materials the individual students used identified. However, the variety of additional learning aids and subjective learning behaviour might impair a reliable quantification.

4.2. Other digital services by comparison

Frequently used and popular digital medicine related learning aids are commercial platforms like Via-medici.Thieme.de, Medi-Learn.de, and Amboss.com. These platforms act as result- and exam-oriented applications neglecting certain aspects, such as intrinsic motivation that is important for learning. In this context, the problem area of limited validity of internet-related information should be mentioned [11]. The development of individual learning applications by medical institutes and specially trained employees as well as the implementation of suitable portals might provide an adequate solution [11]. In future, the design of software products with interactive elements and on the basis of learning theory models should therefore rather be entrusted to university teachers than commercial service providers. However, as only a few universities have an extensive quality management for e-learning programs in human medicine, such a tool should be introduced to be able to evaluate the quality of (digital) teaching platforms on a long-term basis [1]. In view of the digital change taking place at universities, framework conditions and funding opportunities should be adapted accordingly [9], [23].

5. Conclusions and outlook

In the coming semesters, further studies should be conducted in order to evaluate the efficiency of our software and user behaviour on a long-term basis.

An interactive optional online teaching service of the Philipps University Marburg in the subject Human Genetics was particularly well received by students in the clinical study phase [25]. As our program includes “Microscopic anatomy” and thus covers a subject of the preclinical phase incorporating diverse quiz types, the influence of the software should be further evaluated. Our findings have further shown that a subsequent evaluation study should be performed against the background of a long-term use.

Upon request and within the scope of future projects, transferability to other subjects of the preclinical and clinical study phase should be possible without any problem. As various contents can be integrated into the software, the e-learning service of curricular and non-curricular lectures can easily be extended.

Funding

The project was supported by the Medical Faculty of the Goethe University Frankfurt within the scope of an application for funding of a teaching improvement project (Antrag auf Förderung eines Projektes zur Lehrverbesserung) (Decision S 59/2017).

Acknowledgements

We thank Farid Theune and Wolfgang Gottlieb for their contributions in the development of the learning software “Histologie für Mediziner”.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Attachments

Available from

<https://www.egms.de/en/journals/zma/2020-37/zma001328.shtml>

1. Attachment_1.pdf (423 KB)
Development of the software “Histologie für Mediziner” for medical histology courses: Sample learning unit
2. Attachment_2.pdf (502 KB)
Development of the software “Histologie für Mediziner” for medical histology courses: Sample quiz questions
3. Attachment_3.pdf (172 KB)
Further details on the development of the software “Histologie für Mediziner” for medical histology courses
4. Attachment_4.pdf (128 KB)
Usability and motivation: Details on the questionnaire

References

1. Abrusch J, Marienhagen J, Böckers A, Gerhardt-Szép S. Quality management of eLearning for medical education: current situation and outlook. *GMS Z Med Ausbild.* 2015;32(2):Doc20. DOI: 10.3205/zma000962
2. Astleitner H. Designing emotionally sound instruction: The FEASP-approach. *Instruct Sci.* 2000;28(3):169-198. DOI: 10.1023/A:1003893915778
3. Blake C, Lavoie H, Millette C. Teaching medical histology at the University of South Carolina School of Medicine: Transition to virtual slides and virtual microscopes. *Anat Record.* 2003;275B(1):196-206. DOI: 10.1002/ar.b.10037
4. Chandler P, Sweller J. Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cogn Instruct.* 1991;8(4):293-332. DOI: 10.1207/s1532690xci0804_2

5. Clark R, Mayer R. E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning. San Francisco: Pfeiffer; 2003. DOI: 10.1002/pfi.4930420510
6. DIN EN ISO 9241-11: 1999-01. Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit. Leitsätze (ISO 9241-11:1998). Deutsche Fassung EN ISO 9241-11:1998. 1999.
7. DIN EN ISO 9241-110, Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-110:2006). Deutsche Fassung EN ISO 9241-110:2006. 2007.
8. Drake RL, McBride JM, Lachman N, Pawlina W. Medical education in the anatomical sciences: the winds of change continue to blow. *Anat Sci Educ.* 2009;2:253-259. DOI: 10.1002/ase.117
9. German Association for Medical Education GMA, Advisory Board. Position of the advisory and executive board of the German Association for Medical Education (GMA) regarding the "masterplan for medical studies 2020". *GMS J Med Educ.* 2019;36(4):Doc46. DOI: 10.3205/zma001254
10. Handke J, Sperl A. Das Inverted Classroom Model: Begleitband zur ersten deutschen ICM-Konferenz. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag; 2012.
11. Hempel G, Neef M, Rotzoll D, Heinke W. Medizinstudium 2.0 dank Web 2.0?! - Risiken und Chancen am Beispiel des Leipziger Medizinstudiums. *GMS Z Med Ausbild.* 2013;30(1):Doc11. DOI: 10.3205/zma000854
12. Issing LJ. Instruktionsdesign für Multimedia. In: Issing L, Klimsa P, editors. Information und Lernen mit Multimedia. 3. vollst. überarb. Aufl. Weinheim: Beltz; 2002. p.151-176.
13. Keller JM. Motivational design of instruction. In: Reigeluth CM, editor. Instructional-design theories and models: An overview of their current status. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum; 1983. p.383-436.
14. Keller JM, Kopp TW. An application of the ARCS model of motivational design. In: Reigeluth CM, editor. Instructional theories in action. Lessons illustrating selected theories and models. Hillsdale, NJ: Erlbaum; 1987. p.289-320.
15. Khalil MK, Kirkley DL, Kibble JD. Development and evaluation of an interactive electronic laboratory manual for cooperative learning of medical histology. *Anat Sci Educ.* 2013;6(5):342-50. DOI: 10.1002/ase.1350
16. Krippendorf BB, Lough J. Complete and rapid switch from light microscopy to virtual microscopy for teaching medical histology. *Anat Rec.* 2005;285B:19-25. DOI: 10.1002/ar.b.20066
17. 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
18. Kuhn S, Frankenhauser S, Tolks D. Digitale Lehr- und Lernangebote in der medizinischen Ausbildung. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz.* 2018;61(2):201-209. DOI: 10.1007/s00103-017-2673-z
19. Langer-Fischer K, Brandt D, Braun CK, Hengge F, Krefting J, Schmucker M, Dietrich M, Bertsch A, Eichner B, Igel C, Heimrich B, Britsch S. MyMi.mobile - adaptives individualisiertes Lernen in der mikroskopischen Anatomie. In: Gemeinsame Jahrestagung der Gesellschaft für Medizinische Ausbildung (GMA), des Arbeitskreises zur Weiterentwicklung der Lehre in der Zahnmedizin (AKWLZ) und der Chirurgischen Arbeitsgemeinschaft Lehre (CAL). Frankfurt am Main, 25.-28.09.2019. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House; 2019. DocP-01-10. DOI: 10.3205/19gma238
20. Löffler S, Feja C, Widmann J, Claus I, von Lindeman K, Eisnach K. Interactive versus Reproductive Learning, a Comparison of Medical School Graduates with Participants of a Postgraduate CPD Session. *GMS Z Med Ausbild.* 2011;28(4):Doc57. DOI: 10.3205/zma000769
21. Mayer RE. Cognitive theory of multimedia learning. In: Mayer RE, editor. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge, MA: Cambridge University Press; 2005. p.31-48. DOI: 10.1017/CBO9780511816819.004
22. Mayer RE. Multimedia Learning. Cambridge: University Press; 2001. DOI: 10.1017/CBO9781139164603
23. Müller C, Fünfinger S, Tolks D, E-Learning working group in the Competence Network Medical Education in Bavaria. Teaching load - a barrier to digitalisation in higher education? A position paper on the framework surrounding higher education medical teaching in the digital age using Bavaria, Germany as an example. *GMS J Med Educ.* 2018;35(3):Doc34. DOI: 10.3205/zma001180
24. Niegemann HM, Domagk S, Hessel, Hein A, Hupfer M, Zobel A. Kompendium multimediales Lernen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2008. p.359-368. DOI: 10.1007/978-3-540-37226-4
25. Oeffner F, Schäfer C, Fritz B, Fuchs AL, Rauschendorf A, König R, Kunz J. Interactive e-learning courses in human genetics: Usage and evaluation by science and medical students at the faculty of medicine. *GMS Z Med Ausbild.* 2011;28(3):Doc38. DOI: 10.3205/zma000750
26. Parker EU, Reder NP, Glasser D, Henriksen J, Kilgore MR, Rendi MH. NDER: A Novel Web Application for Teaching Histology to Medical Students. *Acad Pathol.* 2017;10;4:2374289517691061. DOI: 10.1177/2374289517691061
27. Pratt RL. Are we throwing histology out with the microscope? A look at histology from the physician's perspective. *Anat Sci Educ.* 2009;2:205-209. DOI: 10.1002/ase.100
28. Rafai N, Lemos M, Kennes LN, Hawari A, Gerhardt-Szép S, Classen-Linke I. Anatomy meets dentistry! Linking anatomy and clinical practice in the preclinical dental curriculum. *BMC Med Educ.* 2016;16:305. DOI: 10.1186/s12909-016-0825-8
29. Rich P, Guy R. A "Do-It-Yourself" interactive bone structure module: development and evaluation of an online teaching resource. *Anat Sci Educ.* 2013;6(2):107-13. DOI: 10.1002/ase.1312
30. Sander B, Golas MM. HistoViewer: An interactive e-learning platform facilitating group and peer group learning. *Anat Sci Educ.* 2012;6:182-190. DOI: 10.1002/ase.1336
31. Smolle J. Virtual medical campus: the increasing importance of E-learning in medical education. *GMS Z Med Ausbild.* 2010;27(2):Doc29. DOI: 10.3205/zma000666
32. Sweller J, Chandler P. Evidence for Cognitive Load Theory. *Cogn Instr.* 1991;8(4):351-362. DOI: 10.1207/s1532690xci08045
33. Vollmar-Hesse I, Zabke J, Abele H. www.HistoNet2000.de - didaktisches Konzept und Nutzerakzeptanz eines e-learning-Programms. *GMS Med Bibl Inf.* 2007;7(3):Doc44. Zugänglich unter/available from: <https://www.egms.de/static/de/journals/mbi/2007-7/mbi000096.shtml>

Corresponding author:

Christina Drees, M.Sc.

Goethe University Frankfurt/Main, Dr. Senckenbergische Anatomie, Anatomy I, Clinical Neuroanatomy, Theodor-Stern-Kai 7, D-60590 Frankfurt/Main, Germany
christina.drees@stud.uni-frankfurt.de

Please cite as

Drees C, Ghebremedhin E, Hansen M. Development of an interactive e-learning software "Histologie für Mediziner" for medical histology courses and its overall impact on learning outcomes and motivation. *GMS J Med Educ.* 2020;37(3):Doc35.
DOI: 10.3205/zma001328, URN: urn:nbn:de:0183-zma0013288

This article is freely available from

<https://www.egms.de/en/journals/zma/2020-37/zma001328.shtml>

Received: 2019-09-24

Revised: 2020-01-13

Accepted: 2020-02-11

Published: 2020-04-15

Copyright

©2020 Drees 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/>.

Entwicklung der interaktiven E-Learning-Software „Histologie für Mediziner“ – Einfluss auf den Lernerfolg und die Motivation von Studierenden im Kursus der mikroskopischen Anatomie

Zusammenfassung

Zielsetzung: Das Ziel der Arbeit bestand in der Entwicklung und der Evaluation einer interaktiven Histologie-Lernsoftware für Studierende der Medizin im vorklinischen Studienabschnitt. Die didaktische Gestaltung der Software orientierte sich an aktuellen lerntheoretischen Modellen wie der *Cognitive Load Theory*, der *Kognitiven Theorie multimedialen Lernens* und dem ARCS-Modell, so dass das vermittelte Wissen mit Hilfe einer abwechslungsreichen Gestaltung wiederholt werden kann. Weiterhin sollte eine Einschätzung der durch die Software erzielten Lerneffekte erfolgen. Dabei sollte neben der Usability insbesondere der Einfluss lerntheoretischer Prinzipien auf die Motivation der Studierenden beurteilt werden.

Methodik: Die Software wurde unter Nutzung einer experimentellen Wartekontrollgruppenstudie mit Prä-/Posttest-Design evaluiert (N=213). Die Studierenden lernten entsprechend ihrer Gruppenzugehörigkeit die histologischen Inhalte des Kapitels „Leber, Gallenblase, Pankreas“ mit dem regulären Programm der Goethe-Universität (N=65), mit der neuen, interaktiven Software (N=56) oder ohne eine der beiden Softwareversionen (N=92). Der Einfluss der verschiedenen Lernmittel auf den Wissenserwerb wurde über drei Fragebogen mit jeweils vier unterschiedlichen Multiple-Choice-Fragen ermittelt. Zur Bewertung der Usability und der motivationalen Faktoren wurden die beiden Softwareversionen über eine Erweiterung des Fragebogens im Rahmen des zweiten Tests evaluiert.

Ergebnisse: Die interaktive Software wurde im Hinblick auf Benutzerfreundlichkeit und motivationssteigernde Aspekte signifikant besser bewertet als das bestehende Lernprogramm ($F(7, 113)=12.48, p<.001$, partielles $\eta^2=.436$). Weiterhin konnte durch die Verwendung der interaktiven Software eine signifikante Steigerung des Wissenserwerbs im Vergleich zu der Gruppe verzeichnet werden, die ohne eine der beiden Softwareversionen gelernt hatte ($0.77, p=.001$).

Schlussfolgerung: Die Anwendung war bezüglich der histologischen Inhalte gleichwertig zum offiziellen Lernprogramm. Durch die Verwendung interaktiver Elemente und das didaktische Design konnte eine Steigerung der für die tätigkeitszentrierte Motivation essentiellen Faktoren erreicht werden. Somit kann unser Programm, besonders unter dem Aspekt der Nutzung als Zusatzangebot, eine wertvolle Ergänzung des Lehrangebots bieten.

Schlüsselwörter: E-Learning, Multimedia, Digitalisierung, Interaktives Lernen, Medizinstudium, Anatomie und Histologie

Christina Drees¹

Estifanos

Ghebremedhin¹

Miriam Hansen²

1 Goethe-Universität, Dr.
Senckenbergische Anatomie,
Institut der Anatomie I,
Klinische Neuroanatomie,
Frankfurt/Main, Deutschland

2 Goethe-Universität,
Pädagogische Psychologie,
Interdisziplinäres Kolleg
Hochschuldidaktik (IKH),
Frankfurt/Main, Deutschland

1. Einleitung

1.1. Problemstellung

Die Histologie ist eines der Grundlagenfächer im vorklinischen Abschnitt des Medizinstudiums [3], [26]. Sie bildet dabei eine wichtige Basis für nachfolgende Fächer im klinischen Studienabschnitt wie für die Pathologie [26], [27]. Durch Veränderungen der Curricula nahm der Anteil der Präsenzlehre mit Inhalten aus der Histologie und der konventionellen Mikroskopie in den vergangenen Jahren stark ab [8]. Alternativen wie die virtuelle und die digitale Mikroskopie sowie die Entwicklung interaktiver Plattformen spielen daher, auch als zusätzliches Angebot zu den curricularen Lehrveranstaltungen, eine wichtige Rolle [3], [8], [15], [16], [30].

Weiterhin können mediengestützte Lehr- und Lernalternativen wie das Inverted Classroom-Modell den Studierenden die Möglichkeit geben, Inhalte selbstständig aktiv vorzubereiten und ihr erworbenes Wissen in der eigentlichen Präsenzveranstaltung zu vertiefen [10].

Eine Grundvoraussetzung für die sinnvolle Entwicklung digitaler Lernmaterialien ist aber die Gestaltung des Mediums anhand aktueller lerntheoretischer Modelle. So sollen bereits in der Planungs- und Entwicklungsphase didaktische Gestaltungsmöglichkeiten und empirisch geprüfte Lerntheorien angewandt werden [5], [12].

Neben einigen kommerziellen Lernplattformen gibt es auch universitäre Histologie-Anwendungen [15], [19], [26], [30], [33]. Da das in dieser Studie evaluierte Programm aber Elemente wie Musik, Sprachtexte und interaktive Quizfragen in einer alternativen, neuen Form kombiniert, könnte es eine wichtige Ergänzung zu bereits bestehenden E-Learning-Angeboten darstellen. Weiterhin werden durch die vorliegende Studie Erkenntnisse zu Lernerfolg und Motivation von Medizinstudierenden gewonnen, die für die Gestaltung künftiger multimedialer Lernanwendungen nützlich sein können.

1.2. Zielsetzung

1.2.1. Lerninhalte und Zielgruppe

Das Ziel der Arbeit bestand in der Umsetzung und der Evaluation einer interaktiven Lernsoftware für Studierende der Medizin im vorklinischen Studienabschnitt.

Die webbasierte Lernsoftware soll das interaktive Erlernen und Wiederholen der Inhalte des Kursus „Mikroskopische Anatomie II“ des Anatomischen Instituts der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main ermöglichen. Der Lehrstoff des Kursus umfasst die Histologie der inneren Organe des Situs und des Retrositus [https://www.uni-frankfurt.de/60716282/Kursus_und_Vorlesung_Anatomie_II, geprüft am: 16.12.2019]. Die didaktische Gestaltung orientiert sich an aktuellen lerntheoretischen Modellen sowie an den entsprechenden Inhalten der Vorlesung und des Praktikums und soll ein multimediales Zusatzangebot zur Lehrveranstaltung beinhalten.

1.2.2. Lerntheoretische Modelle

Sweller und Chandler entwickelten 1991 ein Modell, das verschiedene Ansätze bietet, den komplexen Prozess des Lernens und des Verstehens neuer Informationen zu erklären [4], [32]. So beschreibt die *Cognitive Load Theory* die verschiedenen Ursachen kognitiver Belastung während des Lernprozesses und der Speicherung von Informationen. Im Kontext der Gestaltung von Lernmaterialien ergibt sich daraus, dass durch das Design in einem gewissen Rahmen Einfluss auf die kognitive Belastung genommen werden kann [4], [32].

Eine aktuelle Auffassung vom Instruktionsdesign teilt die Entwicklung von Lernumgebungen auf der Grundlage des Kognitivismus in verschiedene Abschnitte auf [5]. Demnach kann mit Hilfe des didaktischen Designs und unter Berücksichtigung unterschiedlicher Prinzipien der Lernerfolg gesteigert werden [5], [21], [22]. Die *Kognitive Theorie multimedialen Lernens* beschreibt die Notwendigkeit, im Arbeitsgedächtnis auditive und visuelle Informationen als Modell zu verbinden und mit Informationen aus dem Langzeitgedächtnis zu koppeln [21], [22], [24]. Durch die Konstruktion von Schemata und Wiederholen des Gelernten können die Informationen schließlich im Langzeitgedächtnis gespeichert werden [24]. Aus diesem Grund beinhaltet die hier beschriebene Software zahlreiche Übungsaufgaben und bietet die Möglichkeit zum nachhaltigen Wissenserwerb durch Vor- aber auch durch Nachbereitung der Lehrinhalte.

Zusätzlich zu dem von Clark und Mayer beschriebenen didaktischen Design beruft sich das ARCS-Modell auch auf die für den Lernprozess notwendigen motivationalen Aspekte [13], [14]. Das ARCS-Modell bezieht sich auf vier übergeordnete Komponenten, die der Motivationssteigerung dienen sollen, und wurde nach den Anfangsbuchstaben dieser Komponenten benannt: So sollen Aufmerksamkeit (Attention), Relevanz (Relevance), Erfolgszuversicht (Confidence) und Zufriedenheit (Satisfaction) die Ausdauer im Lernprozess fördern [13], [14]. Durch den Einsatz interaktiver Elemente, die Verwendung visueller Effekte und Sounds sowie eine abwechslungsreiche Gestaltung der Benutzeroberfläche kann die Aufmerksamkeit des Users aufrechterhalten und ein Abbrechen des Lernvorgangs verhindert werden [13], [14]. Ein wichtiges Merkmal des ARCS-Modells ist die Unterscheidung zwischen zweck- und tätkeitszentrierter Motivation, welche beide mittels dieses Instruktionsmodells gesteigert werden können [13], [14], [24]. In unsere Software wurden dafür, bei freier Steuerbarkeit innerhalb der Kapitel, gezielt multimediale und interaktive Elemente wie Quizfragen mit audiovisuellen Rückmeldungen, Musik, eine direkte Ansprache und Steuerungs-codes (Pfeile, Einblendungen der Begriffe) eingebaut. Darüber hinaus befasst sich das FEASP-Modell mit den emotionalen Bestandteilen im Lernprozess und definiert dabei Vergnügen als einen unverzichtbaren Faktor [2], [24]. Allgemein ist für die Erfassung und Evaluation der Motivation relevant, dass diese ein multifaktorielles Konstrukt darstellt. Dieses kann mittels der hier genannten Modelle definiert und

Tabelle 1: Anzahl und Verteilung der Studierenden innerhalb der drei Gruppen

		Gruppe			
		IG_reg	IG_int	KG	Gesamt
		Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Studiengang	Humanmedizin	48	43	75	166
	Zahnmedizin	17	12	17	46
	k.A.	0	1	0	1
Geschlecht	weiblich	53	46	61	160
	männlich	12	9	31	52
	k.A.	0	1	0	1
Erstsprache	deutsch	56	45	70	171
	andere	9	11	22	42
Gesamt		65	56	92	213

k.A.=keine Angabe

gesteigert werden, wobei sich die Maßstäbe zur Motivationssteigerung und Aspekte der Usability teilweise überlappen. So beschreibt das Konzept der Usability die Benutzerfreundlichkeit einer Software und beurteilt dies über die Effizienz und Effektivität des Programms sowie über die Zufriedenheit der Lernenden [6], [24]. Weiterhin werden zusätzliche Kriterien definiert, zu denen unter anderem die Aufgabenangemessenheit, die Selbstbeschreibungsfähigkeit sowie die Fehlertoleranz gehören [7], [24].

1.3. Fragestellung

Im Mittelpunkt stand der Vergleich zweier Softwareversionen (für die Lehre bereits vorhandenes, reguläres Programm „Histo-Online“ versus neue, interaktive Software „Histologie für Mediziner“). Dabei sollten folgende Fragen geklärt werden:

1. Deckt die neue, interaktive Software alle histologischen Inhalte des bestehenden Lernprogramms ab?
2. Gibt es Unterschiede zwischen den beiden Softwareversionen bezüglich des Wissenserwerbs?
3. Gibt es Unterschiede zwischen den Softwareversionen bezüglich der Usability?
4. Welchen Einfluss haben die in der neuen Software angewandten Lerntheorien auf die Motivation der Studierenden?

2. Methoden

2.1. Untersuchungsgegenstand: Vergleich der beiden Softwareversionen und Gruppeneinteilung

Zu Beginn der Studie wurden im Praktikum „Mikroskopische Anatomie II“ zwei Gruppen gebildet. Die Zuteilung der Studienteilnehmenden in die Interventionsgruppen „Software interaktiv“ (IG_int) und „Software regulär“ (IG_reg) erfolgte zufällig. Entsprechend ihrer Gruppenzugehörigkeit bekamen die Teilnehmenden die Vorgabe, die histologischen Inhalte des Kapitels „Leber, Gallenbla-

se, Pankreas“ als Vorbereitung für den entsprechenden Praktikumstag zu lernen. Die IG_int lernte hierfür mit der neuen Software „Histologie für Mediziner“. Die IG_reg lernte mit dem bestehenden Lernprogramm „Histo-Online“ der Goethe-Universität Frankfurt. Studierende, die laut eigener Angabe (T2, siehe unten) ohne Software gelernt hatten, wurden für die Auswertung der Kontrollgruppe (KG) zugeteilt. Für die Bearbeitung des Kapitels bis zur Datenerhebung hatten die Studierenden zwei Wochen Zeit. Anschließend bot das Untersuchungsdesign allen Studierenden die Möglichkeit, bis zum Abschluss des Praktikums mit beiden Softwareversionen zu lernen. Diese wurden als freiwillig nutzbares Zusatzangebot zur Verfügung gestellt, wobei die individuelle Nutzung im jeweiligen Evaluationsbogen abgefragt wurde. Das Kapitel „Leber, Gallenblase, Pankreas“ wurde exemplarisch ausgewählt, da der zugehörige Praktikumstag nach der Hälfte der Gesamtlaufzeit stattfand. So wurde eine ausreichende Lern- und Vorbereitungszeit zwischen den drei Tests gewährleistet. Die Bearbeitungszeit und die implementierten interaktiven Komponenten entsprechen der durchschnittlichen Bearbeitungszeit und der Gestaltung der restlichen Kapitel.

2.2. Studienteilnehmende

Alle Studienteilnehmenden (N=213) befanden sich im vorklinischen Abschnitt des Medizinstudiums. Das Durchschnittsalter betrug 21.32 Jahre (SD=3.8). Die genaue Zusammensetzung der einzelnen Gruppen ist in Tabelle 1 dargestellt.

2.3. Ethikkommission

Das Projekt wurde der Ethikkommission der Goethe-Universität zur Prüfung vorgelegt. Ein Votum war gemäß Angabe der Ethikkommission nicht erforderlich. Die Anonymität der Daten war zu jedem Zeitpunkt der Studie gewährleistet.

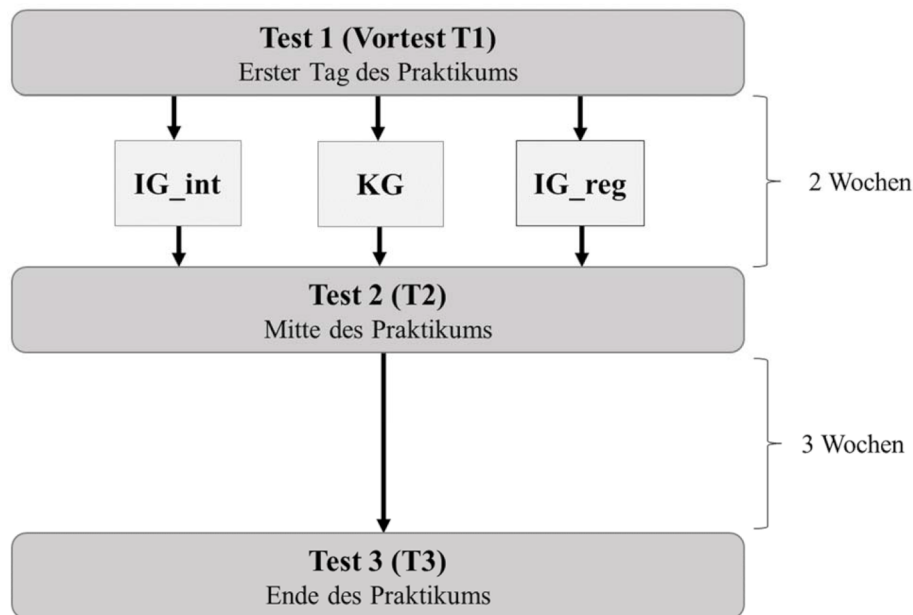


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Evaluationsstudie. Die Studie wurde im Rahmen des mehrwöchigen Pflichtpraktikums durchgeführt. Am ersten Tag des Praktikums wurde der Wissensstand der Studierenden über einen Vortest (T1) ermittelt. Anschließend lernte die IG_reg mit dem bestehenden Programm „Histo-Online“ der Goethe-Universität Frankfurt. Die IG_int lernte mit der interaktiven Software „Histologie für Mediziner“ auf der OLAT-Webseite der Fachschaft Medizin Frankfurt. Die KG lernte ohne eine der beiden Softwareversionen. Alle Teilnehmenden hatten die Möglichkeit, die entsprechende Vorlesung zu besuchen und mit den Vorlesungsfolien sowie mit Lehrbüchern zu lernen. Nach zwei Wochen wurde die Veränderung im Wissensstand über einen zweiten Test (T2) ermittelt. Hier fand auch die Evaluation der für die Usability relevanten und motivationssteigernden Faktoren statt. Danach hatten alle Studierenden drei Wochen Zeit, bis zum Abschlusstest (T3) mit beiden Softwareversionen zu lernen.

2.4. Material für die Lernphase

2.4.1. Lernprogramm „Histo-Online“

Das Lernprogramm „Histo-Online“ wurde 2007 von der Dr. Senckenbergischen Anatomie des Fachbereichs Medizin der Goethe-Universität entwickelt und kann von den Studierenden als Lernhilfe und Zusatzangebot zur Vorlesung und zum Praktikum genutzt werden. Die für diese Studie relevante Lerneinheit (LE) enthält insgesamt neun verschiedene Präparate. Alle Informationen werden in Form von geschriebenen Texten und histologischen Abbildungen präsentiert [<https://www.kgu.de/zmorph/histopatho/histo4/pub/index.html>, geprüft am: 16.12.2019]. Quizfragen und auditive Komponenten wie gesprochene Texte oder Sounds sind nicht vorhanden.

2.4.2. Interaktive E-Learning-Software „Histologie für Mediziner“

Für die Erstellung des Kapitels wurden acht histologische Präparate aus dem Bestand des anatomischen Instituts der Goethe-Universität verwendet. Für die Bildbearbeitung und die Graphikerstellung wurde CorelDRAW X7 (Corel Corporation) genutzt. Die Softwareentwicklung erfolgte mittels Adobe Captivate 9 (Adobe Systems Incorporated). Die histologischen Inhalte werden analog zu den hier erläuterten lerntheoretischen Modellen in gesprochener Form und unter gleichzeitiger Einblendung der Begriffe präsentiert. Da die Software als Zusatzangebot und zur

Vorbereitung auf die histologischen Prüfungsfragen verwendet wird, wurden statische Bilder eingesetzt, denn im Rahmen der Klausuren werden ebenfalls statische Abbildungen verwendet und eine ähnliche Darstellung hilft bei der Vorbereitung auf die entsprechenden Fragen. Zur Hervorhebung relevanter Details und zur Einbringung von Bewegungen wurden Steuerungscodes (Pfeile, farbige Markierungen, unterschiedliche Vergrößerungen der histologischen Abbildungen) eingesetzt. Innerhalb der LE folgt nach jedem Abschnitt eine interaktive Quizfrage. Das zugehörige Quiz zur LE enthält sechs verschiedene Fragetypen (Kurzantworten, Reihenfolge-, Hotspot-, Drag-and-Drop-, Multiple-Choice- und Wahr/Falsch-Tests) mit insgesamt 18 Fragen zum Themengebiet „Leber, Gallenblase, Pankreas“. Die Lernenden erhalten nach Beantwortung der jeweiligen Frage ein direktes visuelles und auditives Feedback (Demoversion: <https://tinygu.de/histodemo>, geprüft am: 16.12.2019). Es ist den Anwendenden möglich, das Lerntempo selbstständig zu regulieren. Weiterhin sind LE und Quiz voneinander unabhängig. Einzelne Abschnitte sind je nach persönlichem Bedarf über das Inhaltsverzeichnis frei steuerbar und können beliebig oft wiederholt werden. Beispiele für die Gestaltung der LE und der Quizfragen sind im Anhang 1 sowie im Anhang 2 dargestellt. Weitere Informationen zur Entwicklung der Software befinden sich im Anhang 3.

2.4.3. Weitere Lernmöglichkeiten

Die Teilnehmenden aller Gruppen hatten die Möglichkeit, die Histologie-Vorlesung zu besuchen und mit den Vorlesungsfolien sowie mit Lehrbüchern zu lernen. Sie absolvierten während der Studienlaufzeit das entsprechende Pflichtpraktikum.

2.5. Datenerfassung

2.5.1. Fragebogen

Der Lernerfolg wurde über den Wissenszuwachs definiert und beurteilt. Die Datenerhebung fand an insgesamt drei Tagen statt. Um das Vorwissen der Teilnehmenden einschätzen zu können, wurde am ersten Tag der Studie ein Vortest (T1) durchgeführt. Weitere quantitative Daten wurden nach einer Studienlaufzeit von zwei Wochen (T2) sowie nach fünf Wochen (T3) erhoben. Die für diese Studie relevante Datenerhebung zu den motivationalen Faktoren und zur Benutzerfreundlichkeit fand im Rahmen von T2 statt. T2 bot dabei die Möglichkeit, die Effektivität der jeweiligen Softwareversion unabhängig vom Einfluss des zugehörigen Praktikumstags zu beurteilen. Der genaue zeitliche Ablauf der Wartekontrollstudie ist in Abbildung 1 dargestellt.

Alle Fragebogen wurden von den Studierenden in anonymisierter Form beantwortet und ihnen über einen anonymisierten Code zugeordnet. In die Studie wurden nur Teilnehmende eingeschlossen, denen drei Fragebogen zuzuordnen waren.

Die Fragebogen zur Wissensermittlung enthielten jeweils vier verschiedene Multiple-Choice-Fragen mit fünf Antwortmöglichkeiten und einer gültigen Antwort pro Frage. Inhaltlich wurde das Kapitel „Leber, Gallenblase, Pankreas“ abgedeckt. Die Studierenden hatten für die Bearbeitung 6 Min. Zeit. Nach der Bearbeitungszeit übertrugen sie ihre Lösungen auf den beiliegenden EvaSys-Bogen (Electric Paper).

Neben den histologischen Fragen beinhaltete der Fragebogen T2 sieben weitere Items, welche sich auf die Usability und, unter anderem mit dem visuellen Komfort, der Übersichtlichkeit und dem subjektiv empfundenen Wissenszuwachs, auf verschiedene Faktoren zur Steigerung der intrinsischen sowie der extrinsischen Motivation beziehen (siehe Anhang 4). Weiterhin wurde über das Item „Die Benutzung der Software hat mir Spaß gemacht“ eine grundlegende Komponente zur Erfassung der Motivation direkt evaluiert. Zur Beantwortung des Fragebogens T2 wurde die Bearbeitungszeit um 5 Min. verlängert. Die zusätzlichen Items wurden auf einer endpunktbenannten, 6-stufigen Likert-Skala von 1 („Stimme überhaupt nicht zu“) bis 6 („Stimme voll und ganz zu“) bewertet.

2.5.2. Datenauswertung und Analyse

Die Eingabe der Rohdaten erfolgte in Microsoft Office Excel 365, die weitere Analyse wurde mittels IBM SPSS Statistics 25 für Windows durchgeführt. Die Daten zum

Wissenserwerb wurden über eine mixed ANOVA ausgewertet. Die Usability-Auswertung erfolgte anhand einer MANOVA und anschließender Bonferroni-Korrektur.

3. Ergebnisse

3.1. Erfassung des Lernerfolgs

Die Studienteilnehmenden (N=213) wurden in IG_int (N=56), IG_reg (N=65) und KG (N=92) aufgeteilt. Die Voraussetzungen für die Durchführung einer mixed ANOVA wurden überprüft und waren gegeben.

Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Haupteffekt Zeit (Sphärizität angenommen: $F(1, 210)=86.36, p<.001$, partielles $\eta^2=.291$) mit höheren Werten beim zweiten Messzeitpunkt ($M_{T1}=0.94, SD_{T1}=0.85, M_{T2}=1.83, SD_{T2}=1.25$). Weiterhin gab es einen signifikanten Haupteffekt der Gruppe ($F(2, 210)=4.16, p=.017$, partielles $\eta^2=.038$).

Darüber hinaus trat ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen der Zeit und den verschiedenen Untersuchungsgruppen auf (Sphärizität angenommen: $F(2, 210)=5.65, p=.004$, partielles $\eta^2=.051$). Nach zwei Wochen Studienlaufzeit unterschied sich die Anzahl korrekter Antworten zwischen den Gruppen deutlich ($p=.001$). Mittels des Tukey-HSD-Tests konnte nachgewiesen werden, dass in der IG_int durch die Verwendung der interaktiven Software eine signifikant höhere Anzahl korrekter Antworten zu verzeichnen war als in der KG ($0.77, p=.001$). Alle anderen Gruppen unterschieden sich in diesem Punkt nicht signifikant voneinander (siehe Abbildung 2 und Tabelle 2).

Tabelle 2: Deskriptive Darstellung der Ergebnisse zu den Wissenstests. Die Studienteilnehmenden (N=213) wurden in IG_reg (N=65), IG_int (N=56) und KG (N=92) aufgeteilt. Gemessen wurde die Anzahl der korrekten Antworten am ersten Tag (T1) und nach zwei Wochen (T2). Es waren maximal vier Punkte pro Test zu erreichen.

	Gruppe	Mittelwert	Std.-Abweichung
Anzahl korrekter Antworten T1	IG_reg	0.97	0.901
	IG_int	0.89	0.846
	KG	0.96	0.811
	Gesamt	0.94	0.845
Anzahl korrekter Antworten T2	IG_reg	1.92	1.203
	IG_int	2.27	1.228
	KG	1.50	1.218
	Gesamt	1.83	1.251

Zwischen T2 und T3 hatten alle Gruppen die Möglichkeit, mit beiden Softwareversionen zu lernen. Dabei konnte ein Wissenszuwachs innerhalb aller Gruppen verzeichnet werden. Innerhalb der Gruppen, die die interaktive Software als Zusatzangebot nutzten, zeigte sich ein tendenziell höherer Wissenszuwachs als innerhalb der Gruppe, die ohne das Zusatzangebot gelernt hatte. Bezüglich des Lernerfolgs war es unerheblich, ob die interaktive Software zu einem früheren oder zu einem späteren Zeitpunkt

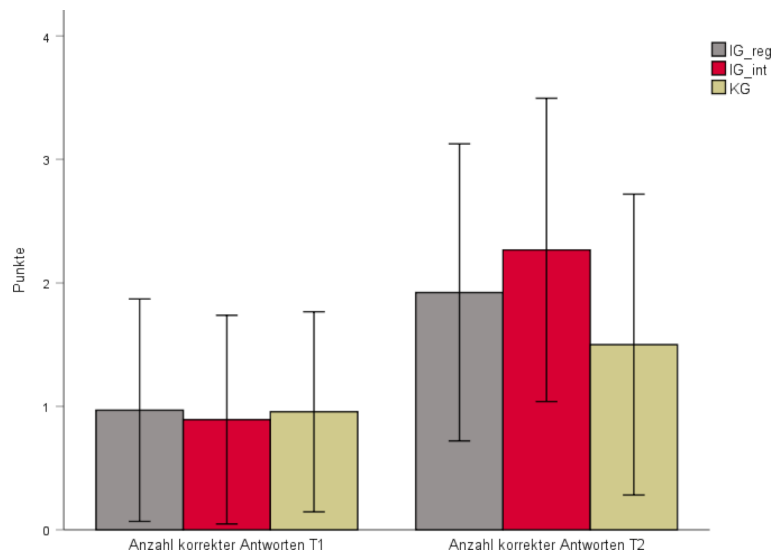


Abbildung 2: Ergebnisse der Evaluation zum Lernerfolg. Die Teilnehmenden (N=213) wurden in IG_reg (N=65), IG_int (N=56) und KG (N=92) aufgeteilt. Gemessen wurde die Anzahl korrekter Antworten des Vortests (T1) zu Beginn des Praktikums und des zweiten Tests (T2) nach zwei Wochen Laufzeit. Es waren maximal vier Punkte pro Test zu erreichen. Die durchgeführte induktive Statistik wird unter 3.1. beschrieben. Die genauen Mittelwerte und Standardabweichungen befinden sich in Tabelle 2.

Tabelle 3: Ergebnisse der Wissenstests. Gemessen wurde die Anzahl der korrekten Antworten am ersten Tag (T1), nach zwei (T2) und nach fünf (T3) Wochen. Es waren maximal vier Punkte pro Test zu erreichen. Zwischen T2 und T3 konnten die Studierenden frei wählen, mit welcher Softwareversion sie lernten. Aufgrund der daraus resultierenden geringen Gruppengrößen der verschiedenen Subgruppen werden die Daten mittels deskriptiver Statistik dargestellt.

Gruppe		N	Mittelwert	Std.-Abweichung
Nutzung beider Softwareversionen (interaktive Software erst ab T2)	Anzahl korrekter Antworten T1	24	0.92	0.717
	Anzahl korrekter Antworten T2	24	2.33	1.274
	Anzahl korrekter Antworten T3	24	3.12	0.797
Ausschließliche Nutzung der regulären Software	Anzahl korrekter Antworten T1	24	1.04	1.083
	Anzahl korrekter Antworten T2	24	1.92	0.929
	Anzahl korrekter Antworten T3	24	2.38	1.173
Nutzung beider Softwareversionen (interaktive Software schon ab T1)	Anzahl korrekter Antworten T1	41	0.93	0.818
	Anzahl korrekter Antworten T2	41	2.41	1.245
	Anzahl korrekter Antworten T3	41	3.00	1.025

genutzt wurde. Aufgrund der geringen Gruppengrößen der unterschiedlichen Subgruppen zwischen T2 und T3 werden die Daten mittels deskriptiver Statistik dargestellt (siehe Tabelle 3).

3.2. Erfassung motivationaler Faktoren und der Usability

Zur Beurteilung der Lernmotivation und der Usability wurden die Teilnehmenden der IG_int (N=56) sowie der IG_reg (N=65) befragt. Die Voraussetzungen zur Durchführung einer MANOVA wurden geprüft und waren gegeben.

Die neue Software wurde von den Studierenden positiv bewertet. Dabei wurde ein signifikanter Unterschied in der Bewertung motivationsrelevanter Faktoren und der Usability zwischen der IG_int und der IG_reg festgestellt ($F(7, 113)=12.48$, $p<.001$, partielles $\eta^2=.436$). Für jede abhängige Variable wurde eine separate ANOVA durchgeführt. Diese ANOVAs wurden mit einem Alphaniveau von .007 evaluiert. Die interaktive Software wurde hinsichtlich

des visuellen Komforts ($F(1, 119)=44.04$, $p<.001$, partielles $\eta^2=.270$) und der Übersichtlichkeit ($F(1, 119)=19.61$, $p<.001$, partielles $\eta^2=.141$) signifikant höher bewertet als das bestehende Programm (siehe Abbildung 3). Auch das Item „Spaß beim Benutzen der Software“ wurde von der IG_int deutlich besser bewertet als von der IG_reg ($F(1, 119)=78.55$, $p<.001$, partielles $\eta^2=.398$). Im Hinblick auf die Vollständigkeit der histologischen Inhalte ($F(1, 119)=0.07$, $p=.793$, partielles $\eta^2=.001$) und die restlichen Items gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Softwareversionen (siehe Tabelle 4 und Tabelle 5).

Tabelle 4: Deskriptive Darstellung der Ergebnisse zur Usability- und Motivationsbefragung. Die Bewertung erfolgte auf einer endpunktbenannten, 6-stufigen Likert-Skala von 1 („Stimme überhaupt nicht zu“) bis 6 („Stimme voll und ganz zu“).

	Gruppe	Mittelwert	Std.- Abweichung	N
Die Verwendung des Lernprogramms führte zu einem deutlichen Wissenszuwachs.	IG_reg	4.18	1.029	65
	IG_int	4.70	1.320	56
	Gesamt	4.42	1.195	121
Ich fühle mich durch die Benutzung des Programms gut auf die histologischen Themen der Klausur vorbereitet.	IG_reg	3.98	1.053	65
	IG_int	4.48	1.236	56
	Gesamt	4.21	1.163	121
Die Benutzung der Software genügte nicht, um die Inhalte des Kurstages aufzuarbeiten.	IG_reg	3.42	1.379	65
	IG_int	3.48	1.414	56
	Gesamt	3.45	1.390	121
Die Software ist übersichtlich gegliedert.	IG_reg	4.06	1.074	65
	IG_int	4.98	1.213	56
	Gesamt	4.49	1.226	121
Die Benutzung des Programms war mir zu umständlich.	IG_reg	2.49	1.437	65
	IG_int	2.04	1.464	56
	Gesamt	2.28	1.462	121
Die Software hat einen hohen visuellen Komfort.	IG_reg	3.46	1.187	65
	IG_int	4.91	1.210	56
	Gesamt	4.13	1.396	121
Die Benutzung der Software hat mir Spaß gemacht.	IG_reg	3.12	1.206	65
	IG_int	5.05	1.182	56
	Gesamt	4.02	1.533	121

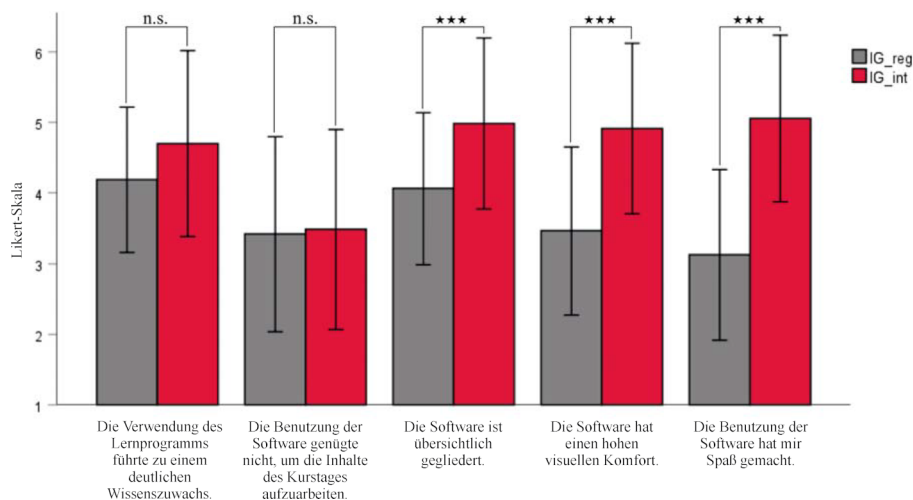


Abbildung 3: Ergebnisse der Befragung zur Usability und zu motivationsrelevanten Faktoren. Alle Studierenden (N=121) der IG_reg (N=65) und der IG_int (N=56) beantworteten auf einer endpunktbenannten Likert-Skala von 1 („Stimme überhaupt nicht zu“) bis 6 („Stimme voll und ganz zu“) verschiedene Items zur Benutzerfreundlichkeit und zu motivationalen Aspekten. Die durchgeführte induktive Statistik wird unter 3.2. beschrieben. Die genauen Mittelwerte und Standardabweichungen sowie weitere Items zur Messung motivationaler Faktoren und der Usability befinden sich in den Tabellen 4 und 5. * $p < .001$, n.s.=nicht signifikant.**

Tabelle 5: Statistik zur Usability- und Motivationsbefragung (df Gruppe=1, df Fehler=119), Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Abhängige Variable	F	Sig.	Partielles Eta- Quadrat
Gruppe	Wissenszuwachs	5.731	.018	.046
	Klausurvorbereitung	5.718	.018	.046
	Inhalte Kurstag	0.069	.793	.001
	Übersichtlichkeit	19.607	.000	.141
	Umständlich	2.983	.087	.024
	Visueller Komfort	44.041	.000	.270
	Spaß	78.546	.000	.398

4. Diskussion

4.1. Einfluss der Softwareversionen

4.1.1. Einfluss auf den Lernerfolg

In unserer Studie konnte gezeigt werden, dass durch die Verwendung der interaktiven Software eine signifikante Steigerung des Lernerfolgs im Vergleich zu der Studierenden-Gruppe zu verzeichnen war, die ohne eine der beiden Softwareversionen gelernt hatte. Diese Beobachtungen

werden durch Studien im Fach Anatomie bestätigt, die feststellen, dass durch die (zusätzliche) Verwendung eines E-Learning-Moduls eine Steigerung des Lernerfolgs in der vorklinischen Phase des Medizinstudiums erzielt werden kann [28], [29]. Weiterhin kann der Wissenserwerb durch die Verwendung interaktiver Elemente gesteigert werden [20]. Dass die interaktiven Elemente eine für den Lernprozess entscheidende Rolle spielen können, wurde in unserer Studie durch den Vergleich der beiden Softwareversionen mit der KG belegt.

Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass zwischen den beiden Softwareversionen kein signifikanter Unterschied des Lernerfolgs zu messen war. Das bedeutet, dass die interaktive Software, trotz einer besseren Bewertung motivationaler Faktoren, bezüglich des Wissenserwerbs gleichwertig zum bestehenden Lernprogramm ist. Weiterhin lässt dies darauf schließen, dass sich die histologischen Inhalte des interaktiven Programms mit den Inhalten der offiziellen Software decken. Anzumerken ist, dass in Abbildung 2 und Abbildung 3 hohe Streuungsmaße auftreten. Dieser Aspekt wird unter 4.1.3. diskutiert.

4.1.2. Beurteilung motivationaler Faktoren und der Usability

Die Ergebnisse unserer Studie belegen, dass für die Usability relevante und motivationssteigernde Aspekte nach Anwendung der interaktiven Software signifikant besser bewertet wurden als nach Anwendung des bestehenden Lernprogramms. Hieraus ist abzuleiten, dass durch die Einbindung interaktiver Elemente und durch die Verwendung der Software als Vorbereitung auf den Praktikumstag ein Anstieg der Motivation erreicht werden kann. Über die Komponente „Spaß beim Benutzen der Software“ wurde der direkte Einfluss der Anwendung auf die tätkeitszentrierte Motivation gezeigt. Diese Beobachtungen werden durch die Ergebnisse einer Studie aus dem Fach Biochemie bestätigt. Hier wurde eine signifikante Steigerung der Motivation durch die Verwendung der Inverted Classroom-Methode beobachtet, welche den Medizinstudierenden eine Vorbereitung auf den Kurs anhand von Lehrfilmen und eine Überprüfung des Gelernten durch passende Verständnisfragen ermöglichte [17]. Im Allgemeinen nimmt der Bedarf an digitalen Angeboten und E-Learning-Anwendungen in der medizinischen Ausbildung seit Jahren stetig zu [3], [16], [31]. Dabei gewinnen auch interaktive Formate immer mehr an Bedeutung [18]. Die Ergebnisse unserer Studie bestätigen hierbei, dass bei der Implementierung einer webbasierten Anwendung die entsprechenden didaktischen Modelle schon in der Planungsphase miteinzubeziehen sind, um so neben dem Lernerfolg vor allem die Motivation im Lernprozess zu steigern [5], [12], [13], [14].

4.1.3. Limitationen und Lösungsansätze

Limitiert war die Studie dadurch, dass die Beurteilung des Lernerfolgs anhand einer geringen Anzahl von Fragen pro Test erfolgte (N=4). Dies war aufgrund des Praktikums-

ablaufs nicht anders umzusetzen, sollte aber im Rahmen künftiger Erhebungen modifiziert werden. So könnten mehrere Kapitel evaluiert und ein Fragebogen konzipiert werden, der sich vorrangig auf die Quantifizierung des Wissenserwerbs konzentriert. Kritisch ist anzumerken, dass die Studierenden während der Laufzeit wussten, welcher Versuchsgruppe sie zugeteilt waren. Ein weiterer Punkt betrifft die KG, deren Bildung erst in der Auswertungsphase aufgrund des selbstberichteten Lernverhaltens zustande kam. Dieses Lernverhalten könnte einer fehlenden Affinität zu elektronischen Lehrmedien geschuldet sein. Somit erfolgte die Beurteilung möglicherweise durch Teilnehmende mit einer besonders hohen intrinsischen Motivation. Weiterhin sollte bedacht werden, dass sich die IG_int durch die zusätzlichen Quizfragen länger mit den Inhalten befasste und dieser Faktor mit dem Lernerfolg korrelieren könnte. Abweichungen der Lernzeiten innerhalb der Gruppen und Unterschiede bezüglich der Motivation könnten dabei die Streuungsmaße der Mittelwerte beeinflusst haben. Diese Faktoren sollten, ebenso wie eine genaue Bestimmung der individuell zusätzlich verwendeten Lernmaterialien, in einer anschließenden Studie erfasst werden. Dabei könnten aber die Vielzahl an zusätzlich nutzbaren Lernmitteln und das subjektiv unterschiedlich empfundene Lernverhalten eine reliable Quantifizierung erschweren.

4.2. Weitere digitale Angebote im Vergleich

Ein für die Prüfungsvorbereitung von Studierenden gerne genutztes Angebot an digitalen, medizinbezogenen Lernmitteln sind kommerzielle Plattformen wie Viamedici.Thieme.de, Medi-Learn.de und Amboss.com. Diese Plattformen funktionieren allerdings häufig als ergebnis- und prüfungsorientierte Anwendungen und vernachlässigen Aspekte wie die für das Lernen wichtige intrinsische Motivation. In diesem Zusammenhang wird auch die Problematik der eingeschränkten Validität internetbezogener Daten betont [11]. Die Entwicklung individuell angepasster Lernanwendungen durch medizinische Institute und entsprechend geschulte Mitarbeiter sowie die Einführung angemessener Portale könnte hierfür eine adäquate Lösung bieten [11]. Die Gestaltung von Softwareprodukten, die interaktive Elemente einbauen und an lerntheoretische Modelle gekoppelt sind, sollte daher vermehrt vom universitären Lehrkörper übernommen und nicht kommerziellen Anbietern überlassen werden. Da aber ein flächendeckendes Qualitätsmanagement für das E-Learning-Angebot in der Humanmedizin bisher nur an sehr wenigen Universitäten vorhanden ist, wäre die Einführung eines solchen Werkzeugs notwendig, um die Qualität der (digitalen) Lehrplattformen langfristig beurteilen zu können [1]. Weiterhin sollte im Hinblick auf den digitalen Wandel innerhalb der Universitäten auch künftig eine Anpassung der entsprechenden Rahmenbedingungen und Fördermöglichkeiten erfolgen [9], [23].

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Um die Effizienz unserer Software und das Nutzungsverhalten langfristig beurteilen zu können, sollten in den kommenden Semestern weitere Studien durchgeführt werden.

Ein interaktives und freiwilliges Online-Lehrangebot an der Philipps-Universität Marburg im Fach Humangenetik wurde insbesondere von den Studierenden im klinischen Studienabschnitt bereitwillig angenommen [25]. Da unser Programm aber mit der „Mikroskopischen Anatomie“ ein Fach aus der Vorklinik abdeckt und vielfältige Quiztypen eingebaut wurden, sollte der Einfluss der Software weiter gemessen und beurteilt werden. Weiterhin haben unsere Ergebnisse gezeigt, dass eine anknüpfende Evaluationsstudie auch unter dem Aspekt der langfristigen Nutzung erfolgen sollte.

Bei einem entsprechenden Bedarf und im Rahmen künftiger Projekte wäre die Übertragbarkeit auf andere Fächer des vorklinischen und des klinischen Studienabschnittes problemlos durchführbar. Die Software ermöglicht eine vielfältige Einbindung verschiedener Inhalte und bietet somit die Möglichkeit, das E-Learning-Angebot curricularer und nicht-curricularer Lehrveranstaltungen zu erweitern.

Förderung

Das Projekt wurde vom Fachbereich Medizin der Goethe-Universität Frankfurt am Main im Rahmen eines „Antrags auf Förderung eines Projektes zur Lehrverbesserung“ unterstützt (Beschluss S 59/2017).

Danksagung

Wir danken Herrn Farid Theune und Herrn Wolfgang Gottlieb für ihre Beiträge bei der Entwicklung der Lernsoftware „Histologie für Mediziner“.

Interessenkonflikt

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

Anhänge

Verfügbar unter

<https://www.egms.de/de/journals/zma/2020-37/zma001328.shtml>

1. Anhang_1.pdf (412 KB)
Entwicklung der Software „Histologie für Mediziner“:
Beispielhafte Gestaltung der Lerneinheit
2. Anhang_2.pdf (530 KB)
Entwicklung der Software „Histologie für Mediziner“:
Beispielhafte Gestaltung der Quizfragen

3. Anhang_3.pdf (684 KB)
Weitere Details zur Entwicklung der Software
„Histologie für Mediziner“
4. Anhang_4.pdf (131 KB)
Usability und Motivation: Details zum Fragebogen

Literatur

1. Abrusch J, Marienhagen J, Böckers A, Gerhardt-Szép S. Quality management of eLearning for medical education: current situation and outlook. *GMS Z Med Ausbild.* 2015;32(2):Doc20. DOI: 10.3205/zma000962
2. Astleitner H. Designing emotionally sound instruction: The FEASP-approach. *Instruct Sci.* 2000;28(3):169-198. DOI: 10.1023/A:1003893915778
3. Blake C, Lavoie H, Millette C. Teaching medical histology at the University of South Carolina School of Medicine: Transition to virtual slides and virtual microscopes. *Anat Record.* 2003;275B(1):196-206. DOI: 10.1002/ar.b.10037
4. Chandler P, Sweller J. Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cogn Instruct.* 1991;8(4):293-332. DOI: 10.1207/s1532690xci0804_2
5. Clark R, Mayer R. E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning. San Francisco: Pfeiffer; 2003. DOI: 10.1002/pfi.4930420510
6. DIN EN ISO 9241-11: 1999-01. Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit. Leitsätze (ISO 9241-11:1998). Deutsche Fassung EN ISO 9241-11:1998. 1999.
7. DIN EN ISO 9241-110, Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-110:2006). Deutsche Fassung EN ISO 9241-110:2006. 2007.
8. Drake RL, McBride JM, Lachman N, Pawlina W. Medical education in the anatomical sciences: the winds of change continue to blow. *Anat Sci Educ.* 2009;2:253-259. DOI: 10.1002/ase.117
9. German Association for Medical Education GMA, Advisory Board. Position of the advisory and executive board of the German Association for Medical Education (GMA) regarding the "masterplan for medical studies 2020". *GMS J Med Educ.* 2019;36(4):Doc46. DOI: 10.3205/zma001254
10. Handke J, Sperl A. Das Inverted Classroom Model: Begleitband zur ersten deutschen ICM-Konferenz. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag; 2012.
11. Hempel G, Neef M, Rotzoll D, Heinke W. Medizinstudium 2.0 dank Web 2.0?! - Risiken und Chancen am Beispiel des Leipziger Medizinstudiums. *GMS Z Med Ausbild.* 2013;30(1):Doc11. DOI: 10.3205/zma000854
12. Issing LJ. Instruktionsdesign für Multimedia. In: Issing L, Klimsa P, editors. Information und Lernen mit Multimedia. 3. vollst. überarb. Aufl. Weinheim: Beltz; 2002. p.151-176.
13. Keller JM. Motivational design of instruction. In: Reigeluth CM, editor. Instructional-design theories and models: An overview of their current status. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum; 1983. p.383-436.
14. Keller JM, Kopp TW. An application of the ARCS model of motivational design. In: Reigeluth CM, editor. Instructional theories in action. Lessons illustrating selected theories and models. Hillsdale, NJ: Erlbaum; 1987. p.289-320.

15. Khalil MK, Kirkley DL, Kibble JD. Development and evaluation of an interactive electronic laboratory manual for cooperative learning of medical histology. *Anat Sci Educ.* 2013;6(5):342-50. DOI: 10.1002/ase.1350
16. Krippendorf BB, Lough J. Complete and rapid switch from light microscopy to virtual microscopy for teaching medical histology. *Anat Rec.* 2005;285B:19-25. DOI: 10.1002/ar.b.20066
17. 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
18. Kuhn S, Frankenhauser S, Tolks D. Digitale Lehr- und Lernangebote in der medizinischen Ausbildung. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz.* 2018;61(2):201-209. DOI: 10.1007/s00103-017-2673-z
19. Langer-Fischer K, Brandt D, Braun CK, Hengge F, Krefting J, Schmucker M, Dietrich M, Bertsch A, Eichner B, Igel C, Heimrich B, Britsch S. MyMi.mobile - adaptives individualisiertes Lernen in der mikroskopischen Anatomie. In: Gemeinsame Jahrestagung der Gesellschaft für Medizinische Ausbildung (GMA), des Arbeitskreises zur Weiterentwicklung der Lehre in der Zahnmedizin (AKWLZ) und der Chirurgischen Arbeitsgemeinschaft Lehre (CAL). Frankfurt am Main, 25.-28.09.2019. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House; 2019. DocP-01-10. DOI: 10.3205/19gma238
20. Löffler S, Feja C, Widmann J, Claus I, von Lindeman K, Eissach K. Interactive versus Reproductive Learning, a Comparison of Medical School Graduates with Participants of a Postgraduate CPD Session. *GMS Z Med Ausbild.* 2011;28(4):Doc57. DOI: 10.3205/zma000769
21. Mayer RE. Cognitive theory of multimedia learning. In: Mayer RE, editor. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning.* Cambridge, MA: Cambridge University Press; 2005. p.31-48. DOI: 10.1017/CBO9780511816819.004
22. Mayer RE. *Multimedia Learning.* Cambridge: University Press; 2001. DOI: 10.1017/CBO9781139164603
23. Müller C, Fünfinger S, Tolks D, E-Learning working group in the Competence Network Medical Education in Bavaria. Teaching load - a barrier to digitalisation in higher education? A position paper on the framework surrounding higher education medical teaching in the digital age using Bavaria, Germany as an example. *GMS J Med Educ.* 2018;35(3):Doc34. DOI: 10.3205/zma001180
24. Niegemann HM, Domagk S, Hessel, Hein A, Hupfer M, Zobel A. *Kompendium multimediales Lernen.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2008. p.359-368. DOI: 10.1007/978-3-540-37226-4
25. Oeffner F, Schäfer C, Fritz B, Fuchs AL, Rauschendorf A, König R, Kunz J. Interactive e-learning courses in human genetics: Usage and evaluation by science and medical students at the faculty of medicine. *GMS Z Med Ausbild.* 2011;28(3):Doc38. DOI: 10.3205/zma000750
26. Parker EU, Reder NP, Glasser D, Henriksen J, Kilgore MR, Rendi MH. NDER: A Novel Web Application for Teaching Histology to Medical Students. *Acad Pathol.* 2017;10;4:2374289517691061. DOI: 10.1177/2374289517691061
27. Pratt RL. Are we throwing histology out with the microscope? A look at histology from the physician's perspective. *Anat Sci Educ.* 2009;2:205-209. DOI: 10.1002/ase.100
28. Rafai N, Lemos M, Kennes LN, Hawari A, Gerhardt-Szép S, Classen-Linke I. Anatomy meets dentistry! Linking anatomy and clinical practice in the preclinical dental curriculum. *BMC Med Educ.* 2016;16:305. DOI: 10.1186/s12909-016-0825-8
29. Rich P, Guy R. A "Do-It-Yourself" interactive bone structure module: development and evaluation of an online teaching resource. *Anat Sci Educ.* 2013;6(2):107-13. DOI: 10.1002/ase.1312
30. Sander B, Golas MM. HistoViewer: An interactive e-learning platform facilitating group and peer group learning. *Anat Sci Educ.* 2012;6:182-190. DOI: 10.1002/ase.1336
31. Smolle J. Virtual medical campus: the increasing importance of E-learning in medical education. *GMS Z Med Ausbild.* 2010;27(2):Doc29. DOI: 10.3205/zma000666
32. Sweller J, Chandler P. Evidence for Cognitive Load Theory. *Cogn Instruct.* 1991;8(4):351-362. DOI: 10.1207/s1532690xci08045
33. Vollmar-Hesse I, Zabke J, Abele H. www.HistoNet2000.de - didaktisches Konzept und Nutzerakzeptanz eines e-learning-Programms. *GMS Med Bibl Inf.* 2007;7(3):Doc44. Zugänglich unter/available from: <https://www.egms.de/static/de/journals/mbi/2007-7/mbi000096.shtml>

Korrespondenzadresse:

Christina Drees, M.Sc.

Goethe-Universität, Dr. Senckenbergische Anatomie, Institut der Anatomie I, Klinische Neuroanatomie, Theodor-Stern-Kai 7, 60590 Frankfurt/Main, Deutschland
christina.drees@stud.uni-frankfurt.de

Bitte zitieren als

Drees C, Ghebremedhin E, Hansen M. Development of an interactive e-learning software "Histologie für Mediziner" for medical histology courses and its overall impact on learning outcomes and motivation. *GMS J Med Educ.* 2020;37(3):Doc35. DOI: 10.3205/zma001328, URN: urn:nbn:de:0183-zma0013288

Artikel online frei zugänglich unter

<https://www.egms.de/en/journals/zma/2020-37/zma001328.shtml>

Eingereicht: 24.09.2019

Überarbeitet: 13.01.2020

Angenommen: 11.02.2020

Veröffentlicht: 15.04.2020

Copyright

©2020 Drees 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/>.