

Game Based Learning im virtuellen Mikrobiologie-Labor

Felix Gers¹, Steffen Prowe²

*1 Beuth Hochschule für Technik Berlin,
Fachbereich VI – Informatik und Medien*

*2 Beuth Hochschule für Technik Berlin,
Fachbereich V – Life Sciences and Technology*

{gers, Steffen.Prowe}@beuth-hochschule.de

Zusammenfassung

Game Based Learning (GBL) hält derzeit Einzug in unterschiedliche Bereiche von schulischer und universitärer Lehre sowie industrieller Ausbildung. Wir setzen GBL für die Vorbereitung von Laborübungen im Fach Mikrobiologie ein. Diese laufen entsprechend eines komplexen nebenläufigen Prozessplans ab. Es ist die Aufgabe der Studierenden, den Ablauf der Prozesse selbstständig zu planen und im vorgegebenen Zeitrahmen erfolgreich durchzuführen. Um die Labore und die Betreuung in den Übungen optimal zu nutzen, stellen wir den Studierenden mittels einer Game-basierten Simulation die Möglichkeiten zur selbstständigen, realitätsnahen Vorbereitung zur Verfügung. Dazu agieren die Studenten spielerisch in einem virtuellen Labor. Als Basismodell für die Logik der Prozesse wird ein Netz als Ablaufdiagramm eingesetzt. Das Nutzer-Interface ist eine Abbildung des Labors, in dem eine direkte Manipulation aller Komponenten der zu planenden Prozesse möglich ist. Eingangskomponenten und Zwischenresultate können entsprechend der verborgenen Prozesslogik verwendet werden. Die Studierenden können in beliebigen Wiederholungen versuchen, den Prozessablauf zu optimieren. Ist das Ergebnis dieser Vorbereitung hinreichend gut, kann das Erlernte im realen Labor unter persönlicher Betreuung umgesetzt werden. Die Ergebnisse des Projekts werden mittels eines Fragebogens evaluiert. Die Auswertung zeigt den Mehrwert der Anwendung für die Teilnehmer und für die Betreuer der Laborversuche.

1 Einleitung

Game Based Learning (GBL) verbindet spielerische Elemente mit einer Lernanwendung (vgl. Deterding et al. 2011; Rigby & Ryan 2011; Fuchs et al. 2014). GBL hält derzeit Einzug in unterschiedliche Bereiche von schulischer und universitärer Lehre sowie industrieller Ausbildung (vgl. Deterding et al. 2011a). Studien gehen davon aus, dass der Bereich in den kommenden Jahren weiter an Relevanz gewinnen wird (vgl. Gartner 2012). Mittels spielerischer Beschäftigung wird oftmals eine aktivere Durchdringung von Themen erreicht als bei rein theoretischer, lesender Tätigkeit (vgl. Hamari & Koivisto 2014; Thiebes et al. 2014; Zichermann & Cunningham 2011; Rigby 2011).

Wir wollen GBL für die Vorbereitung von Laborübungen im Fach Mikrobiologie nutzen. Ab dem 2. Fachsemester Biotechnologie erlernen die Studierenden in ihren Pflicht-Laborpraktika grundlegende und vertiefende Techniken der Mikrobiologie und erhalten parallel zu einer theoretischen Vorlesung praktische Bezüge. Gerade das praktische Erlernen soll didaktisch sinnvoll die Theorie unterstützen. Die Laborversuche laufen entsprechend eines komplexen nebenläufigen Prozessplans ab. Es ist die Aufgabe der Studierenden, den Ablauf der Prozesse selbstständig zu planen und im vorgegebenen Zeitrahmen erfolgreich durchzuführen. Die zur Vorbereitung traditionell eingesetzten schriftlichen Anleitungen (Skripte) ermöglichen lediglich eine eindimensionale Vorbereitung und Anleitung zu den Themen der Laborübung. So sind nicht alle Studierenden nach einer „konventionellen“ Vorbereitung in der Lage, den Transfer in die praktische Laborübung zu vollziehen. Entsprechend erstreckt sich der Betreuungsaufwand neben der stets notwendigen aktiven Unterstützung während der Laborübungen auch auf grundlegende Erklärungen zum Sinn, zur Theorie als auch auf Hinweise zur Abfolge der Arbeitsschritte.

Damit die Studierenden die Labore und die Betreuung in den Übungen optimal ausnutzen können, sollen die Vorbereitungen der Versuche mittels GBL effektiver gestaltet werden (vgl. Bonde et al. 2014). Die Studierenden sollen in einer GBL-Anwendung (vgl. BHT 2013) mit beliebigen Wiederholungen und zeitlich unabhängig vom Kurstermin vorab versuchen, den Prozessablauf möglichst realitätsnah und spielerisch zu erlernen und für sich zu optimieren. Solche Überprüfungen können auch als positives Assessment-Tool angesehen werden, was von Wang et al. (2013) als förderlich beschrieben wurde. Zudem wurde von Bowling et al. (2013) ein Online-Tool im Mikrobiologielabor als hilfreich beschrieben. Ist das Ergebnis dieser Vorbe-

ereitung hinreichend gut, erfolgt wie üblich im Labor die Umsetzung unter persönlicher Betreuung. Die GBL-Anwendung enthält eine Game-basierte Simulation der dann später im Labor durchzuführenden Vorgänge. Hierbei wird die Planung der experimentellen Abläufe nicht als Lernziel vorgegeben, sondern wird den Studierenden überlassen. Vor allem müssen parallel verlaufende Versuchsabläufe zeitlich gut getaktet werden, sodass geschickt zwischen einzelnen Versuchsteilen gewechselt wird. Nur so kann im vorgegebenen Zeitrahmen das Versuchspensum sinnvoll absolviert werden. Dieses gleichzeitige Training mit der GBL-Anwendung und die Vorbereitung der notwendigen Theorie zusätzlich per Skript wird in einem Feldversuch evaluiert.

2 Forschungsfragen

Frage 1: Ist die Vorbereitung mittels der GBL-Anwendung für Mikrobiologieversuche effektiver und ermöglicht somit eine effizientere Nutzung der Labore und Labormitarbeiter?

Hypothese 1: Studierende, die sich zusätzlich mittels der GBL-Anwendung vorbereiten, arbeiten effektiver (siehe 1a, 1b, 1c) als die Vergleichsgruppe mit herkömmlicher Vorbereitung – *1a:* ... absolvieren den Versuch im Labor schneller; *1b:* ... benötigen weniger Hilfestellung von Labormitarbeitern; *1c:* ... haben bessere Ergebnisse bezogen auf die Zielstellung des Versuchs.

Frage 2: Wird mittels spielerischer, interaktiver Beschäftigung eine aktivere Durchdringung von Themen erreicht, als bei rein theoretischer, lesender Tätigkeit? Dabei beziehen sich die Themen auf die fachlichen Inhalte zu den Laborversuchen in der Mikrobiologie.

Hypothese 2: Studierende, die sich zusätzlich mittels der GBL-Anwendung vorbereiten, erzielen bessere fachliche Ergebnisse bei der Wiederholung der Testanordnung (Versuch im Labor) als die Vergleichsgruppe mit herkömmlicher Vorbereitung.

Frage 3: Macht die Vorbereitung mit der GBL-Anwendung Spaß?

Hypothese 3: Bei der Vorbereitung mit der GBL-Anwendung haben die Studierenden mehr Freude als die Studierende, die sich herkömmlich vorbereiten – *3a:* Die Vorbereitung macht mehr Spaß; *3b:* Die Vorbereitung ist motivierend.

Frage 4: Eignet sich die GBL-Anwendung für Mikrobiologieversuche als Instrument zur Lernkontrolle?

Hypothese 4: Studierende, die sich herkömmlich vorbereitet und den Versuch im Labor durchgeführt haben, erzielen bessere Ergebnisse bei der GBL-Anwendung als Studierende, die sich herkömmlich vorbereitet und den Laborversuch noch nicht durchgeführt haben.

3 Die GBL-Anwendung

Die GBL-Anwendung soll eine möglichst realistische Vorbereitung von mikrobiologischen Laborübungen ermöglichen, dazu sollen die Studenten spielerisch in einem virtuellen Labor agieren können. Um das Versuchspensum im vorgegebenen Zeitrahmen zu absolvieren, gilt es, die Abfolge von Schritten in nebenläufigen Teilprozessen strategisch so zu planen, dass diese optimal ineinandergreifen. Hieraus ergeben sich die folgenden Anforderungen an die Logik der Anwendung:

- Alle Arbeitsschritte aus dem realen Labor können ausgeführt und nachvollzogen werden.
- Fehlerhafte Arbeitsschritte werden sofort aufgedeckt und gewertet.
- Zu jedem notwendigen Arbeitsschritt gibt es im Spiel eine kontextsensitive Hilfe.
- Ein begonnener virtueller Versuch kann, wenn auch nicht in der optimalen Zeit, stets erfolgreich abgeschlossen werden.
- Gewertet werden als erreichte Punkte die korrekten abzüglich der falsch durchgeführten Arbeitsschritte und die benötigte Zeit.

3.1 Logik der GBL-Anwendung

Eine Netzstruktur, das Ablaufdiagramm, verknüpft Stränge von Arbeitsabläufen, die korrekt abgearbeitet und zeitlich richtig getaktet werden müssen. Als Basismodell für die Logik der Prozesse wird ein modifiziertes, zyklens-freies Petrinetz-Modell eingesetzt. Die Knoten stellen Zwischenschritte bzw. Zwischenprodukte eines Prozesses dar. Die Anzahl der zu einem Zwischenprodukt zu kombinierenden und der daraus zur erzeugenden neuen Produkte ist beliebig. Zwei Knoten sind jeweils über eine Transition miteinander verbunden. Über die interaktive Nutzung von Werkzeugen und die Kombination von Knoten gelangt man zu einem weiteren Zwischenprodukt. In einem Netz

sind in der Regel mehrere Knoten aus unterschiedlichen Arbeitssträngen aktiv. Diese sind parallel und zeitlich richtig aufeinander abgestimmt zu bearbeiten, um die minimale Zeit zum Absolvieren des gesamten Versuches zu erreichen. Jeder Knoten des Ablaufdiagramms für einen Versuch enthält die Grafiken und Geräusche, die im Spiel für das zugehörige Zwischenprodukt darzustellen beziehungsweise abzuspielen sind. In den Transitionen wird spezifiziert, welche Zwischenprodukte – eventuell unter Verwendung eines Werkzeugs – miteinander kombiniert werden können. Durch die Transitionen werden also die im Ablauf des Spiels möglichen Interaktionen bestimmt.

3.2 Gestaltung der GBL-Anwendung

Die realistische Darstellung und Animation von Arbeitsumgebungen ist förderlich für den Lernvorgang (vgl. Höffler & Leutner 2007; Mayer 2005). Das Nutzerinterface der GBL-Anwendung (siehe Abb. 1) ist eine realitätsnahe Abbildung des Labors.



Abb. 1 Das virtuelle Labor der GBL-Anwendung, in dem der Nutzer agiert

Ein Labormitarbeiter als Avatar begleitet den Spieler während des gesamten Versuchs. Er ist in Abbildung 1 oben links zu sehen. Er unterstützt mit lobenden und tadelnden Kommentaren sowie praktischen Hilfen, die jeweils gesprochen werden und in einer Sprechblase erscheinen. Auf der Tafel un-

terhalb des Avatars wird eine kontextsensitive Hilfe zu allen Zwischenprodukten und -schritten eines Prozesses dargestellt. Über die Schaltfläche „Anleitung“ am oberen Bildrand kann zu jeder Zeit auf die schriftliche Versuchsanleitung zugegriffen werden.

Die Nutzer-Schnittstelle (GUI) des Spiels erlaubt eine direkte Manipulation aller dargestellten Komponenten unter Verwendung der Computer-Maus oder eines anderen Zeigegepäts. In einem virtuellen Regal liegen zunächst alle Ausgangsprodukte und die für den Versuch notwendigen Werkzeuge. Dazu kommen im Verlauf der Abarbeitung eines Prozesses die erstellten Zwischenprodukte.

4 Methodik des Feldversuches

Das Forschungsdesign sieht einen Feldversuch mit zwei unabhängigen Gruppen von Studierenden vor. Eine Untersuchungsgruppe und eine Vergleichsgruppe führen einen mikrobiologischen Laborversuch durch. Beide Gruppen bereiten sich herkömmlich, anhand einer schriftlichen Anleitung, auf den Versuch vor. Die Untersuchungsgruppe bereitet sich zusätzlich mittels der GBL-Anwendung vor. Beide Gruppen absolvieren die GBL-Anwendung nach dem Versuch im Labor.

Gemessen und ausgewertet werden bei der GBL-Anwendung die benötigte Zeit und die erreichten Punkte. Bei der Durchführung des Labor-Versuchs werden die Versuchszeiten, der Betreuungsaufwand und die Ergebnisse des Versuchs durch die betreuenden Mitarbeiter bestimmt. Als Instrument zur qualitativen und quantitativen Evaluation der Einstellung der Studierenden dient ein Fragebogen mit neun Items (Fragen) für den Laborbetreuer und 37 Items für die Studenten (vgl. BHT 2013).

Versuchsdurchführung

Evaluiert wurde die GBL-Anwendung am Beispiel eines Versuches, bei dem der Calciumgehalt in Milch auf zwei unterschiedliche Arten – mittels Säurefällung und Labfällung – bestimmt werden sollte. Abschließend sollte aus der Milch ein Mozzarella-Käse hergestellt werden (maximal sind 68 Punkte möglich).

Die Untersuchungsgruppe mit GBL-Vorbereitung (mit $n = 16$ Teilnehmern) und eine Vergleichsgruppe (mit $n = 18$ Teilnehmern) absolvierten den Versuch zeitgleich im selben Labor. Alle Teilnehmer kamen aus demselben Fachsemester und wurden den Gruppen zufällig zugeteilt. Die Untersu-

chungsgruppe absolvierte zunächst die GBL-Anwendung, bis sich ein jeder Teilnehmer gut genug vorbereitet fühlte (oder bis maximal fünf Wiederholungen). Beide Gruppen absolvieren die GBL-Anwendung ein Mal nach dem Versuch im Labor. Es wurden vor dem Versuch im Labor (V), nach dem Versuch (N) und nach der abschließenden GBL-Anwendung (E) die jeweils zugehörigen Items des Fragebogens beantwortet.

Die Laborbetreuer haben nach dem Versuch einen separaten Fragebogen ausgefüllt, bei dem Studenten nach Arbeitsgruppen – die Gruppenstärken variierten von eins bis vier – jeweils zusammen bewertet wurden. Die Betreuer notieren für jede Gruppe, wie viel Zeit diese für den Laborversuch benötigt hat.

5 Ergebnisse

Die Items des Fragebogens konnten – bis auf Zeitangaben und erreicht Punkte bei der GBL-Anwendung – auf einer vierstufigen Skala (1 = trifft gar nicht zu; 2 = trifft eher nicht zu; 3 = trifft eher zu; 4 = trifft voll zu) beantwortet werden. Ein Wert von 2,5 entspricht einer neutralen, undifferenzierten Bewertung, Ergebnisse darüber sind positiv zu bewerten. Die GBL-Anwendung wird in den Fragen als Lernanwendung oder Lernsoftware bezeichnet.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden die relevanten Items/Fragen aus dem Fragebogen den entsprechenden Hypothesen zugeordnet und getrennt nach Untersuchungsgruppe (mit GBL) und Vergleichsgruppe (ohne GBL) statistisch ausgewertet. In den folgenden Tabellen werden pro Item der Mittelwert mit Standardabweichung ($MW \pm SD$) angegeben. Falls anwendbar, wird ein zweiseitiger Zweistichproben-t-Tests für unabhängige Stichproben bezogen auf die Untersuchungs- und die Vergleichsgruppe berechnet. Zur Auswertung wird kein fixes Signifikanzniveau angenommen, sondern die Annahme der Hypothesen, jeweils mit Wahrscheinlichkeit p , separat diskutiert.

5.1 Ergebnisse zur Vorbereitung mit der GBL-Anwendung

Bei der Vorbereitung mit der GBL-Anwendung verbesserten die Teilnehmer der Untersuchungsgruppe ihre benötigten Zeiten für den virtuellen Laborversuch von durchschnittlich 19 Minuten im ersten Durchlauf auf 7,5 Minuten im zweiten, fünf Minuten im dritten, 4,5 Minuten im vierten und schließlich

auf 3,5 Minuten im fünften. Die Standardabweichung sank über fünf Durchläufe von acht Minuten auf unter eine halbe Minute. Die erreichten Punkte verbesserten sich von im Mittel 43 (SD = 13,5) auf 55 (SD = 3,5) von 68 möglichen Punkten.

Die Untersuchungsgruppe hat sich vor dem Laborversuch (V) eher positiv zur eigenen Vorbereitung inklusive der GBL-Anwendung geäußert, siehe Tabelle 1. Auch die Vergleichsgruppe hätte nach deren Erprobung (E) eine Vorbereitung mit der GBL-Anwendung bevorzugt.

Tabelle 1: Fragen an die Teilnehmer zur Vorbereitung und Durchführung des Versuchs

Item (Zeitpunkt der Fragestellung)	mit GBL	ohne GBL	t-Test
Die Vorbereitung mit der Lernanwendung war hilfreich. (V)	2,73 ± 0,47	-	-
Durch die Lernanwendung fühle ich mich besser vorbereitet als nur mit der schriftlichen Anleitung. (V)	2,82 ± 0,98	-	-
Ich fühle mich gut vorbereitet. (V)	2,70 ± 0,48	3,17 ± 0,58	t(20) = 2,03 p = 0,06
Ich weiß, welche Arbeitsschritte ich im Labor tun muss. (V)	2,70 ± 0,48	3,42 ± 0,58	t(20) = 2,493 p = 0,02
Ich wusste immer, wie es weitergeht. (N)	3,00 ± 0,77	3,00 ± 0,91	t(20) = 0 p = 1
Die Lernanwendung war hilfreich für mich. (N)	3,09 ± 0,70	-	-
Ich hätte GBL gerne zur Vorbereitung genutzt. (E)	-	2,92 ± 0,76	-

5.2 Hypothese 1 (zur Effizienz der Vorbereitung)

Die Zeiten für die Durchführung des Laborversuches waren für die Untersuchungsgruppe (MW = 4 Stunden mit SD = 0,6 Stunden) und Vergleichsgruppe (MW = 3,75 Stunden mit SD = 0,5 Stunden) nicht signifikant unterschiedlich (t(6) = -0,654, p = 0,537). Die Hypothese 1a muss damit zurückgewiesen werden.

Die Aussagen des Laborbetreuers bezüglich der Arbeitsweise der Gruppen – siehe Tabelle 2 – sind durchweg positiv, wobei die Untersuchungsgruppe etwas besser beurteilt wird. Die Hypothesen 1b und 1c können damit angenommen werden.

Tabelle 2: Fragen an den Laborbetreuer nach dem Laborversuch

Item	mit GBL	ohne GBL	t-Test
Die Gruppe war gut vorbereitet.	3,75 ± 0,5	3,50 ± 0,58	t(6) = -0,654 p = 0,537
Die Gruppe hatte eine klare Vorstellung vom Arbeitsablauf.	4,00 ± 0	3,50 ± 0,58	t(6) = -1,732 p = 0,134
Die Gruppe hat zügig gearbeitet.	3,75 ± 0	3,50 ± 1	t(6) = -1 p = 0,356
Die Gruppe hat selbstständig gearbeitet.	3,75 ± 0,5	3,50 ± 0,58	t(6) = -0,654 p = 0,537
Die Gruppe hat wenige Fragen zum Arbeitsablauf gestellt.	3,75 ± 0,5	3,25 ± 0,5	t(6) = -0 p = 0,207
Die Gruppe wusste, was sie tat.	4,00 ± 0	3,75 ± 0,5	t(6) = 0 p = 1

5.3 Hypothese 2 (zur Durchdringung der fachlichen Inhalte)

Der Gehalt der GBL-Anwendung an fachlichen Hinweisen wurde eher negativ beurteilt, siehe Tabelle 3. Wobei die Untersuchungsgruppe ihr Verständnis der fachlichen Inhalte nach dem Versuch etwas besser einschätzte als die Vergleichsgruppe.

Tabelle 3: Items für die Teilnehmer zu den Arbeitsabläufen und zu den fachlichen Inhalten

Item (Zeitpunkt der Fragestellung)	mit GBL	ohne GBL
Die Lernsoftware bietet nützliche fachliche hinweise. (V)	2,20 ± 0,79	-
Ich verstehe den fachlichen Hintergrund. (V)	3,00 ± 0,63	3,15 ± 0,55
Ich habe den fachlichen Hintergrund verstanden. (N)	3,18 ± 0,6	3,08 ± 0,28
Ich denke, dass ich alles was man lernen sollte, verstanden habe. (N)	3,27 ± 0,65	3,0 ± 0,58
Durch die Lernanwendung habe ich fachliche Inhalte besser verstanden. (N)	1,73 ± 0,9	-

Beide Gruppen haben laut Betreuer die Lernziele gleichermaßen erreicht, siehe Tabelle 4. Die Untersuchungsgruppe hat die fachlichen Inhalte besser verstanden. Die Hypothese 2 kann nicht überzeugend angenommen und muss daher zurückgewiesen werden.

Tabelle 4: Fragen an den Laborbetreuer zu den fachlichen Inhalten nach dem Laborversuch

Item	mit GBL	ohne GBL	t-Test
Die Gruppe hat die fachlichen Inhalte verstanden.	3,75 ± 0,5	3,25 ± 0,5	t(6) = -1,414 p > 0,2
Die Gruppe hat die Lernziele erreicht.	3,75 ± 0,5	3,75 ± 0,5	t(6) = 0 p = 1

5.4 Hypothese 3

(zum Spaß an der Vorbereitung und zur Motivation mittels GBL)

Der Untersuchungsgruppe hat die Vorbereitung mit der GBL-Anwendung Spaß gemacht und sie hat sie für den Versuch im Labor motiviert, siehe Tabelle 5. Die Hypothese 3 kann daher angenommen werden.

Tabelle 5:

Items zum Spaß an der Vorbereitung und zur Motivation mittels GBL

Item (Zeitpunkt der Fragestellung)	mit GBL
Die Vorbereitung mit der Lernanwendung hat Spaß gemacht. (V)	2,82 ± 0,75
Die Lernsoftware motiviert zum Arbeiten. (V)	3,09 ± 0,7

Die Untersuchungsgruppe hatte, nach der Erfahrung mit GBL, weniger Spaß ($t(2) = 1,183$, $p = 0,25$) an der Vorbereitung mittels der schriftlichen Anleitung ($MW = 2,00 \pm 0,47$) als die Vergleichsgruppe, die die GBL-Anwendung zum Zeitpunkt dieser Frage noch nicht kannte ($MW = 2,33 \pm 0,78$). Beiden Gruppen hat die Vorbereitung mittels der schriftlichen Anleitung eher nicht gefallen.

5.5 Hypothese 4 (zur Lernkontrolle mittels GBL)

Ausgewertet wird der Einfluss der Arbeit im Labor auf das Ergebnis bei der GBL-Anwendung. Alle Teilnehmer absolvierten den Laborversuch laut Betreueraussagen erfolgreich. Relevant für das Beherrschen eines virtuellen Versuchs in der GBL-Anwendung ist die benötigte Zeit. Durch das Lesen aller Tipps und der Anleitung kann man die Zahl der Fehler verringern und damit die erreichte Punktzahl erhöhen. Dieses Vorgehen kostet aber viel Zeit und geht somit indirekt auch in die Zeitwertung ein.

Während die Untersuchungsgruppe beim ersten Durchlauf bei der Vorbereitung mit der GBL-Anwendung im Mittel 19 ± 7 Minuten benötigte, war die Vergleichsgruppe nach dem Versuch im Labor mit durchschnittlich 17 ± 5 Minuten besser ($t(22) = -0,934, p = 0,36$). Somit kann die Hypothese 4 nur mit großer Unsicherheit angenommen werden.

6 Diskussion

6.1 Zur Durchführung des Feldversuches

Die Kommunikation innerhalb der Arbeitsgruppen – und in abgeschwächter Form auch zwischen den Gruppen – die zeitgleich im Labor gearbeitet haben, hat die Ergebnisse des Feldversuches beeinflusst. Ein Mangel an Vorbereitung konnte zum Teil durch eine Nachfrage an einen anderen Studenten oder durch einen Blick auf die Arbeit einer anderen Gruppe ausgeglichen werden. Diese Interaktionen wurden vom Betreuer nicht erfasst. Wünschenswert wäre eine Versuchsumgebung, bei der jeder Teilnehmer den Versuch unabhängig von den anderen durchführt.

Die Vorbereitungszeit mit der schriftlichen Anleitung war nicht vorgegeben. Dies führte dazu, dass sich die Vergleichsgruppe länger mit der schriftlichen Anleitung beschäftigte (12 ± 9 Minuten) als die Untersuchungsgruppe (7 ± 4 Minuten), die vielleicht davon ausging, einen Teil der Vorbereitung durch GBL zu erledigen. Signifikant war der Unterschied nicht ($t(140) = 1,175, p = 0,26$).

6.2 Zu den Forschungsfragen

Frage 1 zur Effizienz der Vorbereitung konnte nicht in allen Aspekten positiv beantwortet werden. Anhand der Beurteilung der Labormitarbeiter war die Vorbereitung mittels der GBL-Anwendung effektiv, sie führte aber nicht zu kürzerer Laborarbeitszeit. Die Teilnehmer bezeichneten die Anwendung als hilfreich. Auffällig ist, dass sich die Teilnehmer der Untersuchungsgruppe schlechter vorbereitet fühlten als die der Vergleichsgruppe (Tab. 1), wohingegen sie sich zum Verlauf der eignen Arbeit in Labor nach dem Versuch sehr positiv äußerte und die Vorbereitung mit GBL als hilfreich empfand. Eine Erklärung dafür kann sein, dass ihnen durch die GBL-Anwendung die Komplexität der bevorstehenden Laborversuches deutlich wurde, während die Vergleichsgruppe diesbezüglich noch naiver war.

Frage 2 zur Durchdringung der Arbeitsabläufe und der fachlichen Inhalte muss mit der Ablehnung der entsprechenden Hypothese negativ beantwortet werden. Dies ist nicht überraschend, denn die GBL-Anwendung wurde zur Vorbereitung der Arbeitsabläufe konzipiert. Der Gehalt an fachlichen Hinweisen innerhalb der GBL-Anwendung ist gering und wurde erwartungsgemäß so bewertet.

Frage 3 zum Spaß an der Vorbereitung und zur Motivation mittels GBL kann anhand des Teilnehmerurteils – in Übereinstimmung mit vergleichbaren Studien (vgl. Bonde et al. 2014) – positiv beantwortet werden. Die Vorbereitung mit der GBL-Anwendung und die Durchführung des zugehörigen Laborversuchs bereiten mehr Freude als mit einer ausschließlich herkömmlichen Anleitung.

Frage 4, ob die GBL-Anwendung auch als Instrument zur Lernkontrolle einsetzbar ist, kann bejaht werden, wenn auch nur schwach. Dies ist besonders interessant zum Prüfen der im Labor erlernten Arbeitsabläufe, was in herkömmlichen schriftlichen oder mündlichen Prüfungen, in vergleichbarer Vollständigkeit, nicht praktikabel ist. Um diese Hypothese zu stärken, sollte in einem zukünftigen Feldversuch der Einfluss der Einarbeitung in die GUI der GBL-Anwendung ausgeschlossen werden.

7 Zusammenfassung

Die Ergebnisse des Feldversuches für Mikrobiologieversuche zeigen einen Mehrwert der GBL-Anwendung für die Studierenden und für die Betreuer von Laborversuchen. Die Studenten wurden durch GBL zur Laborarbeit motiviert und hatten mehr Spaß an der Vorbereitung der Versuche. Sie arbeiten effektiver und benötigen weniger Hilfestellung. Mit der evaluierten GBL-Anwendung können Arbeitsabläufe, aber keine fachlichen Inhalte spielerisch vermittelt werden. Die Anwendung eignet sich auch zur Lernkontrolle.

Danksagung

Dieses Projekt wurde gefördert vom Stifterverband Deutsche Wissenschaft in Zusammenarbeit mit der Joachim Herz Stiftung im Rahmen der Initiative „Exzellenz in der Lehre“. Für ihre Mitarbeit bei der Versuchsdurchführung im Labor danken wir Dr. Maja Streßmann, Axinja Heydolph und Doris Buddelmann. Dem Team von VHO unter der Leitung von Hans Reimer danken wir für die Umsetzung der GBL-Anwendung.

Literatur

- BHT (2013): GBL-Anwendung und Fragebogen: <http://public.beuth-hochschule.de/~gers/gbl>.
- Bonde M.; Makransky, G.; Wandall, Larsen M.; Morsing M.; Jarmer, H. & Sommer, M. (2014): Improving biotech education through gamified laboratory simulations. In: *Nature Biotechnology* 32 (7), 694–697.
- Bowling, K. G.; Klisch, Y.; Wang, S. & Beier, M. (2013): Examining an Online Microbiology Game as an Effective Tool for Teaching the Scientific Process. In: *Journal of Microbiology and Biology Education* 14 (1), 58–65.
- Deterding, S.; Dixon, D.; Khaled, R. & Nacke, L. (2011): From game design elements to gamefulness: defining “gamification”. In: *Mindtrek 2011 Proceedings*. New York: ACM, S. 9–15.
- Deterding, S.; Sicart, M.; Nacke, L.; O’Hara, K. & Dixon, D. (2011a): Gamification: Using game-design elements in non-gaming contexts. In: *Proc. CHI EA ’11 – Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. ACM Press, S. 2425–2428.
- Fuchs, M.; Sonia Fizek, S.; Ruffino, P. & Schrape, N. (2014). *Rethinking Gamification*. Lüneburg: menson press.
- Gartner (2012). Gamification: engagement strategies for business and IT. Report G00245563.
- Hamari, J.; Koivisto, J. & Sarsa, H. (2014): Does Gamification Work? A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. In: *Proceedings of the 47th Hawaii International Conf. on System Sciences*. S. 6–9.
- Hamari, J. & Koivisto, J. (2014): Measuring flow in gamification: Dispositional Flow Scale-2. In: *Computers in Human Behavior* 40 (10), 133–143.
- Höffler, T. N. & Leutner, D. (2007): Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. In: *Learning and Instruction* (17), 722–738.
- Mayer, R. E. (2005): *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge u.a.: Cambridge University Press.
- Rigby, S. & Ryan, R. M. (2011): *Glued to Games – How Video Games Draw Us In and Hold Us Spellbound*. Santa Barbara: ABC-CLIO.
- Thiebes S.; Lins S. & Basten D. (2014): Gamifying Information Systems – a Synthesis of Gamification Mechanics and Dynamics. In: *Twenty Second European Conference on Information Systems*, Tel Aviv. Track 01/4.
- Wang, J. T. H.; Schembri, M. A. & Hall, R. A. (2013): How Much Is Too Much Assessment? Insight into Assessment-Driven Student Learning Gains in Large-

Scale Undergraduate Microbiology Courses. In: *Journal of Microbiology and Biology Education* 14 (1), 12–24.

Zichermann, G. & Cunningham, C. (2011): *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. New York: O'Reilly Media.