

Bachelorthesis
in
Kommunikation und Medienmanagement

**Konzeption und Entwicklung einer
Augmented Reality E-Learning-App zur
Optimierung der Wissensvermittlung im
Bereich Zytologie**

Erstprüfer: Prof. Dipl. -Ing. Martin Schober
Zweitprüfer: Prof. Dipl. -Ing. Anja Grundwald
Bearbeitungszeit: 15.03.21 - 14.07.21
Vorgelegt von: Waranya Cusenza
61613
Lorenzstraße 2
76135 Karlsruhe
cuwa1011@hs-karlsruhe.de

Abstract

Teaching scenarios based on a teacher-centered approach are less effective. This is because the diversity among learners in terms of learning speed and prior knowledge is not considered. The development of new technologies and media offer the possibility to replace such concepts with individual and autonomous learning. The aim of this bachelor thesis is to design a teaching scenario with the help of an augmented reality e-learning app that considers the diverse learning needs of the target group and thus enables effective self-study. Therefore, requirements and criteria for the optimal knowledge transfer with the help of augmented reality (AR) were researched and implemented. Finally, user tests were used to examine the implementation of AR in knowledge transfer and its effectiveness in learning. The results reflect the advantages of AR but show potential for improvement for further development of the finished application.

Unterrichtsszenarien, die auf einem lehrerzentrierten Konzept basieren, sind weniger lernwirksam. Denn hier wird die Heterogenität unter den Lernenden im Lerntempo und Vorwissen nicht berücksichtigt. Die Entwicklung von neuen Technologien und Medienformen bieten die Möglichkeit, solche Konzepte durch ein individuelles und autonomes Lernen abzulösen. Ziel der vorliegenden Bachelorthesis ist mithilfe einer Augmented Reality E-Learning-App ein Unterrichtsszenario zu konzipieren, dass die vielfältigen Lernbedürfnisse in der Zielgruppe berücksichtigt und somit ein effektives Selbststudium ermöglicht. Für die optimale Wissensvermittlung mithilfe von Augmented Reality (AR) wurden hierzu Anforderung und Kriterien recherchiert und implementiert. Abschließend wurden durch Nutzer-Tests die Implementierung von AR in der Wissensvermittlung und die Effektivität beim Lernen überprüft. Die Ergebnisse spiegeln die Vorteile von AR wider, zeigen jedoch Verbesserungspotenzial für eine Weiterentwicklung der fertigen Anwendung.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	9
1 Einleitung	11
1.1 Ziel der Arbeit	12
1.2 Aufbau der Arbeit	13
1.3 Hinweise	14
2 Grundlagen	15
2.1 Augmented Reality	15
2.1.1 Definition und Abgrenzung	15
2.1.2 Komponenten von AR-Systeme	16
2.2 Lerntheorien	19
2.2.1 Behaviorismus	19
2.2.2 Kognitivismus	19
2.2.3 Konstruktivismus	20
2.2.4 Konnektivismus	21
2.3 Autonomes und individuelles Lernen	21
2.3.1 Grundlegende Begriffe für autonomes Lernen	22
2.3.2 Lernstrategien	24
2.3.3 Selbstregulierung	25
2.3.4 Eigenschaften vom autonomem E-Learning	28
2.3.5 Lehrkompetenzen im E-Learning	29
3 Konzeption	31
3.1 Anforderungen an das Unterrichtsszenario	31
3.2 Funktionalitäten des E-Learnings	35
3.3 Planung der Umsetzung	36
3.3.1 Verwendete Tools	37
4 Implementierung	39
4.1 Lernziele des E-Learnings	39
4.2 Struktur des E-Learnings	39
4.3 Prototyp der AR-App	40
4.4 Lerninhalte	41
4.4.1 3D-Modelle	41
4.4.2 AR-Marker	46

4.5	Das fertige E-Learning	48
4.5.1	Das Lehrbuch	48
4.5.2	Die AR-App.....	50
4.5.3	Komprimierung von 3D-Modellen	54
5	Bewertung	57
5.1	Erfüllung der Funktionalitäten	57
5.2	Test an der Zielgruppe	60
5.2.1	Ergebnisse des Nutzer-Tests – Proband 1	60
5.2.2	Ergebnisse des Nutzer-Tests – Proband 2	63
5.2.3	Zusammenführung der Ergebnisse	65
5.3	Erkenntnisse zur Wissensvermittlung mit AR.....	68
5.4	Ausbaubarkeit der App.....	70
6	Fazit	71
	Literaturverzeichnis	73
	Anhang	77
	Nutzer-Test – Proband 1	77
	Nutzer-Test – Proband 2	82
	Eidesstaatliche Erklärung	87

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Mixed Reality Spektrum	15
Abb.2: Beispiel für Markertracking	17
Abb.3: Beispiel für markerloses Tracking	17
Abb.3: Beispiel GPS-Tracking	18
Abb.4: Klassifizierung von Lernstrategien	24
Abb.5: Zyklische Phasen der Selbstregulierung	26
Abb.6: Drei-Schichten-Modell des selbstregulierten Lernens	27
Abb.7: Überblick Themenbereiche der Zytologie	39
Abb.8: Prototyp der App	40
Abb.9: Verwendete Farbpalette und Typografie	41
Abb.10: 3D-Modell des Zellkerns	42
Abb.11: Golgi-Apparat (links: Grundform, rechts: fertiges Modell)	43
Abb.12: Objekt-Mesh mit geringer Polygonanzahl (links) vs. hoher Polygonanzahl (rechts)	44
Abb.13: Objektform mit geringer Polygonanzahl (links) vs. hoher Polygonanzahl (rechts)	45
Abb.14: Modelle der Tier- und Pflanzenzellen	45
Abb.15: Modell des Prokaryots	45
Abb.16: 3D-Modell eines Mitochondriums	46
Abb.17: AR-Marker Eukaryoten	46
Abb.18: Marker mit vielen Anhaltspunkten	47
Abb.19: Zellwand-Marker mit wenig Anhaltspunkten	47
Abb.20: Lehrbuchseite als Marker	48
Abb.21: Beispiel für blaue Symbolkasten	49
Abb.22: Beispiel für orangene Symbolkasten	49
Abb.23: Hauptmenü und Anleitung der AR-App	50
Abb.24: 3D-Modell des Cytoskeletts	51
Abb.25: Chloroplast-Modell ohne Umfärbung	52

Abb.26: Chloroplast-Modell mit Umfärbung	52
Abb.27: Tier- und Pflanzelle ohne Zellorganellen	53
Abb.28: Tier- und Pflanzenzelle mit Zellorganellen	54
Abb.29: Decimate-Modifier in der Option Collapse (Blender 2021)	55
Abb.30: Golgi-Apparat-Modell vor der Anwendung des Decimate-Modifier (links) vs. nach der Anwendung (rechts)	55
Abb.31: Beispiel für Formänderung durch Decimate-Modifier	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erfüllung der Funktionalitäten der Module	57
Tabelle 2: Erfüllung der Funktionalitäten zur Lernunterstützung	58
Tabelle 3: Erfüllung der Funktionalitäten zur Bedienung des E-Learnings	59

1 Einleitung

Augmented Reality (AR) oder auch ergänzte Realität genannt, bietet als voranschreitende Technologie immer mehr Einsatzmöglichkeiten in den unterschiedlichsten Fach- und Lebensbereichen, so auch in der Bildung. Die Weiterentwicklung von Kameras in mobilen Endgeräten und verschiedene Medienformen unterstützen den Aufstieg von AR immer mehr (vgl. Alzahrani und Lajmi 2020:282f). So verspricht diese Technologie in der Wissensvermittlung die Lernleistung und -motivation durch Interaktionen mit dem Lerngegenstand zu verbessern. Die Nutzung von dreidimensionalen Inhalten bei AR-Anwendungen bieten außerdem eine bessere Visualisierung durch die räumliche Betrachtung aus allen Perspektiven. Sogar verdeckte Objekte, unsichtbare und abstrakte Konzepte oder Ereignisse können mithilfe von AR dargestellt werden (vgl. Akçayır und Akçayır 2017, S. 6f; vgl. Wu et al. 2013, 43ff).

Trotz der beschriebenen Vorteile von AR in der Bildung, findet diese Technologie in den Schulen kaum Anwendung. Die Corona-Pandemie zeigt vor allem, wie langsam die Digitalisierung in den Schulen verläuft. Die mangelnden Technikenkenntnisse und Ausstattungen der Schulen führen dazu, dass Lehrer nicht das volle Potenzial von verschiedenen digitalen Medien nutzen können (vgl. Krafczyk 2021; vgl. Werner 2020:43). So waren viele Lehrer nicht auf den digitalen Unterricht vorbereitet. Als Ersatz zu Präsenzveranstaltungen werden meist Videokonferenzlösungen angeboten, welche die digitale Form des Frontalunterrichts in Klassenzimmern abbilden. Neben diesen bekommen Schüler meist zusätzlich Dateien mitsamt von Arbeitsanweisungen übermittelt (vgl. Mutzbauer 2021). Das Problem von solchen Unterrichtsszenarien liegt darin, dass sie auf lehrerzentrierten und instruktionalen Konzepten basieren. Somit haben Lehrer die alleinige Bestimmung über das Lerngeschehen. Denn sie treffen Entscheidungen darüber wie, wann und was gelernt wird. Diese instruktionale und lineare Wissensvermittlung fördert weder das individuelle Lernen, noch berücksichtigt sie die Heterogenität unter den Teilnehmern. Folglich werden die

unterschiedlichen Lernbedürfnisse nicht bedient, wodurch die Unterrichtsmethoden weniger lernwirksam sind (vgl. Viererbe 2010, S.24).

1.1 Ziel der Arbeit

Die Vorteile von AR und ein individuelles Lernkonzept, welches die unterschiedlichen Lernbedürfnisse einbezieht, lassen sich durch die Aufbereitung von einem E-Learning vereinbaren. Unter diesem Begriff fallen alle Lehrformen an, die elektronische Geräte und digitale Medien zur Unterstützung der Wissensvermittlung verwenden (vgl. Korth 2016).

Hauptziel der Bachelorarbeit ist daher die Konzeption und Entwicklung einer AR-E-Learning-App. Schüler sollen damit selbständig das Wissen über die Zytologie (Zellbiologie) aneignen. Die Implementierung von AR in der App soll mithilfe des Markertrackings erfolgen. Was unter diesem Begriff zu verstehen ist, wird bei den theoretischen Grundlagen genauer erläutert.

Um die optimale Wissensvermittlung zu gewährleisten, müssen hierzu Methoden und Strategien erarbeitet werden. Wichtig ist, dass das E-Learning sich von den lehrerzentrierten Konzepten abwendet und individuelles, autonomes und selbstgesteuertes Lernen fördert. Denn so wird die Heterogenität im Lerntempo und Vorwissen berücksichtigt. Solche Konzepte sind lernerzentriert, da sie Lernende und ihren unterschiedlichen Bedürfnissen in den Fokus stellen. Folglich müssen im Laufe der Arbeit Anforderungen und Kriterien für die Erstellung von Lehr- und Lernszenarien erarbeitet werden, die auf solchen Konzepten basieren. Um diese Anforderungen und Kriterien zu gewinnen, müssen die Selbstlernprozesse und Faktoren, die darauf Einfluss nehmen, untersucht werden. Dadurch lässt sich feststellen, an welchen Stellen Lernbegleitung und Lernhilfen erforderlich sind. Die Umsetzung der recherchierten Anforderungen stellen die Lehrmethoden und die Funktionalitäten des E-Learnings dar. In einem Nutzer-Test wird die erste Version des fertigen Produktes auf die Effektivität beim Lernen und Nutzerfreundlichkeit untersucht. Außerdem soll dadurch auch die Frage beantwortet werden, wie AR die Wissensvermittlung fördert und auf welche Grenzen oder Hindernisse diese Technologie stößt.

1.2 Aufbau der Arbeit

Zuerst werden die theoretischen Grundlagen der Arbeit vorgestellt. Hier sind vor allem die Definition, die Begriffsabgrenzung und die Komponenten von AR für das Verständnis der Arbeit erforderlich. Im Anschluss werden die verschiedenen Lerntheorien näher betrachtet. Diese sind notwendig, um Lernprozesse nachvollziehen zu können und bilden anschließend die Grundlage für die Erarbeitung von Lernkonzepten sowie Lehrmethoden. Da es sich bei der AR-E-Learning-App um ein Selbststudium handelt, werden nachfolgend Theorien diesbezüglich behandelt. Dieser Abschnitt geht auf die Faktoren ein, welche bei der Informationsaufnahme und -verarbeitung eine Rolle spielen.

Im nächsten Kapitel werden die Lernziele und die Anforderungen an das E-Learning aus den vorgestellten theoretischen Grundlagen abgeleitet. Durch die Definition der Anforderungen werden auch zugleich die Funktionalitäten des E-Learnings konzipiert. Das Kapitel schließt mit der Planung der Umsetzung ab.

Anschließend erfolgt die Implementierung des Konzepts. Dieses Kapitel beschreibt die wichtigsten Schritte zur Erstellung des E-Learnings und stellt die verschiedenen Funktionalitäten vor.

Das nächste Kapitel bewertet die Ergebnisse der Implementierung anhand der Erfüllung der vordefinierten Funktionalitäten. Mithilfe von durchgeführten Nutzer-Tests wurden zusätzlich Daten gesammelt, um die Umsetzung des individuell-maßgeschneiderten Lernkonzepts und den Einsatz von AR beim Lernen zu bewerten.

Die Arbeit schließt mit einem Fazit ab, der alle wesentlichen Punkte zusammenfasst.

1.3 Hinweise

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

Unter folgendem Link können alle Dateien, die für die Erstellung und Installation der AR-E-Learning-App notwendig sind, heruntergeladen werden:

<https://github.com/waracusenza/zellbiologie-ar-app>

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden die relevanten Theorien und Konzepte sowie Begriffe, die zum Verständnis der Arbeit notwendig sind, erläutert.

2.1 Augmented Reality

Die Technologie Augmented Reality (AR) wird in dieser Arbeit für die Entwicklung der E-Learning-App verwendet. Daher beschäftigen sich die folgenden Abschnitte mit der Definition, Abgrenzung und Funktionsweise von AR.

2.1.1 Definition und Abgrenzung

Augmented Reality oder auch erweiterte Realität ist eine Weiterentwicklung der virtuellen Realität (VR). Bei VR handelt es sich um eine computergenerierte Wirklichkeit. Der Nutzer befindet sich dementsprechend in einer vollständig modellierten virtuellen Welt und kann mit dieser in Echtzeit interagieren (vgl. Albrand 2017). Im Gegensatz dazu wird bei AR, die Realität mit der Virtualität kombiniert. Die umgebende Realität der Nutzer wird in Echtzeit durch virtuelle Objekte, meist in 3D, erweitert. Nutzer bekommen dann die Möglichkeit mit den eingefügten Gegenständen zu interagieren (vgl. Tönnis 2010:2). Mixed Reality (MR) hingegen bildet das ganze Spektrum der realen Welt bis hin zur vollständig virtuellen Welt ab (siehe Abb.1).

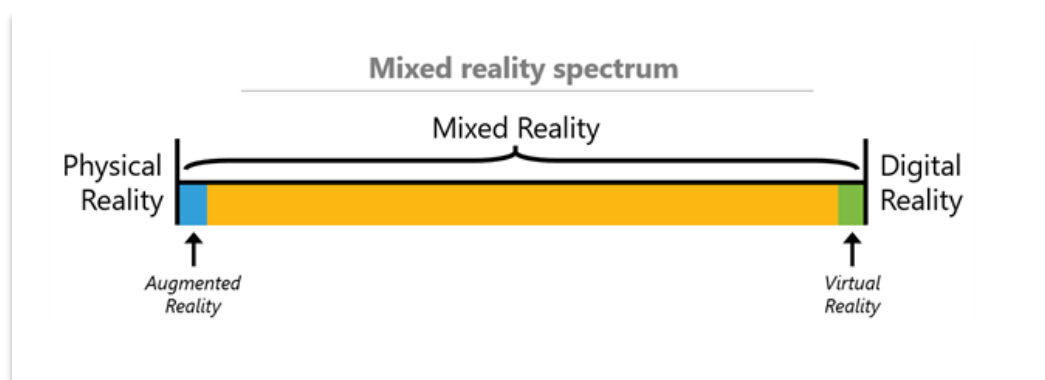


Abb.1: Mixed Reality Spektrum (Ronsdorf 2020)

AR ist ein vielfältiger Bereich, da es mehrere Möglichkeiten gibt, die Technologie zu implementieren. Oftmals wird eine Unterscheidung in die Bereiche „Wearable-Devices“ und „Non-Wearable Devices“ vorgenommen. Wearables wie AR-Brillen sind Geräte, die am Körper getragen werden. Beispiele wie Laptops, Smartphones, Tablets oder auch Projektionen gehören dagegen zu den Non-Wearables (vgl. Peddie 2017:30).

2.1.2 Komponenten von AR-Systeme

AR-Systeme besitzen drei wesentliche Komponenten, die sich in die Bereiche der Darstellung, Tracking und Eingabe bzw. Interaktion einteilen lassen.

Um 3D-Grafiken und andere Elemente darzustellen, wird eine Software benötigt, um diese auf geeigneten Displays anzuzeigen. Displays können hier Monitore bis hin zu Brillen sein. Dabei ist wichtig, dass die Displays fähig sind die reale Umgebung abzubilden und diese in Echtzeit mit virtuellen Objekten zu überlagern. Hier wird zwischen zwei Prinzipien unterschieden. Optical-See-Through-Displays finden Anwendung in AR-Brillen und ermöglichen den direkten Blick auf die physikalische Welt. Ein halbdurchlässiger Spiegel blendet zusätzlich ein Display in das Sichtfeld ein. Video-See-Through-Displays hingegen verwenden die Kameras des Gerätes. Sie zeigen die reale Umgebung im Hintergrund an, während im Vordergrund die virtuellen Objekte gerendert werden. Demnach sind Smartphones, Tablets oder auch Notebooks mit Webcam ein Beispiel von AR-fähigen Geräten mit Video-See-Through-Displays (vgl. Tönnis 2010:21f).

Ein weiterer wichtiger Bestandteil von AR-Systemen ist die Lagebestimmung des Betrachters, der Umwelt und dem Ort, an welchem virtuelle Objekte erscheinen sollen. Dieser Prozess wird auch als Tracking bezeichnet, wobei zahlreiche Formen unterschieden werden. Für diese Arbeit ist nur das optische Tracking, insbesondere das Markertracking relevant (siehe Abb.2). Unter diese Trackingform fallen alle Methoden, die mit visuellen Markern arbeiten. Hier werden Marker verwendet, auf denen sich Muster befinden. Bildverarbeitungssysteme können diese erkennen und berechnen dann die

Position sowie die Orientierung der virtuellen Elemente. Anschließend erscheinen diese Objekte auf den Displays (vgl. Tönnis 2010:42ff).

Neben dem Markertracking gibt es auch das markerlose Tracking, welches nicht auf zusätzliche Marker zurückgreift (siehe Abb.3). Sie nutzen natürliche Merkmale an dem zu trackenden Gegenstand oder Umgebung. Aus diesen Merkmalen werden dann die notwendigen Daten zur Lagebestimmung gewonnen, um die virtuellen Objekte einzublenden (vgl. Tönnis 2010:51).

Mit laufzeitbasiertem Tracking ist es möglich die GPS-Koordinaten des Eingabegeräts zu ermitteln (siehe Abb.3). Diese werden anschließend ausgewertet, um daraus die Position der einzublendenden Objekte zu berechnen (vgl. Tönnis 2010:54f).



Abb.2: Beispiel für Markertracking (ZealAR 2021)

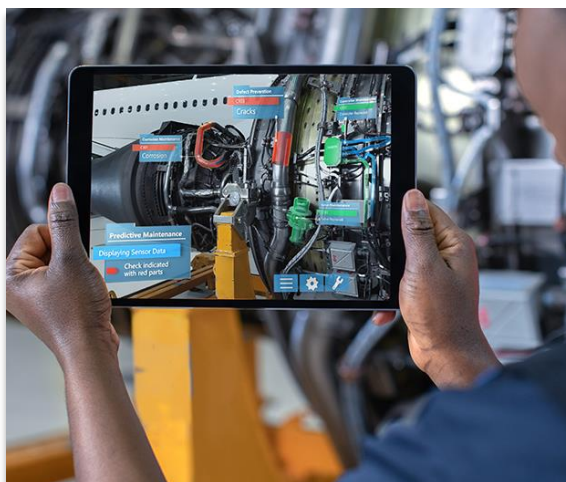


Abb.3: Beispiel für markerloses Tracking (PTC 2021)

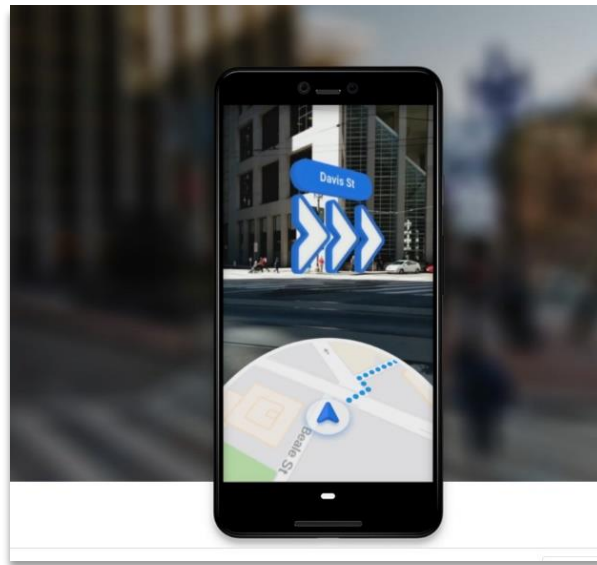


Abb.3: Beispiel GPS-Tracking (Google AR & VR 2021)

Neben der Ausgabe von Informationen, können auch Eingaben in AR-Systemen getätigt werden, um bestimmte Interaktionen zu bewirken. Die Möglichkeiten und Arten von Eingaben hängen vom verwendeten Gerät, sowie der Trackingform ab. Bei der Verwendung von Notebooks und mobilen Endgeräten können aufgrund der Hardware nur 2D-Eingaben über Maus bzw. Touchscreen oder Tastatur getätigt werden. Sowohl die Kamera der mobilen Endgeräte als auch AR-Brillen bieten die Möglichkeit, virtuelle Objekte aus verschiedenen Richtungen zu betrachten. Bei der Verwendung von Markertracking können die Marker selbst als Eingabegerät verwendet werden. So erfolgt beispielsweise bei Erkennung dieser ein bestimmtes Ereignis, wie die Positionierung von virtuellen Elementen in einem Raum. Es besteht auch die Möglichkeit, Marker als Button zu verwenden und erst beim Drücken dieser, die Ausführung verschiedener Aktionen zu starten. Die angezeigten virtuellen Objekte über einen Marker können einerseits hinsichtlich ihrer Position, Rotation, Skalierung oder andere Parameter manipuliert werden. Andererseits lassen sich die zugewiesenen Parameter der eingeblendeten Elemente erst über die Kollision mit einem anderen Marker aktivieren oder verändern (vgl. Tönnis 2010:96ff).

2.2 Lerntheorien

Die Gestaltung eines Unterrichtsszenarios und die dabei eingesetzten Methoden sind abhängig vom Verständnis der Lerninhalte und wie das Lernen funktioniert. Lerntheorien stellen Modelle dar, die Lernprozesse beschreiben. Sie zeigen wie Sachverhalte und Ereignisse der realen Welt von einem Individuum aufgenommen und verarbeitet werden. Das Verständnis von Lernprozessen ist die Grundlage für die Konzeption des Lerngeschehens, da diese die Festlegung der Lernform und Lehrmethoden ermöglichen. Aus diesem Grund werden im nächsten Abschnitt die vier bekanntesten Lerntheorien, der Behaviorismus, Kognitivismus, Konstruktivismus und Konnektivismus näher betrachtet (vgl. Kergel und Heidkamp-Kergel 2020:5f).

2.2.1 Behaviorismus

Laut dem Behaviorismus äußern sich Verhaltensweisen von Individuen durch Reaktionen auf wahrgenommene Reize. Mentale Prozesse, wie Emotionen und Selbstreflexion, liegen beim Behaviorismus zwischen Reiz und Reaktion. Diese werden jedoch als unmessbare und nicht-beobachtbare Kriterien ausgeklammert. Aus diesem Grund liefern die wahrgenommenen Reize, die Erklärung warum bestimmte Verhaltensweisen sich äußern, nicht die mentalen Prozesse. Bekannte Lernprinzipien, die sich auf diese Lerntheorien stützen, sind die operante und klassische Konditionierung. Beide vertreten den Gedanken, dass gewisse Verhaltensweisen durch positive oder negative Verstärkung (Belohnung oder Bestrafung) geformt werden. Da beim Lernen nur Reiz und Reaktion im Fokus stehen, sind Lernende nur rezeptiv aktiv. Die Wissensaneignung ist folglich ein passiver Prozess (vgl. Kergel und Heidkamp-Kergel 2020:6).

2.2.2 Kognitivismus

Der Kognitivismus legt den Fokus auf die individuelle Informationsaufnahme und -verarbeitung. Im Gegensatz zum Behaviorismus geht diese Lerntheorie mehr auf die mentalen Prozesse ein. Vereinfacht dargestellt, nimmt ein Individuum einen Reiz wahr. Nachdem das Gehirn diesen Reiz verarbeitet hat, kann das Individuum darauf reagieren. Die Informationsverarbeitung und nicht

die Reize werden hier als Erklärung für Vorgänge wie Auffassung, Planung, Einsicht und Entscheidung genommen. Das Lernverhalten wird demnach durch Denkprozesse, die zwischen Reiz und Reaktion liegen, beeinflusst. Wie dieser genau stattfindet, wird jedoch in dieser Lerntheorie nicht behandelt. Es wird davon ausgegangen, dass Lernende sich die Kausalitäten durch Wahrnehmung und die anschließende Verarbeitung aneignen Denkprozesse (vgl. Kergel und Heidkamp-Kergel 2020:7).

Im Gegensatz zum Behaviorismus wird Lernenden mehr Handlungsfreiheit zugestanden, da sie nicht nur wahrnehmen, sondern auch die aufgenommenen Reize eigenständig verarbeiten müssen. Die wichtigste Unterscheidung ist, dass das Verhalten nicht durch die Bedingungen der Umwelt erklärt wird, sondern über die mentalen Prozesse zwischen Reiz und Reaktion.

Beide Lerntheorien sehen Lernen als einen passiven Prozess an. Denn Lernende sind nur rezipierende Akteure und bauen nicht aktiv ihre Wissensstrukturen selbst auf. Daher sind Lehr-/Lernszenarien, die auf behavioristischen und kognitivistischen Ansätzen basieren, instruktional und lehrerzentriert. Solche Konzepte gehen nicht auf die Vielfalt unter den Lernenden ein. Aus diesem Grund sind diese Lerntheorien für die vorliegende Arbeit nicht relevant (vgl. Langkopf 2019:18).

2.2.3 Konstruktivismus

Das Wissen über die Welt und Wirklichkeit wird im Konstruktivismus durch den Lernenden selbst erschaffen. Während der Lernprozesse stellt das Individuum Kausalitäten, Sinnstrukturen und logische Gliederung der eigenständig wahrgenommenen Welt her. Lernen wird nicht mehr als ein passiver Prozess angesehen, da Lernende ihre eigenständige Konstruktionsleistung erbringen. So muss der Lernende sich mit der Welt auseinandersetzen und dabei einen Ordnungsprozess auslösen. Der Konstruktivismus sieht die Erkenntnisgewinnung des Lernenden als keinen isolierten und nur auf das Individuum beschränkten Prozess an. Denn mehrere Personen können ebenfalls dieselben Beobachtungen machen und zu den gleichen

Erkenntnissen gelangen. Bedeutungen werden somit in einem gemeinsamen Verständnisprozess ausgehandelt und erschaffen kollektiv-geteiltes Wissen. Neue Informationen können dazu führen, dass bestehende Wissensstrukturen und Denkeinheiten neu geordnet oder erweitert werden. Aus diesem Grund ist das Wissen eines Individuums nicht unveränderbar (vgl. Kergel und Heidkamp-Kergel 2020:8ff).

2.2.4 Konnektivismus

Der Konnektivismus baut auf dem Konstruktivismus auf, aber geht im Gegensatz zu diesem viel stärker auf Technologien und Netzwerke ein. Lernende werden laut dieser Theorie in eine selbst bestimmte Lernumgebung eingebunden. Hier lernen sie als vernetzte Individuen und bauen sich ihr Wissen mithilfe von sozialen Kontakten oder nicht-menschlichen Wissensquellen, wie mit Bildern oder Videos, auf (vgl. Rüter 2015). Lernen ist im Konnektivismus der ständige Aus- und Aufbau sowie Verfestigung oder Auflösung von Verbindungen zwischen verschiedenen Wissensstrukturen. Durch all die genannten Eigenschaften wird diese Lerntheorie auch als selbstgesteuertes und dezentrales Lernen betrachtet. Denn Lernende bestimmen, je nach Lernbedürfnis, selbst über ihre Lernthemen und -pfade (vgl. Kergel und Heidkamp-Kergel 2020:10f). Entscheidend für ein konnektivistisches Lernen ist selbstständig distribuiertes Wissen zu recherchieren und die gewonnenen Erkenntnisse in die eigenen Wissensnetzwerke zu integrieren (vgl. Rüter 2015).

2.3 Autonomes und individuelles Lernen

Lernende lösen im Konstruktivismus und Konnektivismus eigenständig den Aus- und Aufbau ihrer Wissensnetzwerke und Ordnungsprozesse von Denkeinheiten aus. Sie entscheiden dabei selbst, mit welchen Medien und in welcher Lernumgebung sie ihr Wissen aneignen möchten. Beide Lerntheorien bilden daher die Grundlage für ein individuelles und autonomes Lernen. Diese Lernformen berücksichtigen im Gegensatz zu den lehrerzentrierten Konzepten, die unterschiedlichen Lernbedürfnisse und die Heterogenität der Zielgruppe (vgl. Viererbe 2010:24).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist das Unterrichtsszenario des E-Learnings so zu gestalten, dass die beschriebenen Lernformen möglich sind. So soll das E-Learning die verschiedenen Lerntempos, Vorwissen und Selbstlernkompetenzen der Lernenden berücksichtigen und entsprechende Lernhilfen anbieten (vgl. Langkopf 2019:32).

Aus diesem Grund wird nachfolgend auf die Selbstlernprozesse und Faktoren, die darauf einen Einfluss nehmen, eingegangen.

2.3.1 Grundlegende Begriffe für autonomes Lernen

Grundlegende Begriffe für autonome Lernprozesse sind die Lernerautonomie, das selbstgesteuerte und selbstregulierte Lernen. In diesem Abschnitt werden diese erläutert.

Der Begriff der Lernerautonomie kann als Oberbegriff für lernerzentrierte Überlegungen in Wissenserwerbsprozessen aufgefasst werden. Ein Merkmal der Lernerautonomie ist, dass die Verantwortung in Lernsituationen beim Lernenden liegt. Demzufolge erhalten sie die größtmögliche Freiheit über ihre Lernsituation und müssen aufgrund, von mangelnden externen Lernsteuerungen mehr Kontrollmechanismen, zur Überwachung ihrer Lernfortschritte einsetzen. Ein weiteres Merkmal der Lernerautonomie ist das Auftreten von verschiedenen Handlungsmustern. Die Ursache liegt zum einen an der Freiheit über die eigenen Lernaktivitäten und die unterschiedlichen Lernbedürfnissen. Damit Lernende in der Lage sind, autonom und eigenverantwortlich zu lernen, müssen ihnen Lernmaterialien bereitgestellt werden. Außerdem sollen sie über Lernstrategien und -techniken verfügen, um die Informationen adäquat verarbeiten zu können (vgl. Langkopf 2019:24).

Selbstgesteuertes Lernen ist ein Unterbegriff vom autonomen Lernen. Denn Steuerung versteht sich als zielgerichtetes Verhalten und nimmt Bezug auf die Durchführung einer gestellten Aufgabe durch den Lernenden. Folglich müssen Lernende ihre Ziele selbst definieren. Außerdem wählen sie anhand der Lernumgebung und der teilweise vorgegeben oder steuerbaren Rahmenbedingungen des Unterrichts, passende Lernstrategien. Diese helfen ihnen dabei ihre Handlungen zu kontrollieren und ihre Lernleistung zu

bewerten. Das selbstgesteuerte Lernen erfasst die äußere Struktur des Lernens, die sich nur auf die kognitiven Prozesse wie die Informationsaufnahme und -verarbeitung bezieht (vgl. Schulz 2020:22).

Selbstreguliertes Lernen hingegen ist eine Lernhandlung bei der kontrolliert wird, inwiefern eine Zielannäherung erfolgt. Das Ergebnis der Kontrolle leitet dann bestimmte Handlungen ein. Folglich setzt die Regulation ein zielgerichtetes Verhalten, die Steuerung voraus. Das selbstregulierte Lernen erfasst die innere Struktur des Lernens. Diese behandelt Prozesse, welche die Informationsaufnahme und -verarbeitung, also die äußere Struktur des Lernens, unterstützen. Hierbei gestalten Lernende ihre Selbstregulationsprozesse, um das Lernen optimal zu gestalten und so ihre Lernziele zu erreichen (vgl. Schulz 2020:12,24f).

Beim autonomen Lernen haben Individuen die Freiheit selbst zu entscheiden, wann, wie und mit was Lernaktivitäten durchgeführt werden sollen. Hier besitzen Individuen die Lernerautonomie. Sobald Lernende bestimmte Ziele fokussieren und diese ansteuern bzw. erreichen wollen, beginnt das selbstgesteuerte Lernen. Diese Lernform setzt die Selbstregulierung für die Zielerreichung voraus.

Um selbstgesteuertes Lernen effektiv zu gestalten, müssen Lehrende neben dem Verständnis für die Lernprozesse, auch ein Verständnis für die Selbstregulierung der Lernende besitzen. Dadurch können wichtige Kriterien für die Praxis abgeleitet werden, wie beispielsweise wann und wo Lernberatung oder -begleitung erforderlich sind. Aus diesem Grund wird die Selbstregulierung im weiteren Verlauf der Arbeit näher betrachtet. Der nächste Abschnitt behandelt die Lernstrategien, die beim Lernen und bei der Selbstregulierung eingesetzt werden sollen, um die Lernziele zu erreichen.

2.3.2 Lernstrategien



Abb.4: Klassifizierung von Lernstrategien (Darstellung in Anlehnung von Schulz 2020:47)

Bei Lernstrategien handelt es sich um Verhaltensweisen und Gedanken, die Lernende bewusst oder unbewusst einsetzen, um am Lernen beteiligte Prozesse zu steuern. Durch Lernstrategien werden Lernenden Kompetenzen zur Wissensaufnahme, -verarbeitung und Selbstregulierung vermittelt (vgl. Schulz 2020:27).

Abbildung 4 zeigt die verschiedenen Lernstrategien und wie diese klassifiziert sind.

Lernstrategien lassen sich nach der äußeren und inneren Struktur des Lernens in die allgemeinen Grundkategorien, Primär- und Stützstrategien unterscheiden. Primärstrategien, auch als kognitive Strategien bekannt, beziehen sich auf die unmittelbare Informationsverarbeitung. Diese umfasst alle Verhaltensweisen, damit Informationen besser verstanden, gespeichert, abgerufen und ausgetauscht werden können. Stützstrategien sind auf der Metaebene der Lernprozesse einzusetzen und richten sich daher auf nicht kognitive Faktoren. Diese Strategie setzt beispielsweise Emotionen, Zeitmanagement und Aufmerksamkeitssteuerung ein, um die Informationsverarbeitung zu erleichtern (vgl. Schulz 2020:32f).

Wenn Primärstrategien hinsichtlich der Intention des Lernens klassifiziert werden, so entsteht die Unterscheidung zwischen Tiefenverarbeitungs- und Oberflächenstrategie. Wie die Benennungen schon verraten, ist das Ziel bei der Tiefenverarbeitungsstrategie die Information tiefgehend aufzufassen. Dabei will der Lernende Wissen mit Vorwissen verknüpfen, Informationen verinnerlichen und Zusammenhänge erkennen. Im Gegensatz dazu zielt die Oberflächenstrategie darauf ab, Informationen möglichst präzise im Kurzzeitgedächtnis zu speichern (vgl. Schulz 2020:33).

Primärstrategien lassen sich auch durch die Art und Weise der Informationsverarbeitung einteilen, wodurch drei Klassifizierungen entstehen. Die Wiederholungsstrategie erzielt durch aktives Wiederholen, dass neue Informationen in das Langzeitgedächtnis übernommen werden. Die Elaborationsstrategie versucht Techniken zu finden, um neues Wissen in bestehende Wissensnetzwerke zu integrieren. Das Bilden von Analogien und das Umschreiben von Sachverhalten mit eigenen Worten sind beispielsweise Lerntechniken, die auf solche Strategien basieren. Organisationsstrategien verbinden unterschiedliche Informationen in Lernvorgängen zu Sinneinheiten. Eine Lerntechnik, die auf dieser Strategie beruht, wäre beispielsweise die Erstellung von Übersichtsgrafiken (vgl. Schulz 2020:34).

Stützstrategien sind in Kontrollstrategien und affektive Strategien einteilbar. Kontrollstrategien werden auch als metakognitive Strategien bezeichnet. Sie werden zur Evaluation und Kontrolle von Lern- und Denkverläufe eingesetzt. Daher beziehen sie sich weniger auf den eigentlichen Lernvorgang, sondern auf den Lernfortschritt. Affektive Strategien oder das Ressourcenmanagement zielen auf die Rahmenbedingungen während des Lernens ab. Diese Strategie beinhaltet den Umgang mit den eigenen Emotionen, motivationale sowie volitionale Aspekte und die Lernumgebung (vgl. Schulz 2020:34f).

2.3.3 Selbstregulierung

Für die Selbstregulierung ist es essenziell, dass Lernende sich ihren Stärken und Schwächen bewusst sind. Denn dadurch können sie entscheiden, welche

Strategien zur Wissensaufnahme und -verarbeitung sowie zur Überwachung von Lernprozessen eingesetzt werden sollen (vgl. Schulz 2020:27).

Wie bereits erläutert, müssen Lehrende bei der Konzeption und Aufbereitung von autonomen E-Learnings bewusstmachen, welche Faktoren beim selbstregulierten Lernen eine Rolle spielen. Dadurch können sie besser Lernprozesse begleiten und unterstützen, indem sie die Selbstregulierungskompetenzen stärken und die Anwendung von passenden Lernstrategien anregen. Lernende können dadurch einen Überblick über ihren Lernfortschritt behalten und eine Zielannäherung bewirken (vgl. Schulz 2020:12).

Im folgenden Abschnitt werden dazu verschiedene Modelle des selbstregulierten Lernens vorgestellt.

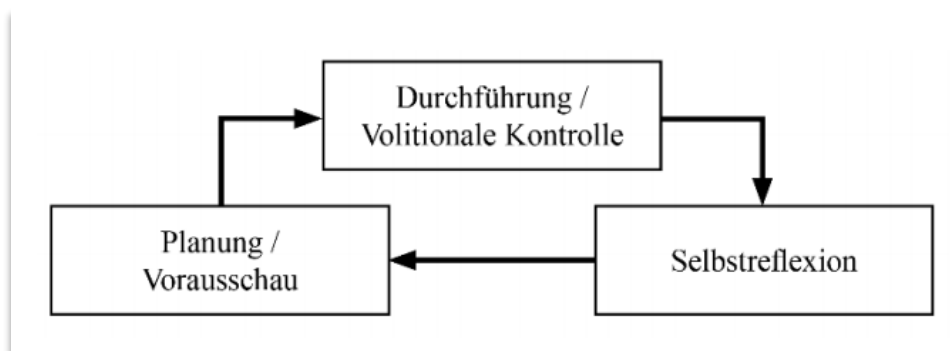


Abb.5: Zyklische Phasen der Selbstregulierung (Schulz 2020:50)

Die zyklischen Phasen der Selbstregulierung (Abb.5) beschreiben den Lernprozess und die Verhaltensweisen der Lernenden. Der Lernprozess beginnt vor der Wissensaneignung mit der Planung. Hier wird das Lernen vorbereitet, denn Lernende müssen Aufgaben bewältigen, die entweder von ihnen selbst oder von anderen Personen gewählt sind. Die Planung wird beeinflusst durch die Situation der Lernumgebung sowie die Art und Weise, wie eine Aufgabe zu lösen ist. Beide Punkte wirken sich ebenfalls auf die Emotionen und die Motivation der Lernenden aus. Faktoren, die ebenfalls die Lernemotionen lenken, sind die Ergebniserwartung und der Wunsch, dass die Lernergebnisse den Lernenden dazu befähigt bestimmte Handlungen

auszuführen. Gemäß den emotionalen und motivationalen Aspekten passen sie ihre Ziele sowie die einzusetzende Lernstrategien an. Nach der Planung tritt die Wissensaneignung, die Phase der Durchführung und volitionalen Kontrolle ein. Hier spielt die Volition (Willensstärke) und die angewendeten Lernstrategien eine entscheidende Rolle. Die Volition hat maßgeblichen Einfluss darauf, inwiefern Lernende ihren Lernprozess aufrecht halten wollen. Um eine Zielannäherung zu bewirken, müssen Lernende in dieser Phase ihre affektiven und ressourcenbezogenen Lernstrategien einsetzen. Diese verhelfen ihnen die Selbstkontrolle und Selbstbeobachtung aufzubringen, um die Effektivität ihres Lernverhaltens und somit die Zielannäherung zu bewerten. Als nächstes erfolgt die Phase der Selbstreflexion, in welcher das Lernergebnis mit den festgelegten Zielen bewertet und verglichen wird. Hier werden Gründe für das Lernergebnis gesucht und entweder der eigenen Leistung oder auch äußeren Umständen zugeschrieben. Die Lernergebnisse beeinflussen zukünftige Lernhandlungen. So passen Lernende, beispielsweise durch die Evaluation der Resultate, ihre Lernstrategien und Vorgehensweisen an (vgl Schulz 2020:51).

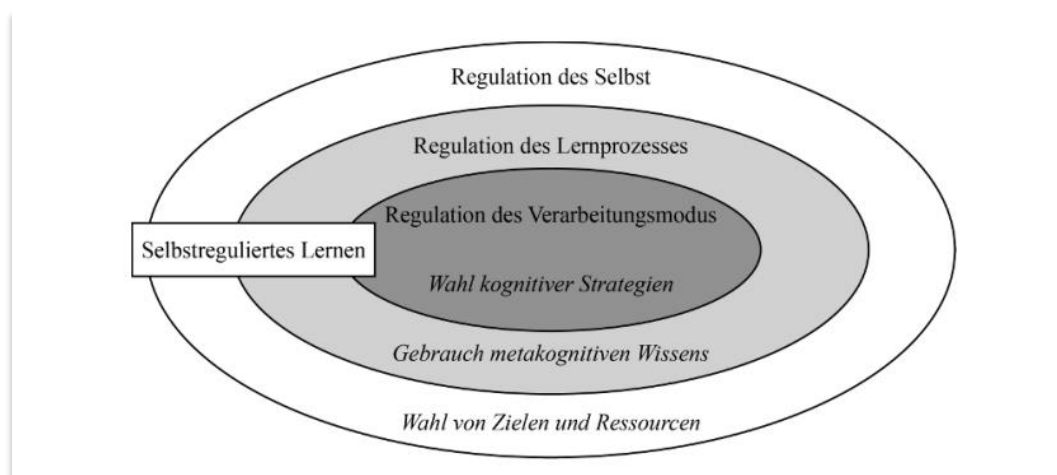


Abb.6: Drei-Schichten-Modell des selbstregulierten Lernens (Anlehnung nach Schulz 2020:53)

Das Drei-Schichten-Modell (Abb.6) stellt das Zusammenspiel verschiedener Regulationssysteme dar. Im Zentrum steht die Regulation des

Verarbeitungsmodus. Hier kommen die kognitiven Primärstrategien zum Einsatz, da Lernende im Verarbeitungsmodus sich mit den Lerninhalten auseinandersetzen und die aufgenommenen Informationen verarbeiten müssen. Dabei muss Erworbenes an Vorwissen geknüpft und in bestehende Wissensnetzwerke integriert werden. Die zweite Schicht ist die Regulation der Lernprozesse, die sich auf den Einsatz von metakognitiven Strategien beziehen. Sie dienen dazu die Informationsverarbeitungsprozesse, durch Überwachung und Bewertung des Lernfortschritts, zu steuern. Lernende wählen eine Lernaktivität anhand ihrer Emotionen und Motivation. Diese spielen neben der Initiierung auch bei der Durchführung von Lernhandlungen eine Rolle. Aus diesem Grund soll bei der Regulation des Selbst, die letzte Schicht, die affektiven Strategien eingesetzt werden. (vgl. Schulz 2020:53f).

Die Betrachtung von beiden Modellen zeigt, wie sich Selbstlernkompetenzen äußern. Wenn diese vorhanden sind, können Lernende die passenden Lernstrategien je nach Anwendungskontext einsetzen, um ihre Lernziele zu erreichen. Dabei machen sie sich bewusst, welche emotionalen Ressourcen ihnen zur Verfügung stehen und wie sie diese für die Zielannäherung einsetzen müssen. Wichtig ist auch, dass sie sich adäquate Ziele passend zu ihren eigenen Fähigkeiten und den vorhandenen Ressourcen setzen. Falls sich die Ziele als unpassend erweisen sollten, so können die Lernende ihre Ziele selbstständig anpassen. Außerdem zeigt sich die Selbstlernkompetenz darin, dass Lernende ihre eigenen Prozesse und Lernergebnisse reflektieren. Dabei werden diese auf Effektivität geprüft, um zukünftige Vorgehensweisen zu optimieren (vgl. Schulz 2020: 52ff).

2.3.4 Eigenschaften vom autonomem E-Learning

Um den Lernenden die größtmögliche Freiheit sowie Verantwortung über ihre eigenen Lernprozesse zu bieten, als auch die unterschiedlichen Bedürfnisse zu berücksichtigen, soll das E-Learning folgende Eigenschaften erfüllen (vgl. Langkopf 2010:166ff):

- Zeitökonomisch: Lerntempo und Lerndauer werden von Lernenden selbst entschieden. Daher sollen Lerninhalte so konzipiert werden, dass Lernende effizient und effektiv ihre Lernziele erreichen.
- Wiederholbar: Lernmaterialien können so oft wie Lernende es benötigen eingesehen werden können.
- Zeitunabhängig: Lernende entscheiden selbst, wann sie lernen.
- Non-Sequenziell: Lernpfade, sowie die Abfolge der Bearbeitung von Lerneinheiten, werden von Lernenden je nach Wissensstand selbst bestimmt.
- Selektierbar: Lerninhalte können selbst gewählt werden. Lerneinheiten können übersprungen oder nur teilweise absolviert werden.
- Individuell: Das E-Learning berücksichtigt die jeweiligen Lernbedürfnisse des Lernenden und passt sich diesen an.
- Ortsunabhängig: Lernende können an jedem beliebigen Ort lernen und gestalten so ihre Lernumgebung mit.
- Ungezwungen: Externe Steuerung und Beaufsichtigung sind kaum vorhanden.

2.3.5 Lehrkompetenzen im E-Learning

Für die Aufbereitung von E-Learnings müssen Lehrende aus den vorgestellten Konzepten eine Vielzahl von Kompetenzen mitbringen. Da E-Learnings Inhalte in digitaler Form vermitteln, müssen Lehrende eine Medienkompetenz und Technikaffinität aufweisen. Dadurch können sie die passenden Medienformen wählen und diese auch korrekt anwenden. Die Medienkompetenzen werden im E-Learning auch gleichzeitig an die Lernenden vermittelt, da sie sich während der Bearbeitung mit den ausgewählten Medienformen beschäftigen. Neben dem Verständnis für die kognitiven Prozesse, wie die Informationsverarbeitung, sollen Lehrende auch Wissen über Lernstrategien verfügen. So können sie den Einsatz von diesen an den richtigen Stellen anregen. Das selbstgesteuerte Lernen setzt die Selbstregulierung voraus, weshalb die Selbstlernkompetenzen der Lernenden unterstützt werden sollen. Dabei ist die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten und Schwächen

essenziell, weshalb Lehrende hier durch Anregungen zur Selbstreflexion und Selbstevaluation eine Unterstützung sein können. Um Lernende dabei zu helfen ihre Lernziele möglichst effizient zu erreichen, muss die Lernumgebung viele Ablenkungen eliminieren und auf das Zeitmanagement hinweisen. Beim Lernprozess spielen die emotionalen Aspekte, wie die Motivation, ebenfalls eine wichtige Rolle. Auch hier ist von Lehrenden gefordert, dass sie in der Lage sind positive Lernemotionen auszulösen. Entscheidend für ein lernerzentriertes Unterrichtsszenario ist die Rücksichtnahme auf die Heterogenität der Zielgruppe. Daher müssen sie möglichst unterschiedliche Zugänge zum Lerngegenstand bieten und verschiedene Lernwege ermöglichen (vgl. Langkopf 2010:175ff).

3 Konzeption

Nach der Betrachtung der theoretischen Grundlagen in Kapitel 2, soll nun darauf basierend ein lernerzentriertes E-Learning Konzept erstellt werden. Wie beschrieben, ermöglichen solche Konzepte ein autonomes und individuelles Lernen. Bei dieser Lernform übernehmen Lernende die Verantwortung für die Konstruktion und Ordnung ihrer Wissensnetzwerke. Lernen beinhaltet nicht nur die Wissensaufnahme und die Informationsverarbeitung, sondern auch die Überwachung dieser. Beim Zusteuern auf die Lernziele spielen neben den beiden Punkten, auch die Selbstregulierung eine entscheidende Rolle (vgl. Heidkamp-Kergel, B.; Kergel, K. 2020:8ff; Schulz 2020:22).

Der nächste Abschnitt stellt die Anforderungen für ein lernerzentriertes Konzept vor.

3.1 Anforderungen an das Unterrichtsszenario

Da beim Lernen verschiedene Strukturen vorhanden sind, werden die Anforderungen nach der Äußeren und der Inneren unterschieden. Die äußere Struktur des Lernens befasst sich nur mit der Informationsaufnahme und -verarbeitung. Im Gegensatz dazu, beschäftigt sich die innere Struktur des Lernens mit der Metaebene der Lernprozesse, die Überwachung der Informationsverarbeitung und die Selbstregulierung.

Zunächst werden die Anforderungen bezüglich der äußeren Struktur des Lernens erläutert.

Anforderung 1: Unterrichtsszenario berücksichtigt Vorwissen und Lerntempo unter den Teilnehmern.

Im Unterricht ist das Vorwissen und Lerntempo unter den Lernenden nicht gleich. Gemäß einem lernerzentrierten Konzept müssen sie trotzdem in der Lage sein, je nach Lernbedürfnis selbst zu entscheiden, welches Wissen sie erwerben und wie lange sie sich mit einem Thema auseinandersetzen möchten. Damit diese Anforderung erfüllt werden kann, sollen Lerninhalte in verschiedene Einheiten (Module) aufgeteilt werden. Zum einen fühlen sich die Lernenden nicht von der Menge der Lerninhalte überwältigt. Zum anderen

können sie so selbst über ihre Lernwege bestimmen. Dazu müssen Module so ausgelegt werden, dass die Bearbeitung unabhängig voneinander erfolgen kann und ein Überspringen oder Abbrechen dieser möglich ist (vgl. Langkopf 2010:143ff).

Anforderung 2: Lernende sollen verschiedene Zugänge zum Lerngegenstand erhalten.

Diese Anforderung ist teilweise durch die Erstellung von Modulen, die unabhängig voneinander bearbeitbar sind, abgedeckt. Wie beschrieben ermöglicht diese Umsetzung, je nach Kenntnisstand verschiedene Lernwege einzuschlagen. Aber die Vielfalt unter den Lernenden trägt auch dazu bei, dass verschiedene Präferenzen und Abneigungen vorhanden sind. Laut dem Konstruktivismus und Konnektivismus nutzen Individuen verschiedene Quellen und Medienformen, um ihre Wissensstrukturen zu konstruieren. Daher sollen auch die Lerninhalte im E-Learning in unterschiedlichen Medienformen vermittelt werden, um so verschiedene Lernkanäle anzuregen. Für den Nutzer ergeben sich je nach Präferenz mehrere Wahlmöglichkeiten, mit welchen Medienformen sie arbeiten möchten (vgl. Heidkamp-Kergel, B.; Kergel, K. 2020:21).

Anforderung 3: Lernende sollen ein tiefgehendes Verständnis der Thematik erlangen.

Diese Anforderung erfordert die Anregung von Elaborationsstrategien. Dementsprechend müssen die neu erworbenen Informationen in bestehende Wissensnetzwerke integriert und geordnet werden. Das geschieht, indem das erworbene Wissen an Vorwissen geknüpft wird. Ist kein Vorwissen vorhanden, kann das Bilden von Analogien dabei helfen neue Wissenseinheiten an bekannte Sachverhalte anzugleichen. Neben den Elaborationsstrategien sind auch die Organisationsstrategien eine Hilfe bei der Tiefenverarbeitung. Bei Anwendung dieser Strategie, müssen die Systematiken und Taxonomien zwischen den einzelnen Lerneinheiten erläutert werden. Dies wird erreicht, indem Beziehungen zu anderen Einheiten durch Hinweise auf Zusammenhänge, aufgebaut werden. Dadurch können die Lernenden die

Zusammenhänge zwischen den Themenbereichen herstellen (vgl. Schulz 2020:34).

Anforderung 4: Die Transferkompetenz der Lernenden soll gestärkt werden.

Ein tiefgehendes Verständnis der Lerninhalte ermöglicht die Transferkompetenz und befähigt Lernende dazu bestimmte Handlungen auszuführen. Eine solche Kompetenz äußert sich darin, dass Lernende nicht nur fähig sind ihr Wissen wiederzugeben. Sie können außerdem das erworbene Wissen reorganisieren, um gelernte Vorgänge und Ereignisse sowie Erkenntnisse auf andere Sachverhalte zu übertragen (vgl. Maier und Günter W. 2021). Die Transferkompetenz kann gestärkt werden, indem Lehrende Anlässe zur Metareflexion geben und auf Zusammenhänge zwischen Sachverhalten hinweisen (vgl. Kergel und Heidkamp-Kergel 2020:17f).

Anforderung 5: Lernende bekommen die Möglichkeit mit dem Lerngegenstand zu interagieren.

Ebenfalls im konstruktivistischen und konnektivistischen Sinne, sind die Lernenden handelnd tätig. Demnach bauen und verändern sie ihre Wissensnetze stetig aus und sind dabei nicht nur rezeptiv aktiv. Aus diesem Grund sollen die E-Learning Nutzer durch Interaktionen selbst ihre Denkeinheiten und Wissensstrukturen formen (vgl. Kergel und Heidkamp-Kergel 2020:17f).

Die nachfolgenden Anforderungen beziehen sich nun auf die innere Struktur des Lernens.

Anforderung 6: Lernende erhalten Anlässe, um ihre Lernfortschritte und Lernhandlungen zu reflektieren.

Die Erfüllung dieser Anforderung setzt die Fähigkeit zur Selbstkontrolle, Selbstreflexion und Selbsteinschätzung beim Lernenden voraus. So müssen sie dazu ihre Lernziele, Wissensstand, Stärken und Schwächen kennen. Um die Lernziele zu erreichen, müssen sie entscheiden, welche Stärken sie dabei einsetzen wollen. Der Abgleich ihres aktuellen Wissensstandes mit den Lernzielen hilft bei der Bewertung, inwiefern eine Zielannäherung erfolgt ist.

Dies gibt ihnen ebenfalls die Möglichkeit, eigenständig ihre Verständnisfragen und Wissenslücken aufzufinden. Außerdem müssen sich Lernende die Frage stellen, ob die eingesetzten Lernstrategien bei der Informationsverarbeitung effektiv waren (vgl. Schulz 2020: 52ff). Um die genannten Punkte anzuregen, muss aus den Modulen hervorgehen, welcher Vorkenntnisstand notwendig ist, um diese zu bearbeiten. Neben der Definition des Vorkenntnisstandes sollen auch die Lernziele des Moduls erläutert werden. Hierbei handelt es sich um Feinziele, die beschreiben, was in der Lerneinheit behandelt wird. Diese Angabe vor der Bearbeitung eines Moduls hilft Lernenden dabei, ihre Fähigkeiten einzuschätzen und bietet somit die Möglichkeit zur Selbstkontrolle. Die allgemeinen Lernziele des E-Learnings sind ebenfalls entscheidend für die Reflexion der Lernfortschritte und Lernhandlungen. Denn hier erhalten Lernende ebenfalls die Unterstützung ihr Lernergebnis zu evaluieren (vgl. Langkopf 2010:143ff; vgl. Küstermann et al. 2021:10f).

Anforderung 7: Positive Lernemotionen sollen angeregt werden.

Positive Lernemotionen während der Bearbeitung des E-Learnings bewirken eine effektive Selbstregulierung. Das hat zur Folge, dass bestimmte Lernaktivitäten wirksam und effizient ausgeführt werden. Dabei versucht der Lernende beispielsweise Ablenkungen durch äußere Einflüsse zu vermeiden. Anerkennung für bestimmte Verhaltensweisen stärken die Motivation, da Lernende sich in ihren Handlungen bestätigt fühlen. Das Aufteilen der Lerninhalte in kleinteilige Module kann auch zur Lernfreude beitragen, da Lernende öfters ein Erfolgserlebnis erhalten. Ein weiterer Motivationsfaktor ist dem Lernenden zu erklären, wofür das erworbene Wissen verwendet werden kann und welche Fähigkeiten daraus zu gewinnen sind (vgl. Schulz 2020:54; vgl. Langkopf 2010:144ff).

Anforderung 8: Die Bedienung des E-Learnings und die Bearbeitung der Lerninhalte muss zeitökonomisch gestaltet sein.

Die Selbstregulierung führt zu einer effektiven und effizienten Gestaltung der Lernzeit. Um die Lerneffizienz weiterhin zu stärken und dadurch die Zielannäherung optimal zu gestalten, muss die Navigierung im E-Learning möglichst selbsterklärend sein. Wenn dies nicht zutrifft, so muss die

Vorgehensweise in einer Anleitung gegeben werden. Neben der Navigierung des E-Learnings sollen außerdem Aufgaben und Fragestellungen präzise und ohne Interpretationsspielräume formuliert sein, da Rückfragen zum einen kaum möglich sind und zum anderen mehr Zeit kosten (vgl. Langkopf 2010:1454ff).

3.2 Funktionalitäten des E-Learnings

Wie das Lerngeschehen im fertigen E-Learning gestaltet wird, entscheiden die vordefinierten Funktionalitäten, die sich aus den beschriebenen Anforderungen ableiten lassen. Dieser Abschnitt gibt daher einen Überblick über die Funktionalitäten, die im E-Learning umgesetzt werden sollen.

Funktionalitäten bezüglich der Module:

- Lerninhalte werden kleinteilig in Module aufgeteilt.
- Die Bearbeitung der Module kann möglichst non-sequenziell und unabhängig voneinander erfolgen.
- Das Überspringen oder Abbrechen der Bearbeitung eines Moduls ist jederzeit möglich.
- Zusammenhänge und Taxonomien zwischen den Modulen sind ersichtlich.
- Module geben ihr Lernziel an.
- Module definieren welche Vorkenntnisse zur Bearbeitung erforderlich sind.

Funktionalitäten zur Lernunterstützung:

- Aufbau und Gliederung des E-Learnings ist ersichtlich.
- Das zu vermittelnde Wissen knüpft an Vorwissen. Als Hilfe dient das Bilden von Analogien.
- Verschiedene Medienformen werden zur Wissensvermittlung benutzt.
- Lernziele des E-Learnings (Grobziele) dienen als Anregung zur Reflexion der Lernfortschritte.
- Lernende erhalten eine Erklärung, wozu das erworbene Wissen benötigt wird und welche Kompetenzen daraus zu gewinnen sind.

- Hinweise auf Zusammenhänge zwischen anderen Fachbereichen werden hervorgehoben.
- Lernende erhalten Anerkennung in Form von Lob, wenn bestimmte Lernziele erreicht worden sind.

Funktionalitäten zur Bedienung des E-Learnings:

- Lernende können mit den Inhalten des E-Learnings interagieren.
- Anleitungen und Hinweise zur korrekten Anwendung sollen vorhanden sein.
- Aufgaben und Fragestellung sind möglichst präzise und haben keine Interpretationsmöglichkeiten.
- E-Learning kann so oft wiederholt werden, wie Lernende es für notwendig halten.

3.3 Planung der Umsetzung

Dieser Abschnitt beschreibt die weitere Vorgehensweise zur Aufbereitung des E-Learnings. Das Ziel dieser Arbeit ist mithilfe von markerbasiertem AR das Grundlagenwissen der Zytologie zu vermitteln. Die Wissensvermittlung beschränkt sich dabei auf die unterschiedlichen Zelltypen, deren Zellorganellen und ihre Funktion. Als AR-Marker dienen daher Bilder von Zellen und die jeweiligen Zellorganellen. Diese funktionieren als visuelle Trigger, die bei Erkennung die entsprechenden 3D-Modelle und andere virtuelle Elemente einblenden.

Die Marker werden in einem Lehrbuch aufbereitet. Da die meisten Schüler vermutlich ein Smartphone oder ein Tablet besitzen, soll die Erkennung der Marker über eine AR-App für mobile Endgeräte mit dem Betriebssystem Android erfolgen. Neben den Bildern enthält das Lehrbuch zusätzlich textuelle Information zu den jeweiligen Zelltypen und ihre Zellorganellen.

Da nun die Aufteilung des E-Learnings in Lehrbuch und AR-App bekannt ist, soll anhand der vordefinierten Funktionalitäten die Umsetzung dieser erfolgen. Neben der Definition der Lernziele des E-Learnings muss der Lerninhalt zunächst in zusammengehörige Themenbereiche eingeteilt und gegliedert werden. Durch diesen Schritt entstehen die Module und der Aufbau des E-

Learnings wird ersichtlich. Als nächstes werden die Module mit Inhalten, wie Texte, Bilder und 3D-Objekten, gefüllt. Da das Lehrbuch aus Texten und Bildern besteht, ist die Strukturierung der Module hier ersichtlicher. Folglich werden hier die Funktionalitäten der Module umgesetzt. Die AR-App soll die Interaktionen mit dem Lerngegenstand ermöglichen und setzt daher die meisten Funktionalitäten zur Bedienung des E-Learnings um. Sobald alle Lerninhalte im Lehrbuch und AR-App eingebettet sind, soll eine Untersuchung der ersten Version des E-Learnings durchgeführt werden. Diese findet anhand eines Nutzer-Tests mit der Zielgruppe statt. Dadurch wird das fertige Produkt auf die Effektivität beim Lernen und auf die Nutzerfreundlichkeit getestet.

3.3.1 Verwendete Tools

Für die Entwicklung der App sollen die Programme Unity und Vuforia verwendet werden. Unity ist eine Echtzeit-Entwicklungsplattform für die Erstellung und den Betrieb von interaktiven 3D-Inhalten vom Unternehmen Unity Technologies. So lassen sich mithilfe von den bereitgestellten Werkzeugen beispielsweise Computerspiele oder andere interaktive 3D-Anwendungen entwickeln. Diese können auf zahlreichen Geräten wie mobilen Endgeräten, Computer und Spielekonsolen veröffentlicht werden. Die Software ist für die Betriebssysteme Windows, Linux und macOS erhältlich (vgl. Unity Technologies 2021). Für die vorliegende Arbeit wird das Betriebssystem Windows und die Unity Version 2020.3.7f1 verwendet. In Unity können Skripte in der objektorientierten Programmiersprache C# geschrieben werden. Diese entscheiden darüber, welches Verhalten bestimmte Objekte beim Starten der Anwendung ausführen sollen. Dazu müssen die C#-Skripte den Objekten in der Spiele-Engine zugewiesen werden (vgl. Unity 2021).

Vuforia ist ein plattformübergreifendes SDK (Software Development Kit) für die Entwicklung von AR-Anwendungen. Der Import eines sogenannten Vuforia-Packages als Erweiterung von Unity ermöglicht es, AR-Apps und Spiele für Android als auch für iOS zu entwickeln. Das SDK kann durch Computer-Vision-Technologie, Bilder und auch 3D-Objekte in Echtzeit erkennen und verfolgen. Diese Fähigkeit ermöglicht markerbasierte Eingaben und Interaktionen, wie es für diese Arbeit notwendig ist. Die vorliegende Arbeit

benutzt das Vuforia-Package mit der Version 9-8-8 (vgl. Unity Technologies 2018; Vuforia 2021).

Damit Lernende Zell- und Zellorganellen in 3D betrachten können, müssen diese erstellt werden. Hierzu dient das Open-Source Programm Blender, das über eine eingebaute Spiele-Engine verfügt. Mit dieser Software können alle Schritte zur 3D-Modellierung ausgeführt werden. Zu diesen gehören beispielsweise das Versehen der Objekte mit Materialien bzw. Texturen, die Erstellung von Animationen und der Videoschnitt (vgl. Blender Foundation 2021). Die fertigen 3D-Objekte werden dann im fbx.-Format in Unity importiert. Mithilfe von Adobe Illustrator lassen sich Vektorgrafiken gestalten. Daher werden die Bilder mit diesem Tool erstellt. Biologie-Fachbücher, die für Oberstufen-Schüler konzipiert sind, sollen als Quellen zur Aufbereitung der Texte dienen. Die fertigen Bilder und Texte werden anschließend mithilfe von Adobe InDesign layoutiert.

4 Implementierung

Anhand der vordefinierten Funktionalitäten und der Planung der Umsetzung, sollen nun die Implementierung vorgestellt werden.

4.1 Lernziele des E-Learnings

Als Maßstab zur Überprüfung, ob die Bearbeitung des E-Learnings erfolgreich waren, wurden hierzu die Lernziele des E-Learning herausgearbeitet. Diese sollen, laut der geplanten Konzeption, den Lernenden auch als Anregung zur Lernfortschrittskontrolle dienen.

Folgendes Wissen vermittelt das E-Learning:

- Definition und Eigenschaften der Zelle
- Die Unterscheidung der Zelltypen in Eukaryoten und Prokaryoten
- Merkmale der Eukaryoten und Prokaryoten
- Die Unterscheidung der Eukaryoten in tierische und pflanzliche Zellen
- Zellorganellen einer eukaryotischen Zelle
- Zellorganellen einer prokaryotischen Zelle

4.2 Struktur des E-Learnings

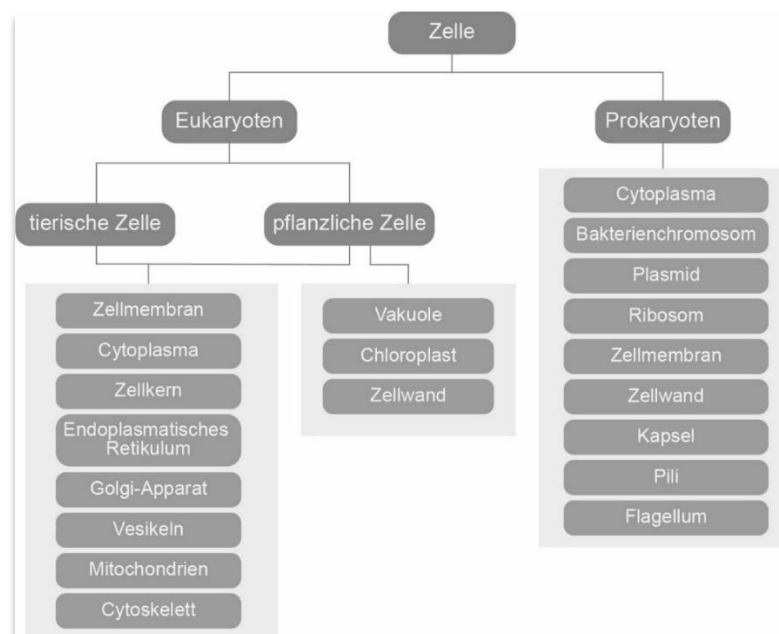


Abb.7: Überblick Themenbereiche der Zytologie

Die Abbildung 7 stellt dar, in welche einzelnen Themenbereiche die Zytologie unterteilt ist. Anhand dieser Systematik entsteht die Modulbildung.

Das Lehrbuch beinhaltet die Module und stellt darin die Zusammenhänge dar. Passend zum Lernziel beschreibt das erste Modul, die Definition und Eigenschaften der Zelle. Anschließend wird im Lehrbuch auf die Grundtypen der Zellen, die Eukaryoten und die Prokaryoten eingegangen. Zu den jeweiligen Zelltypen ist jeweils ein Modul vorhanden. Eukaryoten lassen sich weiterhin in Tier- und Pflanzenzelle unterteilen. Aufgrund dessen besitzen Pflanzenzellen drei Zellorganellen mehr als die Tierische. Die Einteilung der einzelnen eukaryotischen Zellorganellen erfolgt jeweils in einzelne Untermodule. Wobei die drei zusätzlichen pflanzlichen Zellorganellen als letztes behandelt werden. Da Prokaryoten einzellige Organismen sind und bezüglich des Aufbaus eine geringere Komplexität aufweisen als die Eukaryoten, werden ihre Zellorganellen nicht in jeweils einzelne Untermodule unterteilt, sondern im Modul nacheinander erklärt.

4.3 Prototyp der AR-App

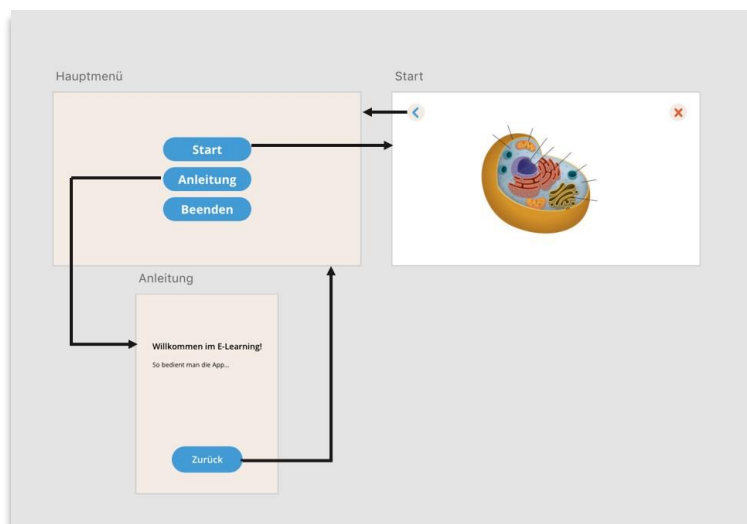


Abb.8: Prototyp der App

Das Lehrbuch enthält, neben den textuellen Inhalt, auch die AR-Marker, welche Bilder von Zellen und die jeweiligen Zellorganellen abbilden. Daher dient die AR-App ausschließlich zur Erfassung der Marker. Nach

erfolgreichem Tracking sollen anschließend die entsprechenden 3D-Objekte eingeblendet werden. Darauf basierend, erfolgt die Planung der Wireframes für die App. (siehe Abb.8). Die Pfeile zeigen, welches Menü nach dem Drücken von bestimmten Buttons geöffnet werden sollen.

4.4 Lerninhalte

Um die Gestaltung der Lerninhalte konsistent zu halten, werden im Vorhinein eine Farbpalette und die Typografie festgelegt (siehe Abb.9).

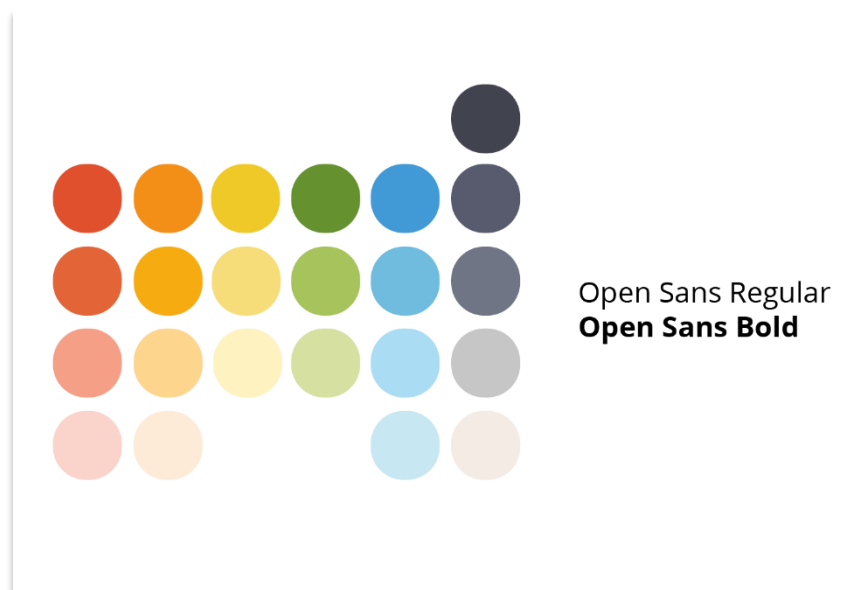


Abb.9: Verwendete Farbpalette und Typografie

4.4.1 3D-Modelle

In Blender besteht ein 3D-Objekt aus einem Mesh, welches die Form vorgibt. Ein Mesh setzt sich aus einzelnen Punkten, Kanten und Polygone zusammen, die im dreidimensionalen Raum miteinander verbunden sind. Ein Punkt im Mesh wird auch als Vertex (Mehrzahl Vertices) bezeichnet. Verbindungen zwischen Vertices ergeben Kanten bzw. Edges. Wenn mehr als drei Vertices durch Edges verbunden sind, ergeben sich daraus polygonale Flächen. Das Mesh eines Objekts lässt sich transformieren, indem entweder die Vertices, Edges oder Polygone im dreidimensionalen Raum ihre Position, Rotation oder Skalierung verändern (vgl. Pape 2015).

Blender stellt verschiedene Grundkörper wie Würfel, Kugeln und Zylinder bereit. Die Transformation und Kombination dieser erzeugt verschiedene Formen. Diese Methode reicht allein nicht aus, um komplexe Strukturen zu erstellen. Um diese zu modellieren, können sogenannte Modifikatoren in Blender verwendet werden. Das sind Funktionen für Objekte, die bei Anwendung zusätzliche Geometrien hinzuzufügen. Die Verwendung von Modifikatoren unterstützt eine nicht-destruktive Arbeitsweise und kann daher rückgängig gemacht werden.

Für die Erstellung der Zellmodelle ergeben sich hauptsächlich zwei verschiedene Vorgehensweisen, deren Beschreibung anhand von Beispielen erfolgt.

Manche Komponenten, wie zum Beispiel der Zellkern, ähneln einer Kugel. So ist es möglich eine vordefinierte Kugel aus Blender zu übernehmen und durch wenige Transformationsschritte die gewünschten Veränderungen zu erzielen. Es ist wichtig, dass die Formen imperfekt sind, um realitätsnah zu sein. So müssen manche Stellen am Zellkern-Objekt Verformungen aufweisen, damit dieser nicht genau einer symmetrischen, glatten Kugel ähnelt. Um verdeckte Objekte anzuzeigen, werden einige Bestandteile nicht als Ganzes dargestellt. Abbildung 10 zeigt einen teilweisen geöffneten Zellkernmembran, dessen innere Bestandteile sichtbar sind.

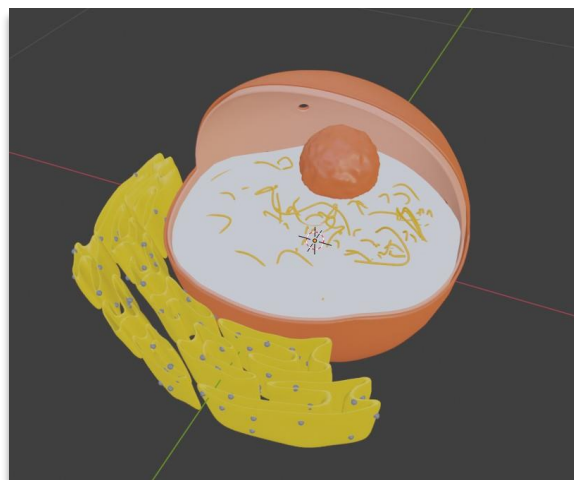


Abb.10: 3D-Modell des Zellkerns

Zellorganellen, anders als der Zellkern, weisen kaum Ähnlichkeiten zu vordefinierten geometrischen Körpern auf.

Abbildung 11 zeigt links die Grundform des Golgi-Apparats, welche aus Verbindungen von länglichen Quadern besteht. Modifikatoren ergänzen die Rundungen und die Fülle. Weitere Verformungen entstehen mithilfe der Sculpting-Funktion in Blender.

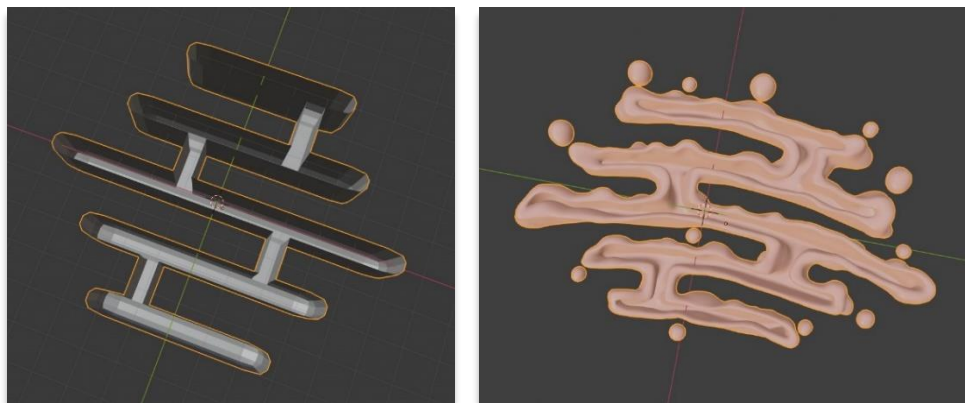


Abb.11: Golgi-Apparat (links: Grundform, rechts: fertiges Modell)

Die Anzahl der Vertices, Edges und Polygone ist direkt proportional zur Speichergröße des 3D-Modells. Entsprechend muss der Computer mehr Rechenleistung für das Rendern erbringen. Auf der anderen Seite kann eine hohe Polygonanzahl den Detailgrad erhöhen. Die Abbildungen 12 und 13 zeigen jeweils zwei Objekte. Das Linke besitzt weniger Polygone als das Rechte. Folglich erscheint das rechte Objekt glatter und detaillierter. Die Verwendung von den meisten Modifikatoren bewirkt, dass mehr Vertices auf der Geometrie hinzugefügt werden. So steigt der Rechenbedarf der 3D-Objekte. Realitätsnahe Zellmodelle und Zellorganellmodelle weisen viele runde Elemente auf und müssen dementsprechend viele Polygone verwenden. Hier findet eine Abwägung zwischen Realitätstreue und Rechenbedarf statt.

Wie realitätsnah die 3D-Modelle sein sollen, hängt nicht nur von der Form, sondern auch von der Belichtung und von den verwendeten Materialien oder Texturen ab. Zugewiesene Materialeigenschaften sind nur in der jeweiligen

Spiele-Engine gültig. Das bedeutet, dass eine Übertragung von Materialien und Texturen von Blender nach Unity nicht stattfinden kann. Eine Ausnahme bilden die Farbeigenschaften eines Materials (vgl. Edy's Projects 2013). Die Durchführung des sogenannten Render-Bakings stellt eine Lösung zum Importieren von komplexen Materialeigenschaften dar. Bei diesem Verfahren wird eine Textur des Meshes erstellt, die darauf basiert, wie das Objekt beim Rendern aussieht. Die Textur wird dann als Bilddatei ausgegeben und kann in Unity auf das Mesh des Objektes berechnet werden. Diese Methode täuscht allerdings nur eine Textur vor (vgl. van Gumster 2020). Für realitätsnähere Ergebnisse müssen sogenannte Shader programmiert werden. Diese sind Skripte, die mathematische Berechnungen und Algorithmen dafür enthalten, wie die Pixel auf der Oberfläche eines 3D-Objektes aussehen sollen (vgl. Unity Technologies 2020a). Die Verwendung von realitätsnahen Materialien und Texturen erfordern ebenfalls einen hohen Rechenbedarf, weshalb hier wieder eine Abwägung stattfindet. Um den Rechenbedarf gering zu halten, bekommen die Objekte nur Farbeigenschaften zugewiesen. Die Zuweisung der Modellfarben erfolgt in Blender, während die transparente Struktur der Zellflüssigkeiten in Unity umgesetzt ist.

Insgesamt werden 14 Objekte modelliert. Darunter befinden sich 11 Zellorganellen und 3 verschiedene Zellen (siehe Abb.14 & 15).

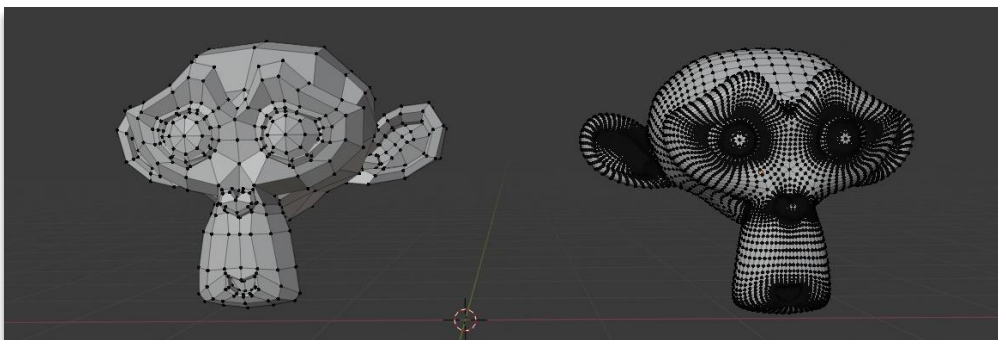


Abb.12: Objekt-Mesh mit geringer Polygonanzahl (links) vs. hoher Polygonanzahl (rechts)

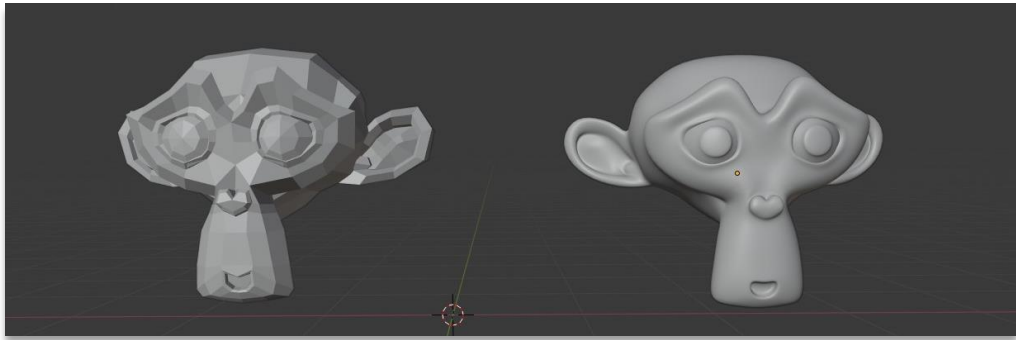


Abb.13: Objektform mit geringer Polygonanzahl (links) vs. hoher Polygonanzahl (rechts)

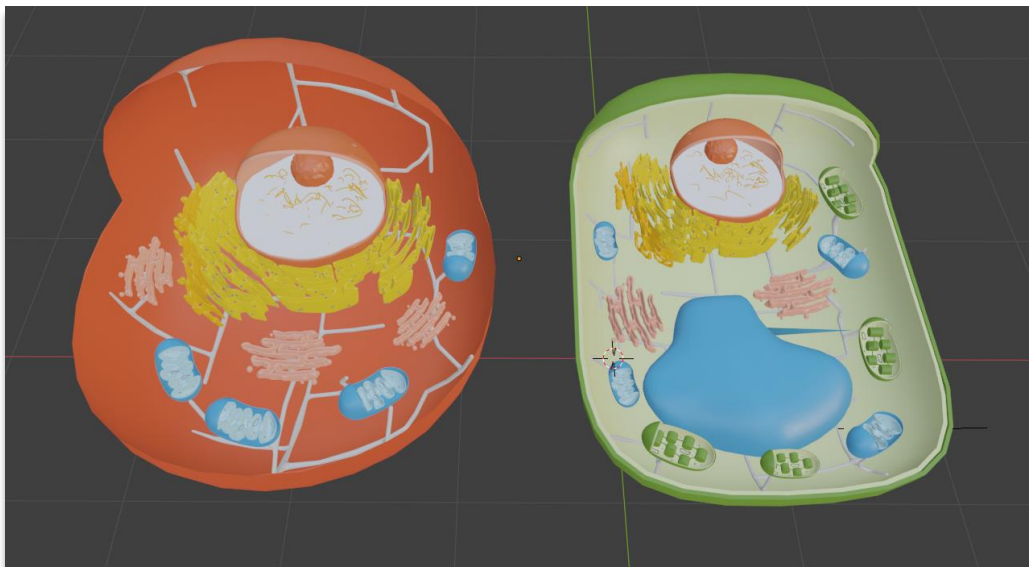


Abb.14: Modelle der Tier- und Pflanzenzellen

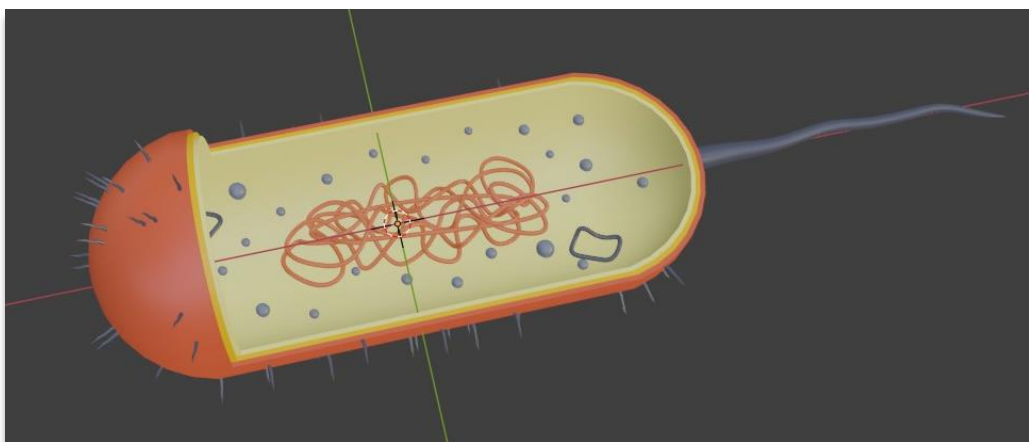


Abb.15: Modell des Prokaryots

4.4.2 AR-Marker

Die AR-Marker bilden die 3D-Modelle in einer zweidimensionalen Draufsicht ab (siehe Abb.16). Zellorganellen und ihre Komponenten besitzen sowohl in den Grafiken als auch bei den 3D-Modellen immer ein einheitliches Farbschema. So sind beispielsweise die Mitochondrien gleich gefärbt (siehe Abb. 16 & 17). Wie aus Abbildung 17 hervorgeht, enthalten die Bilder der Zellen und Zellorganellen zusätzlich eine Beschriftung und sind dadurch gekennzeichnet, dass sie in einem blauen Kasten eingebettet sind.

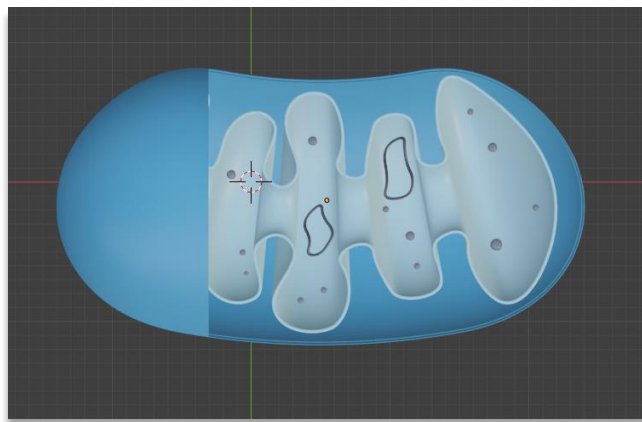


Abb.16: 3D-Modell eines Mitochondriums

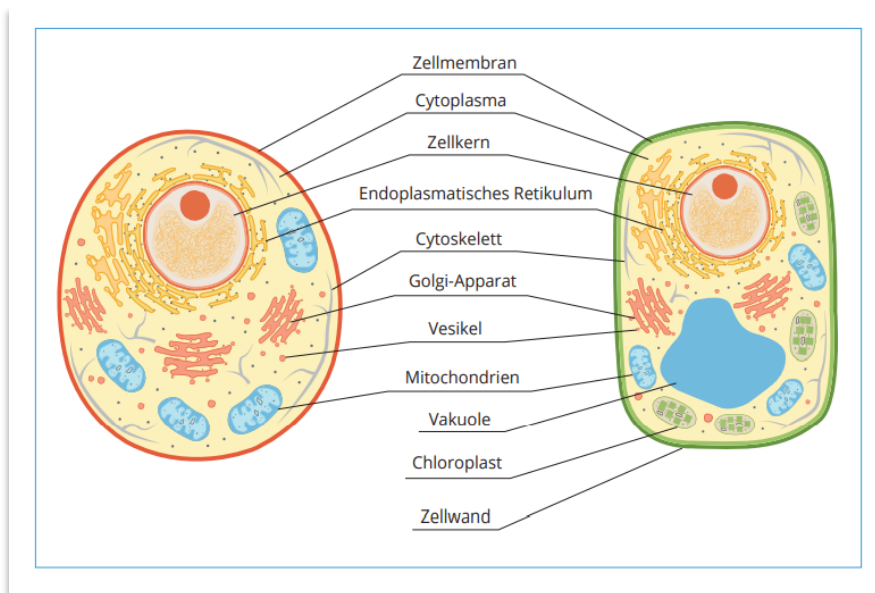


Abb.17: AR-Marker Eukaryoten

Für die Erkennung der AR-Marker durch Trackingsysteme in Unity müssen die Bilder genügend Anhaltspunkte bieten. Abbildung 18 zeigt gelbe Punkte auf den AR-Marker. Diese stellen die Anhaltspunkte dar. Unter dem Target Manager im Vuforia Developer Portal können Datenbanken erstellt werden, um dort die Marker für ein bestimmtes Projekt zu verwalten. Die Bewertung der Marker findet hier durch ein Sternensystem statt. Bei fünf oder vier Sternen erfolgt eine schnelle Erkennung durch Trackingsysteme. Dementsprechend verläuft die Durchführung der markerbasierten Interaktionen und Eingaben effizienter. Manche AR-Marker sind vom System schlecht bewertet, weshalb die ganze Lehrbuchseite als Marker fungiert (siehe Abb. 18 & 19).

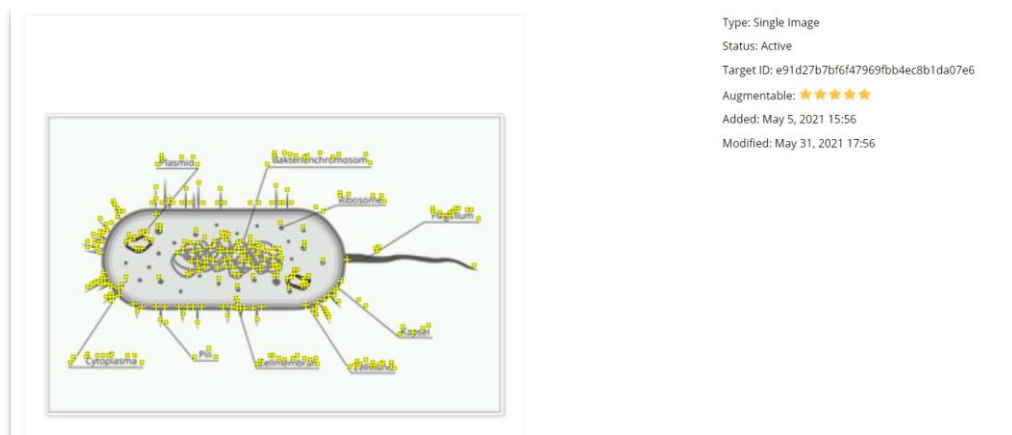


Abb.18: Marker mit vielen Anhaltspunkten

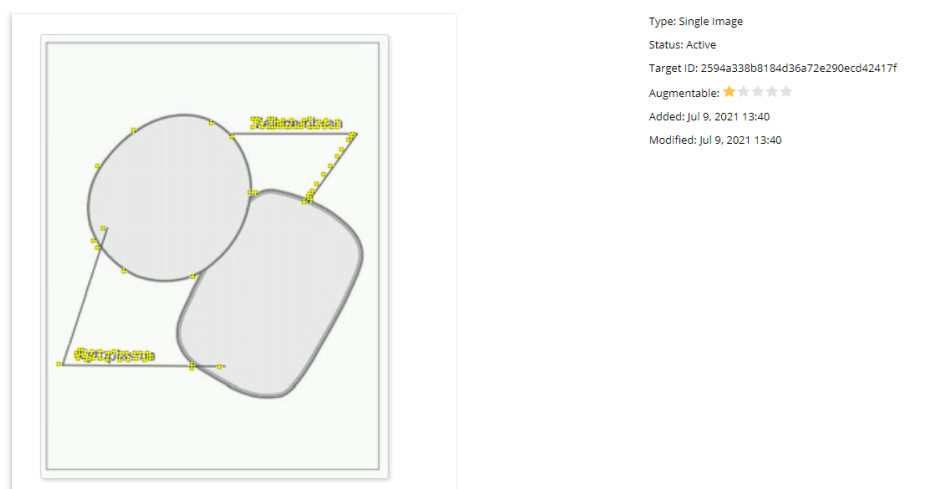


Abb.19: Zellwand-Marker mit wenig Anhaltspunkten

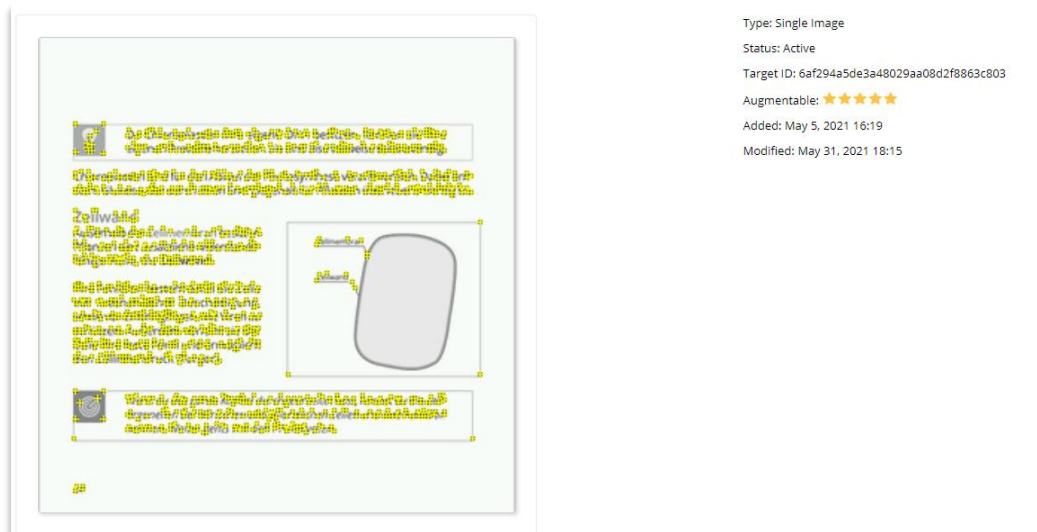


Abb.20: Lehrbuchseite als Marker

4.5 Das fertige E-Learning

Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben die umgesetzten Funktionalitäten des Lehrbuchs und der AR-App.

4.5.1 Das Lehrbuch

Der Leser bekommt zu Beginn eine kurze Erklärung über die allgemeinen Lernziele des Lehrbuchs. Außerdem geht die Einleitung auf die Zielgruppe, die Relevanz des Themas und der Aufbau des Buches ein. Neben der kurzen Einführung wird auch ein Hinweis gegeben, die AR-App herunterzuladen und die blau umrandeten AR-Marker zu scannen. Die Funktion der verwendeten Symbole sind in der Einleitung ebenfalls beschrieben.

Das Buch besteht aus drei wesentlichen Kapiteln und ihren Unterkapiteln, welche die Module darstellen. Als Übersicht der Gliederung dient das Inhaltsverzeichnis. Die einzelnen Module sind so konzipiert, dass sie in beliebiger Reihenfolge bearbeitet werden können. Allerdings empfiehlt die Einleitung den Lernenden mit kaum Vorwissen die Anfangskapitel zu lesen. So haben Lernende die Möglichkeit ihre Lernwege selbst zu bestimmen.

Am Ende der Module befindet sich ein blauer Kasten mit einem Zielscheibensymbol (siehe Abb.21). Dieser fasst die Lernziele des zugehörigen Moduls zusammen und gibt einen Ausblick auf das Nächste.

Diese Symbolkasten sollen nicht nur überleiten, sondern auch dem Lernenden den roten Faden und somit die Zusammenhänge zwischen den Modulen verdeutlichen.

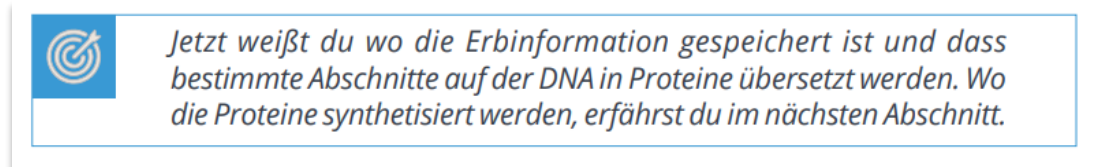


Abb.21: Beispiel für blaue Symbolkasten

Im Lehrbuch befindet sich ein weiterer orangener Kasten mit einem Glühbirnen-Symbol (siehe Abb.22). Diese heben Informationen hervor, welche die Transferleistung der Lernenden unterstützen sollen. Die Fakten in solchen Symbolkasten weisen auf Zusammenhänge innerhalb der Zytologie oder zwischen anderen Teilbereichen hin.

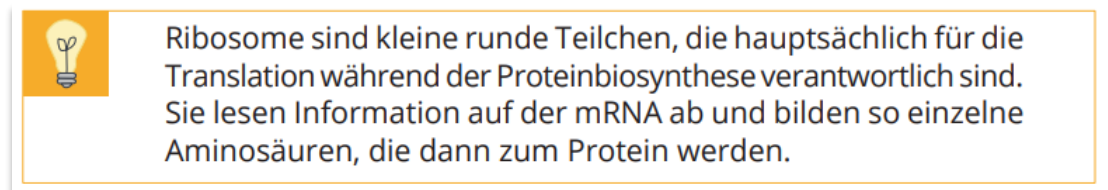


Abb.22: Beispiel für orangene Symbolkasten

Die Module zu den Zellorganellen besitzen aufgrund der Konsistenz und Übersichtlichkeit die gleiche Struktur. So beschreibt ein Modul zuerst das Aussehen des Zellorganells, bevor es die jeweiligen Funktionen erklärt. Die Analogien im Text sollen dabei helfen an Vorwissen und bekannte Sachverhalte zu knüpfen. Beispielsweise werden die Mitochondrien als Kraftwerke der Zelle bezeichnet und der Golgi-Apparat mit einer Verpackungsstation verglichen.

Die Beschriftungen der Grafik sind im Text ebenfalls blau und fett abgedruckt. Wichtige Fachbegriffe hingegen erhalten eine schwarze Markierung.

Das E-Learning schließt mit einer Lerncheckliste ab, die alle Lernziele nochmal auflistet.

4.5.2 Die AR-App

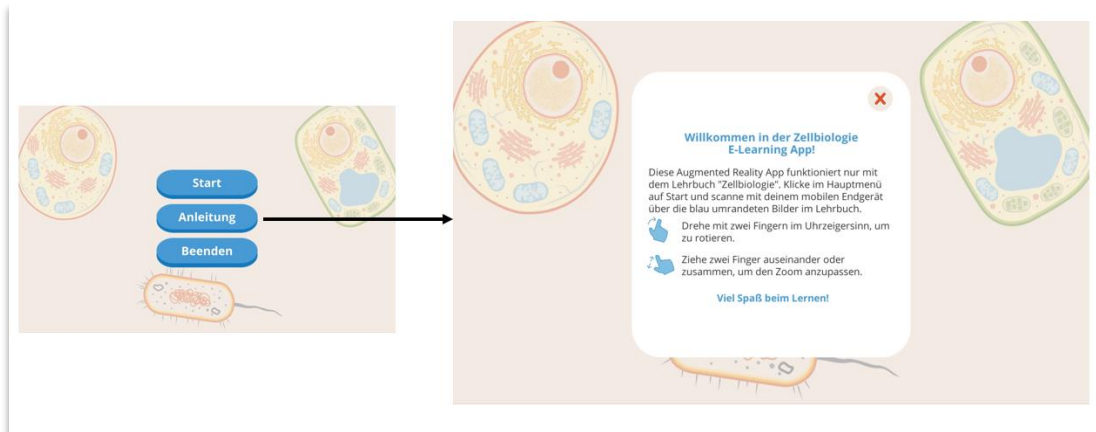


Abb.23: Hauptmenü und Anleitung der AR-App

Beim Starten der AR-App öffnet sich zuerst das Hauptmenü (siehe links Abb.23). Hier bietet sich die Möglichkeit das Scannen der AR-Marker zu starten, die Anleitung zur Bedienung der App zu lesen oder die Anwendung zu schließen.

Beim Klicken des Anleitung-Buttons öffnet sich ein kleines Panel. Die Nutzer erhalten hier den Hinweis, dass die AR-App nur in Verbindung mit dem Lehrbuch funktioniert. Um die Interaktionen zu starten, müssen Nutzer den Start-Button bestätigen und die Kamera über die blau umrandeten Bilder im Lehrbuch halten. Eine Erklärung, wie die Touch-Steuerung in der App funktioniert, ist ebenfalls in der Anleitung gegeben.

Im Rahmen dieser Arbeit soll eine Android-App entstehen, die auf allen mobilen Endgeräten funktioniert. Daher müssen die UI-Elemente (User-Interface-Elemente) ein responsives Verhalten aufweisen. Das Rendern von UI-Elementen verläuft normalerweise wie bei Grafiken. Das bedeutet, dass sie direkt auf dem Bildschirm abgebildet werden und dort eine feste Position besitzen. Unity unterstützt auch die Art von Rendering, in der UI-Elemente einen dreidimensionalen Bezugsraum besitzen und von einer Kamera

betrachtet werden. Dadurch hat das UI-Element keine feste Position auf dem Display und bewegt sich je nach Ausrichtung des Bildschirms. Die Art des Renderns erfolgt über die Canvas-Einstellungen, auf denen die UI-Elemente eingebettet sind (vgl. Unity Technologies 2020b). Für die vorliegende Arbeit ist die Einstellung so gewählt, dass die UI-Elemente sich je nach Bildschirmgröße, anhand der gesetzten Ankerpunkte skalieren. Außerdem besitzen sie eine feste Position auf dem Bildschirm.

Wie bereits beschrieben, beginnt das Scannen der AR-Marker nach dem Drücken auf den Start-Button. Bei Erkennung werden die entsprechenden 3D-Modelle direkt über der Grafik angezeigt.

Das Unity-Pakets „Lean Touch“ aus dem Asset Store ermöglicht dem Nutzer durch Touch-Steuerung die 3D-Modelle aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten. Dieses Paket stellt verschiedene C#-Skripte bereit. Durch Zuweisung der Skripte auf bestimmte Objekte werden beim Starten der Anwendung, die darin enthaltenen Befehle und Funktionen ausgeführt. So sind die App-Nutzer in der Lage die 3D-Objekte mit zwei Fingern zu skalieren und zu rotieren.

Einige Modelle haben neben der Touch-Steuerung keine weiteren Interaktionsmöglichkeiten (siehe Abb.24).

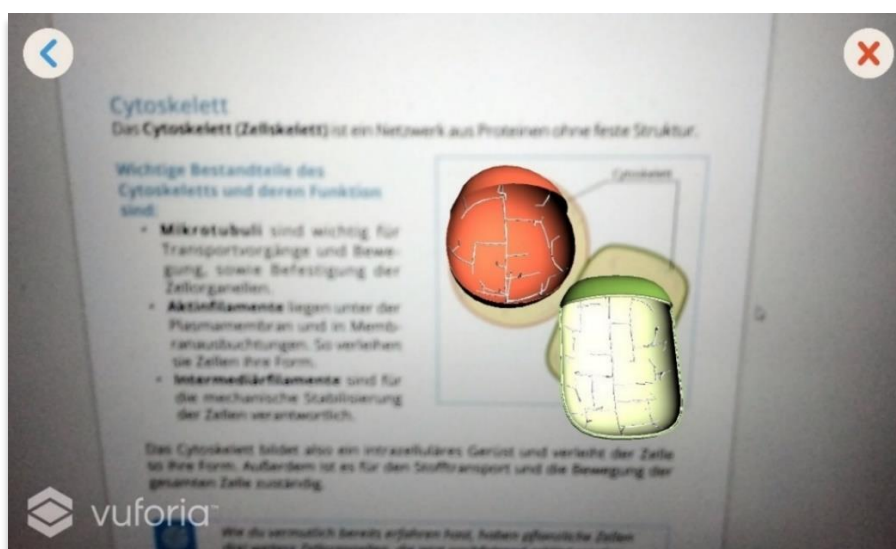


Abb.24: 3D-Modell des Cytoskeletts

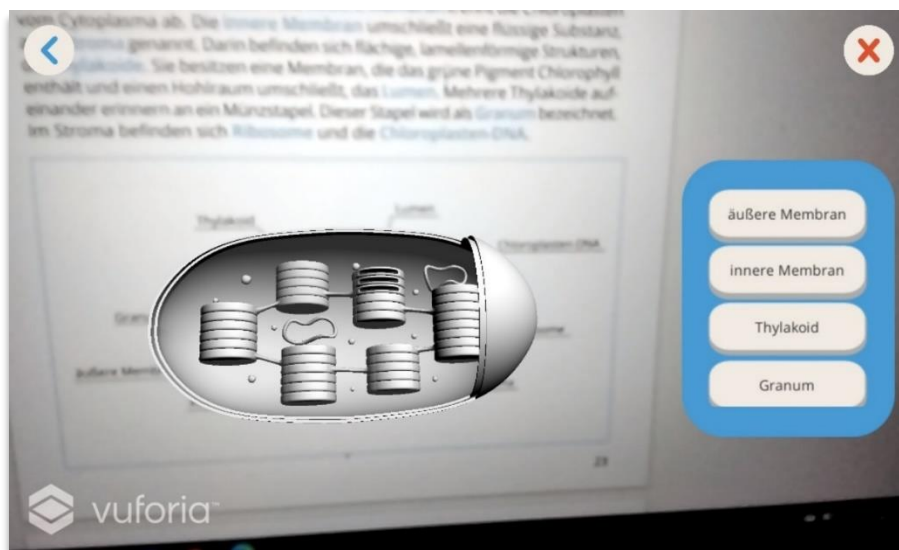


Abb.25: Chloroplast-Modell ohne Umfärbung

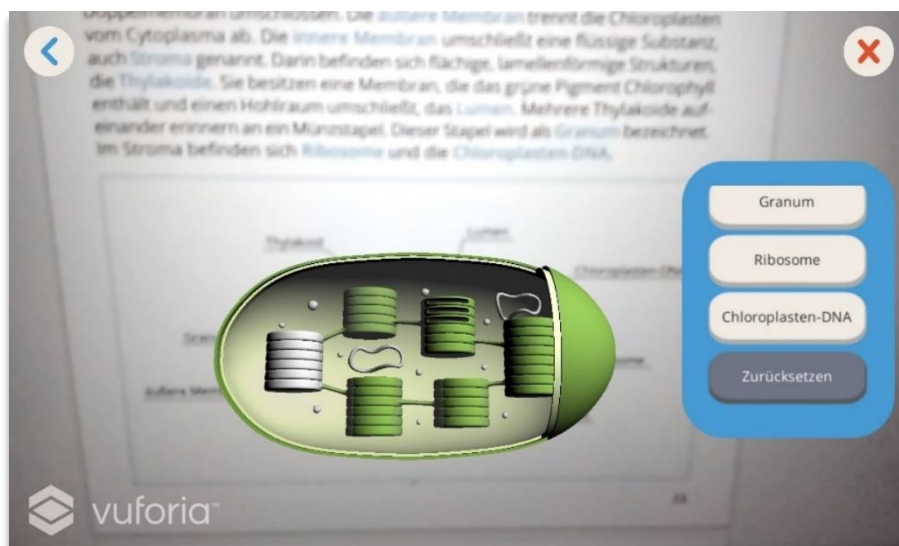


Abb.26: Chloroplast-Modell mit Umfärbung

Abbildung 25 beschreibt eine weitere umgesetzte Interaktionsmöglichkeit. Neben dem Chloroplast-Modell erscheint nach der Erkennung, ein scrollbares Panel mit Buttons. Das Modell selbst ist zunächst grau eingefärbt. Die Anzahl und die Benennung der Buttons richten sich nach den Bestandteilen des Chloroplasts. Jeder Button ist einem C#-Skript zugewiesen, womit das Drücken die zugehörige Funktion auslöst. Diese holt sich die definierten Material-Objekte aus dem Projektverzeichnis und tauscht diese mit dem

Default-Material aus. Dadurch werden die entsprechenden Komponenten des 3D-Modells eingefärbt. Am Ende des Panels befindet sich ein Zurücksetzen-Button. Dieser macht die Umfärbungen jederzeit rückgängig und der Nutzer kann die Interaktionen wieder von vorne beginnen (siehe Abb.26).

Tier- und Pflanzenzellen besitzen viele gemeinsame Zellorganellen. Pflanzenzellen verfügen aber über drei weitere Zellorganellen, die in Tierzellen nicht vorkommen. Um diesen Sachverhalt in der AR-App zu verdeutlichen, werden die Modelle der Tier- und Pflanzenzelle nebeneinander positioniert. Neben diesen Modellen erscheint ebenfalls ein scrollbares Panel mit verschiedenen Buttons (siehe Abb.27). Die Buttons aktivieren beim Klick den sogenannten Mesh Renderer der Zellorganellobjekte, um diese sichtbar zu machen. Das wiederholte Drücken des Buttons macht das Objekt wieder unsichtbar.

Wenn beispielsweise der Cytoskelett-Button gedrückt wird, erscheint dieses Zellorganell bei beiden Zellmodellen. Beim Klicken des Vakuole-Buttons erscheint das Zellorganell nur in der Pflanzenzelle, da Tierische keine besitzen (siehe Abb.28).



Abb.27: Tier- und Pflanzelle ohne Zellorganellen

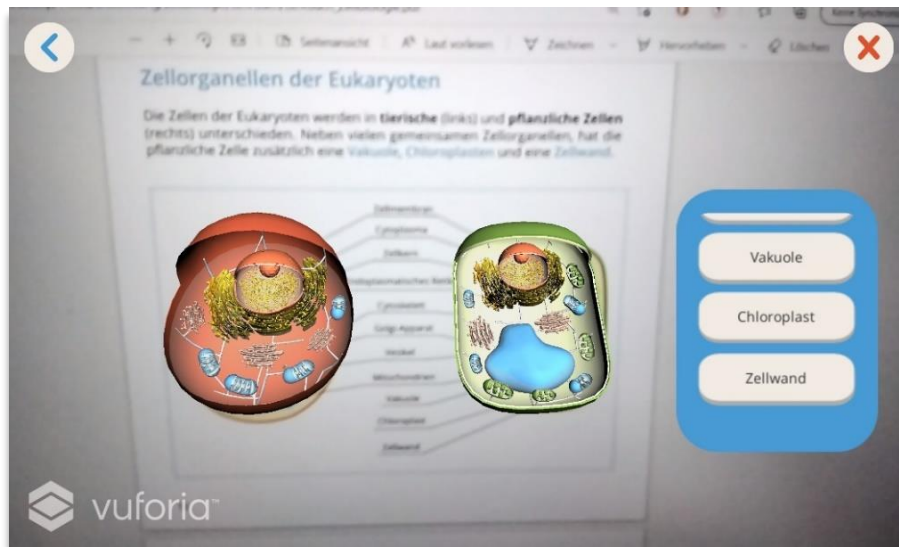


Abb.28: Tier- und Pflanzenzelle mit Zellorganellen

4.5.3 Komprimierung von 3D-Modellen

Die AR-App ist auf einem Amazon Fire Tablet (5.Generation), Amazon Fire HD 8, Samsung Galaxy Tab S7+, Samsung Tab A7 und Huawei MediaPad M3 getestet. Im Gegensatz zu den anderen Geräten, ist die Ausführung der App bei beiden Amazon Fire Tablets erfolglos.

Die Gegenüberstellung von Tier- und Pflanzenzellen auf einem Marker (siehe Abb.27 & 28) bereiten ebenfalls Probleme. Das Einblenden von allen Zellorganellen bewirkt das Einfrieren der Kamera. Dadurch können zwar alle Interaktion noch getätigt werden, aber das Scannen von weiteren AR-Marker ist nicht mehr möglich.

Die Komprimierung der 3D-Modelle in Blender soll die Leistung der App verbessern und dadurch dieses Problem lösen. In Blender lässt sich dazu der Decimate-Modifikator verwenden. Dieser reduziert mit minimalen Formänderungen die Anzahl der Vertices und somit auch die Polygone. Die Option „Collapse“ (siehe Abb.29) fügt mehrere Vertices unter Berücksichtigung der Form des Meshes zusammen. Bei einer Ratio von 1 werden alle Vertices beibehalten und bei 0 alle rausgelöscht (vgl. Blender 2021).

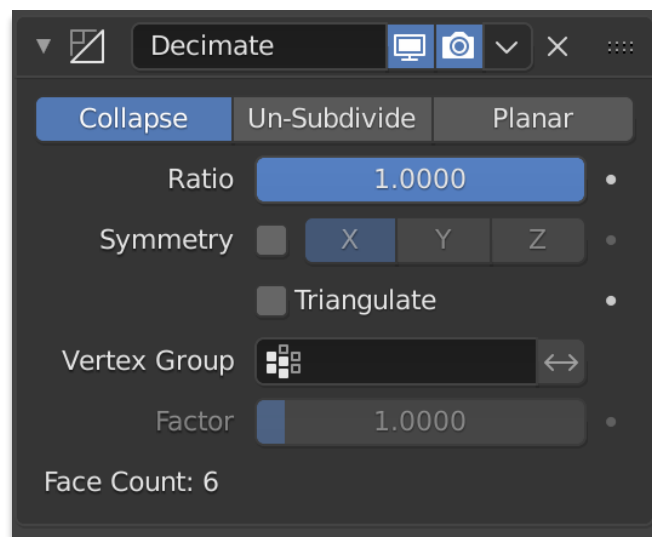


Abb.29: Decimate-Modifizier in der Option Collapse (Blender 2021)

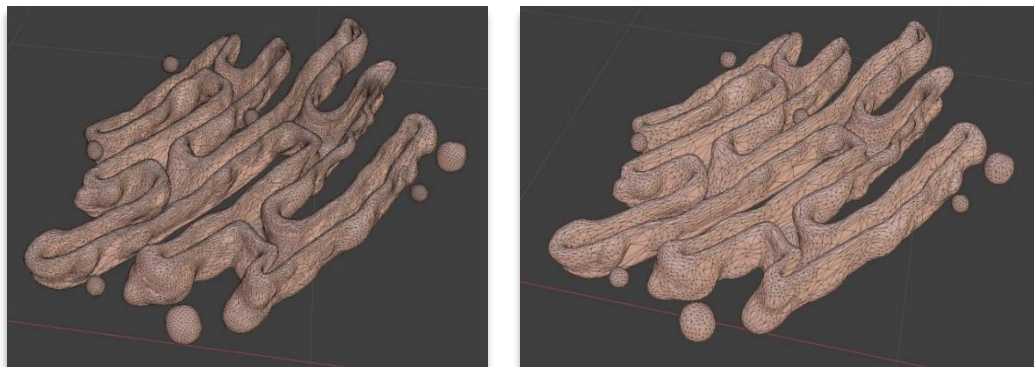


Abb.30: Golgi-Apparat-Modell vor der Anwendung des Decimate-Modifizier (links) vs. nach der Anwendung (rechts)

Abbildung 30 zeigt ein Vorher- und Nachher-Beispiel anhand des Golgi-Apparats. Für die Komprimierung wird eine Ratio zwischen 0,25-0,5 verwendet, um die Formänderung möglichst gering zu halten (siehe Abb.31).

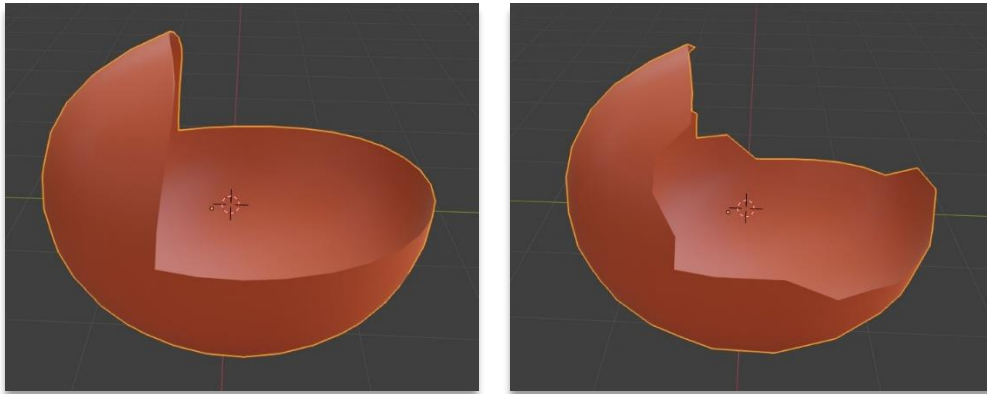


Abb.31: Beispiel für Formänderung durch Decimate-Modifier

Das Löschen von versteckten oder unsichtbaren Teilen im Objekt-Mesh soll die Anzahl der Polygone für die Leistungssteigerung weiterhin verringern. Die angewendeten Methoden bewirken insgesamt eine Reduktion der fbx.-Dateigröße von 758MB auf 208MB. Dadurch lassen sich alle Interaktionen auf dem Samsung Galaxy Tab S7+ ohne technische Schwierigkeiten bedienen. Das Einfrieren des Bildschirms bleibt aber auf dem Samsung Tab A7 und Huawei MediaPad M3 weiterhin bestehen.

5 Bewertung

Im folgenden Kapitel sollen die Ergebnisse der Implementierung mit den vordefinierten Funktionalitäten hinsichtlich der Erfüllung verglichen werden. Die Nutzerfreundlichkeit des E-Learnings und die Effektivität der Wissensvermittlung wird in einem Nutzer-Test erprobt. Die Ergebnisse dieser liefern weitere Informationen zur Bewertung des fertigen Produktes.

5.1 Erfüllung der Funktionalitäten

Die Tabellen 1-3 geben eine Übersicht über den Erfüllungsgrad der vordefinierten Funktionalitäten aus Kapitel 3.2.

Funktionalitäten der Module	Erfüllungsgrad
Lerninhalte werden kleinteilig in Module aufgeteilt.	erfüllt
Die Bearbeitung der Module kann möglichst non-sequenziell und unabhängig voneinander erfolgen.	erfüllt
Das Überspringen oder Abbrechen der Bearbeitung eines Moduls ist jederzeit möglich.	erfüllt
Zusammenhänge und Taxonomien zwischen den Modulen sind ersichtlich.	erfüllt
Module geben ihr Lernziel an.	erfüllt
Module definieren welche Vorkenntnisse zur Bearbeitung erforderlich sind.	nicht erfüllt

Tabelle 1: Erfüllung der Funktionalitäten der Module

Durch die Bildung von Modulen kann der Lernende je nach Wissensstand den Einstieg in das Thema wählen. Da sich die Module im Buch befinden, gibt es keine technischen Einschränkungen bezüglich der Bearbeitung. So ist das Überspringen oder Abbrechen der Module jederzeit möglich. Allerdings erfordert ein Wechsel zwischen den Modulen das Umblättern vieler Seiten, weshalb der Lernprozess ineffizienter verläuft. Das Speichern des Bearbeitungsstandes im E-Learning kann außerdem nur durch die Verwendung von Lesezeichen im Lehrbuch erfolgen. Falls Lernende die

Module non-sequenziell bearbeiten, haben sie weder in der App noch im Lehrbuch, die Möglichkeit einen Überblick über die bereits absolvierten oder noch zu bearbeitenden Module zu erhalten. Das Inhaltsverzeichnis des Lehrbuchs verweist durch Ober- und Unterkapitel auf die Taxonomien unter den Modulen. So bekommt der Leser schon zu Beginn einen Überblick über den Aufbau und die Gliederung des E-Learning und weiß dementsprechend, was zu erwarten ist oder wo welche Module zu finden sind. Die blauen Symbolkasten im Lehrbuch (siehe Abb.21) leiten nicht nur die Module über, sondern geben auch die Möglichkeit den Lernfortschritt zu reflektieren. Wie aus der Tabelle 1 hervorgeht, geben die Module nicht an, welche Vorkenntnisse oder Fähigkeiten zur Bearbeitung benötigt werden. Eine Einschätzungshilfe in der Einleitung des Buches empfiehlt hier den Einstieg je nach Kapitel und Unterkapitel beliebig zu wählen. Lernende, die kaum Vorwissen über die Zellbiologie besitzen, sollen jedoch die Anfangskapitel lesen.

Funktionalitäten zur Lernunterstützung	Erfüllungsgrad
Aufbau und Gliederung des E-Learnings ist ersichtlich.	erfüllt
Das zu vermittelnde Wissen knüpft an Vorwissen. Als Hilfe dient das Bilden von Analogien.	erfüllt
Verschiedene Medienformen werden zur Wissensvermittlung benutzt.	erfüllt
Lernziele des E-Learnings (Grobziele) dienen als Anregung zur Reflexion der Lernfortschritte.	erfüllt
Lernende erhalten eine Erklärung, wozu das erworbene Wissen benötigt wird und welche Kompetenzen daraus zu gewinnen sind.	erfüllt
Hinweise auf Zusammenhänge zwischen anderen Fachbereichen werden hervorgehoben.	erfüllt
Lernende erhalten Anerkennung in Form von Lob, wenn bestimmte Lernziele erreicht worden sind.	nicht erfüllt

Tabelle 2: Erfüllung der Funktionalitäten zur Lernunterstützung

Die Anregung zur Tiefenverarbeitung, sowie die Unterstützung der Transferkompetenzen, wurden, wie aus Tabelle 2 ersichtlich, durch Hinweise auf Zusammenhänge und das Bilden von Analogien umgesetzt. Im Buch sind die Grafiken mit Beschriftungen der einzelnen Komponenten einer Zelle oder Zellorganellen versehen. Mithilfe der App können die Komponenten ebenfalls durch die angebotenen Interaktionen erlernt werden. Diese Umsetzung regt die Wiederholungsstrategie an, welche zusätzlich die Tiefenverarbeitung unterstützen. Ob die umgesetzten Anregungen zur Tiefenverarbeitung Wirkung tragen, muss durch eine Wissensabfrage überprüft werden. Lernende können außerdem ihr Wissen mithilfe der Lerncheckliste am Ende des Lehrbuchs abgleichen. So erhalten sie die Anregung, Selbstkontrolle auszuüben und ihr Lernergebnis zu bewerten. Um die Motivation der Lernenden zu steigern, sollen sie Anerkennung in Form von Lob erhalten. Diese Funktionalität (siehe Tabelle 1) wurde nicht umgesetzt, da sich im Buch nicht messen lässt, ob ein Lernender ein Modul erfolgreich abgeschlossen hat. Die Vermutung ist, dass die Interaktionen in der AR-App die Motivation anregen und somit die Selbstregulierung stärken.

Funktionalitäten zur Bedienung des E-Learnings	Erfüllungsgrad
Lernende können mit den Inhalten des E-Learnings interagieren.	erfüllt
Anleitungen und Hinweise zur korrekten Anwendung sollen vorhanden sein.	erfüllt
Aufgaben und Fragestellungen sind möglichst präzise und haben keine Interpretationsmöglichkeiten.	erfüllt
E-Learning kann so oft wiederholt werden, wie Lernende es für notwendig halten.	erfüllt

Tabelle 3: Erfüllung der Funktionalitäten zur Bedienung des E-Learnings

Da die AR-App nur mit dem Lehrbuch funktioniert und dieses Wissen nicht bei jedem Teilnehmer vorausgesetzt werden kann, wurde bei beiden eine Anleitung gegeben. Weder im Lehrbuch noch in der AR-App gibt es Einschränkungen bezüglich der Wiederholung der Module.

5.2 Test an der Zielgruppe

Um weitere Informationen zur Bewertung der Ergebnisse zu erhalten, soll ein Nutzer-Test mit zwei Testpersonen aus der Zielgruppe durchgeführt werden. Beide Probanden sind Schüler an einem allgemeinbildenden Gymnasium und belegen Biologiekurse. Beim Test wurden Meinungsfragen, Anweisungen zur Bedienung des E-Learnings und Wissensabfragen gestellt. Im Anhang können diese und die Antworten im Detail eingesehen werden.

Der Nutzer-Test soll folgende Fragen klären:

- Hilft das E-Learning den Lernenden ihre Lernziele zu erreichen?
- Werden durch die umgesetzten Funktionalitäten die Tiefenverarbeitung und die Transferkompetenzen angeregt?
- Verstehen Nutzer die Zusammenhänge unter den Modulen?
- Können Nutzer je nach Lernbedürfnis unterschiedliche Lernwege einschlagen?
- Welche Faktoren im E-Learning regen die Motivation an?
- Welche Funktionalitäten empfinden Lernende als förderlich und welche als störend im Hinblick auf ihre Lernprozesse?
- Wie bewerten Nutzer die Verwendung von AR zur Wissensvermittlung?

5.2.1 Ergebnisse des Nutzer-Tests – Proband 1

Die erste Testperson ist 16 Jahre alt, männlich und befindet sich in der Oberstufe im Jahrgang 1. Das Fach Biologie belegt er nicht als Leistungskurs, sondern jede Woche als zweistündigen Kurs. Dementsprechend wird er hier keine Abiturprüfung schreiben. Die Testperson besitzt durch den Biologiekurs schon Vorkenntnisse in der Zellbiologie. Allerdings kann er nicht mehr erklären, wie prokaryotische und eukaryotische Zellen genau aufgebaut sind und welche Funktionen deren Zellorganellen besitzen. Außerdem kennt der Proband den Begriff Augmented Reality nicht, hat aber schon im Rahmen des Spiels Pokémon Go einige Berührungspunkte damit gehabt.

Beim Nutzer-Test wurde das Lehrbuch als positiv wahrgenommen. Der Proband findet den Aufbau und die Gliederung der Lerninhalte übersichtlich.

Hilfreich waren nach seiner Ansicht auch die Lerncheckliste, da sie ihm eine Zusammenfassung über die Lernziele gebe. Neben der Lerncheckliste wurden auch die Symbolkasten gelobt. Der Proband ist der Meinung, dass die blauen Symbolkasten, die Zusammenhänge der Module übersichtlich darstellen. Außerdem kann er durch diese erkennen, was er in einem Modul gelernt haben soll und was ihn als nächstes erwartet. Bezüglich der Lernprozesse wurden die blauen Symbolkasten vor allem als motivierend empfunden. Die orangenen Symbolkasten bieten laut der Testperson eine gute Hervorhebung von wichtigen Fakten, die ihm bei der Klausurvorbereitung behilflich sein könnten. Beim Nutzer-Test wurde die Einleitung des Buches vom Probanden nicht beachtet. Auf eine Zwischenfrage, warum er diese ausgelassen hat, war seine Antwort, dass dieses Kapitel dem Vorwort eines Buches ähnele, welches er als irrelevant empfindet. Beim anschließenden Durchlesen der Einleitung fiel ihm auf, dass in diesem Kapitel die AR-App erwähnt wird. Er meinte, dass diese Information vermutlich vorbeigegangen wäre und er so nie die App installiert hätte. Damit seine Aufmerksamkeit darauf gelenkt wird, schlägt der Proband hier eine stärkere Hervorhebung vor.

Wie das Lernen mit dem E-Learning erfolgt, wurde anhand der Bearbeitung von einzelnen Modulen und Modulabschnitten erprobt. So musste der Proband zuerst nur den Text zu den Mitochondrien durchlesen, um anschließend einige Wissensfragen zu beantworten. Der Proband bekam davor den Hinweis, dass die Informationen möglichst tiefgehend verstanden werden soll. Für die Bearbeitung war kein Zeitrahmen definiert. Eine gestellte Frage erforderte die Transferkompetenz des Probanden, da er das Wissen um die Funktion mit den äußerlichen Merkmalen des Mitochondriums verknüpfen muss. Der Proband beantwortete alle Fragen korrekt. So verwendete er in seinen Antworten ebenfalls die im Buch verwendeten Analogien und kann die Zusammenhänge darlegen. Als Lernhilfe gab er die orangenen Symbolkasten an, die wie gewünscht, die Transferleistung unterstützen sollen. Des Weiteren wurde der Proband gebeten, sich das 3D-Modell eines Mitochondriums anzuschauen, um anschließend eine Skizze mit Beschriftung anzufertigen. Auch diese Aufgabe konnte die Testperson erfolgreich lösen. Dabei merkt er an, dass ihm

die Umsetzung mit den Einfärbungen der Komponenten über die Buttons gefielen. Diese würden ihm mehr Spaß bereiten, als nur die Grafik anzuschauen. Die letzte Lernfrage bezog sich auf die unterschiedlichen Zellorganellen der Tier- und Pflanzenzellen. Um diese zu lösen, sollte die Testperson nur die 3D-Modelle anschauen. Hierbei merkte der Proband an, dass er die Antwort schneller, über das Betrachten der Grafik hätte geben können.

Die AR-App stieß beim Probanden auf wenig Begeisterung und Akzeptanz. Bemängelt wurden zum einen die technischen Schwierigkeiten, wie das lange Laden von den virtuellen Objekten, die Verwicklungen und das Einfrieren des Bildschirms. Zum anderen kritisierte der Proband die Gestaltung von einigen Funktionalitäten. So seien laut ihm die Rotation über die Touch-Steuerung nicht gleich verständlich. Außerdem hätte er lieber nur über einen Button, die Komponenten, durch abwechselndes Klicken, ein- und zurückgefärbt. Als störend empfand er auch die Schattierungen auf den Modellen. Die AR-App sei laut der Testperson keine Bereicherung für die Klausurvorbereitung. Da in der Schule die Prüfungen vor allem in schriftlicher Form erbracht werden, sind die textuellen Inhalte, sowie die grafischen Darstellungen, zum Lernen völlig ausreichend. Falls in der Klausur eine Skizze gefordert ist, so würde er diese Aufgabe eher mithilfe der Grafiken im Buch lösen können. Der Proband findet das Wechseln zwischen der App und Lehrbuch als umständlich. Zudem bietet das Scannen der Marker nicht die Möglichkeit, den Lehrbuchtext mit den 3D-Modellen zu vergleichen, da die Anzeige den Text verdecken. Die Verteilung der Lerninhalte auf unterschiedliche Medien bewertet der Proband als anstrengend. In einer Zwischenfrage, ob der Text und die 3D-Modelle sich in der App vereinigen sollen, gab der Proband zu, dass ihm diese Lösung besser gefallen würde. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die AR-App für die Testperson nicht zu einem effizienten Lernprozess beitragen, vor allem in Hinblick auf die Klausurvorbereitung. Der Proband meinte trotzdem, dass die AR-App unabhängig vom Lehrbuch durch die bereitgestellten Interaktionen und das Scannen der Marker, den Lernspaß und die Motivation steigern. Auch die angezeigten 3D-Modelle würden laut dem Probanden, im Gegensatz zu

den 2D-Grafiken eine bessere Visualisierung bieten und zur Abwechslung im Lerngeschehen beitragen.

5.2.2 Ergebnisse des Nutzer-Tests – Proband 2

Die zweite Testperson ist 17 Jahre alt, weiblich und besucht ebenfalls die Oberstufe im Jahrgang 1. Sie hat Biologie als Leistungskurs gewählt, weshalb sie auch die Abiturprüfung in Biologie ablegen wird. Die Testperson hat schon im Kurs das Thema Zellbiologie behandelt, aber kann sich nicht mehr an allen Details, wie die Funktionen von einzelnen Zellorganellen erinnern. Da sie eine Begeisterung für Technik aufweist, kann die Probandin erklären, was AR ist. Allerdings kennt sie den Begriff markerbasiertes AR nicht.

Beim Lehrbuch wurde die Strukturierung, das Text-Bild-Verhältnis und die Verständlichkeit der Texte von der Testperson als positiv bewertet. Sie findet das Lehrbuch sei eine gute Möglichkeit das Wissen aus der Schule zu vertiefen und ist zusätzlich vom Umfang überrascht. Außerdem wurden die Lerncheckliste und die blauen Symbolkasten als hilfreich empfunden, da sie laut der Probandin eine Hilfe zur Lernfortschritts- und Selbstkontrolle darstellen. Somit würde sie anhand von diesen Lernhilfen überprüfen können, welches Thema sie noch nicht verstanden hat. Die orangenen Symbolkasten wurden von der Probandin auch als positiv wahrgenommen. Anfangs verstand die Testperson nicht, warum genau diese Fakten hervorgehoben wurden. Ihrer Meinung nach seien alle Informationen im Buch wichtig für die Prüfungen. Nach einem Blick auf die Einleitung versteht die Probandin, dass diese Fakten die Transferleistung unterstützen sollen. So wurde das Lehrbuch hinsichtlich der Prüfungsvorbereitung als hilfreich bewertet. Zu Beginn des Nutzer-Tests übersprang die Probandin, wie die vorige Testperson, ebenfalls die Einleitung. Auf eine Zwischenfrage, was der Grund dafür sei, antwortete die Probandin, dass sie das Vorwort eines Buches immer als unnötig empfinden würde. Sie ergänzt, dass sie dadurch vermutlich nur noch aus dem Lehrbuch lernen würde.

Fragen und Anweisung zum Lernen mit dem E-Learning, wurden wie bei der vorigen Testperson gehandhabt. Auch hier beantwortete die Probandin alle

Fragen richtig. Bei der Frage nach der Funktion von Mitochondrien verwendete sie eine Analogie aus dem Lehrbuch. Dabei merkt sie an, dass sie den Vergleich von der Funktion mit den Kraftwerken sehr anschaulich findet und ihr dieser auch schon aus dem Unterricht bekannt sei. Sie war auch in der Lage die nötige Transferkompetenz aufzubringen, um die Funktion der Mitochondrien mit dessen Aussehen zu knüpfen. Die Aufgabe, indem mithilfe des 3D-Modells eine Skizze des Mitochondriums angefertigt werden sollte, löste die Probandin ebenfalls korrekt. Bei der letzten Aufgabe merkte die Probandin an, dass sie die Antwort viel schneller über die Grafik hätte geben können. Allerdings gefiel ihr die Gegenüberstellung der Tier- und Pflanzenzelle und die gebotene Interaktion. Motivationsaspekte des E-Learnings sind für die Probandin vor allem die Interaktionen in der AR-App, das Text-Bild-Verhältnis und die Verständlichkeit sowie Übersichtlichkeit des Lehrbuchs.

Die AR-App löste bei der Probandin eine Begeisterung aus. Sie empfand die Interaktionen als sehr positiv, da sie sich dadurch spielerisch in ein Thema einarbeiten konnte. Neben dem erhöhten Lernspaß ermöglichen die 3D-Modelle, laut Probandin, auch eine bessere Visualisierung. Als Beispiel bringt sie den Golgi-Apparat an, dessen Hohlräume sie sich mithilfe vom 3D-Modell besser vorstellen kann. Die Probandin findet die Gegenüberstellung der Tier- und Pflanzenzellmodelle in der AR-App effektiv und betrachtet beim Test die einzelnen Zellorganellen intensiv. Im Gegensatz zum ersten Probanden fand die Probandin die Schattierungen auf den 3D-Modellen gelungen, da diese die Modelle viel realistischer inszenieren. Beim Nutzer-Test traten hier auch einige technische Schwierigkeiten auf. So wurden manche Marker von der Anwendung nicht erkannt oder die Erkennung dauerte länger. Bei technischen Schwierigkeiten erwies sich die Probandin als geduldig und verständnisvoll. Auch wusste sie, wie die technischen Schwierigkeiten handzuhaben sind. Beispielsweise wurde beim Nutzer-Test das Cytoskelett-Modell nicht registriert. Daraufhin begann die Probandin die Kamera hin und her zu bewegen oder diese näher an die Marker zu halten. Als diese Versuche vergeblich waren, startete sie die App neu. Die Probandin merkte dabei an, dass sie aufgrund ihrer Technikaffinität viel Verständnis für solche

Schwierigkeiten aufbringen könne. Aber sie vermutet, dass Menschen, die nicht so eine Begeisterung für Technik aufweisen, eine Abneigung für die App entwickeln könnten. Bemängelt wurden, wie bei Proband 1, den Zurücksetzen-Button, um die Farbe der Modellbestandteile in den Ursprungszustand zu versetzen. Hier hätte die Probandin gerne nur über einen Button, die Komponenten abwechselnd ein- und zurückgefärbt. Laut der Testperson könnte das Lehrbuch bei ihren Lernaktivitäten in den Hintergrund geraten. Denn die AR-App würde bei ihr eher den Lernspaß garantieren. Die Probandin wurde zu ihrer Meinung gefragt, ob die AR-App für sie eine geeignete Form der Prüfungsvorbereitung darstellt, obwohl Klausuren in der Schule meistens auf Papier erbracht werden. Als Antwort verneint sie mit der Begründung, dass die AR-App durch die Verwendung von 3D-Modellen zur besseren Verinnerlichung der Themen beiträgt. Eine andere Zwischenfrage zielt darauf ab herauszufinden, was die Haltung der Probandin bezüglich der Vereinigung von Lehrbuchtext und 3D-Modellen in einer App sei. Ihre Antwort darauf war, dass sie die App zu überladen finden würde, da sie sich auf viele verschiedene Dinge konzentrieren müsste. Sie betont vor allem, dass der Nutzer-Test auf einem etwa 12 Zoll großen Bildschirm durchgeführt wurde. Bei der Bedienung der AR-App auf einem kleinen Display, wäre die Einblendung eines Textes zu viel.

5.2.3 Zusammenführung der Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt sollen die Fragen zu Beginn des Kapitel 5.2 nochmal aufgegriffen und beantwortet werden.

Hilft das E-Learning den Lernenden ihre Lernziele zu erreichen?

Während des Nutzer-Tests erhielten die Testpersonen nur Aufgabenstellungen zum Modul Mitochondrien und zum Modulabschnitt Eukaryoten. So bekamen sie die Lernziele gestellt. Beide Testpersonen konnten die Fragen und Anweisungen erfolgreich beantworten. Dieses Ergebnis zeigt, dass Lernende mit dem Lehrbuch oder der AR-App gestellte Lernziele erreichen können. Auch während der Bearbeitung der Module oder des gesamten Nutzer-Test kamen keine inhaltlichen Verständnisfragen auf.

Ob das E-Learning den Lernenden dabei hilft alle Lernziele aus Kapitel 4.1 zu erreichen, muss durch eine umfangreichere und längere Wissensabfrage erprobt werden.

Wurden durch die umgesetzten Funktionalitäten die Tiefenverarbeitung und die Transferkompetenzen angeregt?

Die Probanden haben durch die Bearbeitung des Moduls Mitochondrien bewiesen, dass sie aus dem Lehrbuchtext die Zusammenhänge zwischen der Funktion und dem Aussehen eines Mitochondriums herausarbeiten können. Das bedeutet, dass die Testpersonen die gewünschte Transferleistung erbracht haben. Alle Probanden erwähnten in ihren Antworten den Vergleich zu den Kraftwerken. Proband 1 merkte an, dass er die Fragen mithilfe der orangenen Symbolkasten beantwortet habe. Die Ergebnisse zeigen, dass die geplanten Strategien zur Anregung der Tiefenverarbeitung und der Transferleistung verwendet wurden. Auch hier können umfangreichere Wissensabfragen mehr Informationen über das Verständnis der ganzen Thematik liefern.

Verstehen Nutzer die Zusammenhänge unter den Modulen?

Beide Probanden haben zu Beginn des Nutzer-Test als erstes das Inhaltsverzeichnis betrachtet. Proband 1 meint, ihm sei der rote Faden vor allem durch das Lesen der blauen Symbolkasten bewusst geworden. Die zweite Testperson fand die Strukturierung des Buches ebenfalls übersichtlich. Außerdem waren beiden Probanden die Themenbereiche schon bekannt, auch wenn manche Informationen noch nicht komplett verinnerlicht worden sind.

Können Nutzer je nach Lernbedürfnis unterschiedliche Lernwege einschlagen?

Während des Nutzer-Tests mussten die Probanden jeweils beschreiben, wie sie den Aufbau von Prokaryoten erlernen würden. Beide Probanden suchten im Inhaltsverzeichnis die Seitenzahl des Kapitels. Proband 1 hätte sich nur die Grafik angeschaut und mit dieser gelernt, da die Vorgehensweise für ihn effizienter ist. Die Proband 2 hingegen würde lieber zur AR-App greifen, da sie

sich durch die Interaktionen die Bestandteile besser merken kann. Aus dieser Herangehensweise geht hervor, dass die Testpersonen jeweils unterschiedliche Lernpräferenzen und Grundhaltungen gegenüber den Medienformen aufweisen. Dennoch bietet das E-Learning verschiedene Zugänge zum Lerngegenstand und beide erreichen die vorgegebenen Ziele. Außerdem zeigt das Ergebnis, dass die Probanden die Struktur des Buches verstehen und sich durch die Kapitel navigieren können.

Welche Faktoren im E-Learning regen die Motivation an?

Obwohl Lernende im E-Learning keine Anerkennung in Form von Lob erhalten haben, wurden einige Punkte als motivationale Anregung angegeben. Solche Faktoren sind laut Probanden, die Symbolkasten, Grafiken, die Interaktionen mit den 3D-Modellen, die Verständlichkeit der Texte und Übersichtlichkeit des Lehrbuches.

Welche Funktionalitäten empfinden Lernende als förderlich und welche als störend im Hinblick auf ihre Lernprozesse?

Die Symbolkasten und die Lerncheckliste wurden von beiden Probanden als hilfreich bewertet. Außerdem haben sie erkannt, dass diese zur Lernfortschritts- und Selbstkontrolle dienen. Die Probandin fand die bessere Visualisierung durch die 3D-Modelle und die Interaktionen als optimale Unterstützung, um die gezeigten Sachverhalte tiefgehend zu verinnerlichen. Als störend wurden vor allem die technischen Schwierigkeiten und einige nicht intuitiven Features wie den Zurücksetzen-Button oder die Touch-Rotation genannt. Diese Kriterien führen dazu, dass die Nutzerfreundlichkeit darunter leidet und die Bedienung erschwert wird. Außerdem verlangsamen sie Lernprozesse und können die Motivation beim Lernen verringern.

Wie bewerten Nutzer die Verwendung von AR zur Wissensvermittlung?

Proband 1 führte den Nutzer-Test mit dem Samsung Tab A7 – Tablet durch. Dieser war weniger leistungsstark als das Samsung Galaxy Tab S7+ - Tablet, mit welchem die andere Testperson den Nutzer-Test bearbeitet hatte. Aus diesem Grund sind bei Proband 1 während des Nutzer-Tests mehr technische Schwierigkeiten aufgetreten. Proband 2 konnte mit den wenigeren

aufgetretenen, technischen Problemen gut umgehen und war aufgrund ihrer Technikaffinität verständnisvoller. Durch ihre Technikbegeisterung und ihre Präferenz spielerisch zu lernen, zog sie die AR-App dem Lehrbuch vor. Anders als bei Proband 1, der lieber aus dem Lehrbuch lernte. Das Wechseln zwischen der Nutzung des Lehrbuchs und der AR-App war für ihn umständlich und ineffizient. Proband 1 hält die Nutzung der AR-App zur Klausurvorbereitung als überflüssig, da diese in schriftlicher Form stattfinden. Im Gegensatz dazu, fand die Probandin die Tiefenverarbeitung durch die Interaktionen in der AR-App effektiver und motivierender. Das Wechseln zwischen den verschiedenen Medien empfindet sie als nicht störend. Während Proband 1 es akzeptabel findet, den Text und die 3D-Modelle in einer App zu vereinen, lehnt Proband 2 diesen Vorschlag aufgrund der kognitiven Überladung ab. Dennoch waren sich beide einig, dass die AR-App zu einem größeren Lernspaß beitragen und die 3D-Modelle mehr Abwechslung ins Lerngeschehen bringen. Die unterschiedlichen Präferenzen können auch daher rühren, dass die Nutzer-Tests auf unterschiedlich leistungsstarken Tablets durchgeführt wurden. Die Technikaffinität kann vermutlich auch die Geduld und die Akzeptanz bei technischen Schwierigkeiten beeinflussen. Neben diesen Faktoren spielen auch die Grundhaltung zum Lerngegenstand sowie die Intention beim Lernen eine Rolle. Da Proband 1 nur jede Woche für zwei Stunden den Biologiekurs besucht, will dieser möglicherweise nur die Klausuren schnell bestehen. Proband 2 muss aber die Abiturprüfung in Biologie absolvieren und zielt daher auf ein nachhaltiges Lernen ab.

5.3 Erkenntnisse zur Wissensvermittlung mit AR

Zur Darstellung von komplexen und realitätsnahen 3D-Modellen ist eine hohe Rechenleistung der Hardware notwendig. Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass nur neuere Geräte, wie das Samsung Galaxy Tab S7+, diese aufbringen können, um die 3D-Modelle ohne technische Schwierigkeiten anzuzeigen. Möglicherweise lassen sich durch weitgehende Anpassungen der Software und Komprimierung der Modelle die technischen Probleme beseitigen. Allerdings erfordert dies mehr Zeit und Aufwand als im Rahmen dieser Arbeit

möglich. Letztendlich kann dadurch nicht garantiert werden, dass keine Verluste, wie zum Beispiel im Detailgrad der Modelle, entstehen.

Durch die Nutzer-Tests konnte herausgefunden werden, dass AR die Lernfreude und Motivation durch explorative Elemente und spielerische Interaktionen steigert. Somit regt AR den Einsatz von affektiven Strategien an und unterstützt so die Selbstregulierung beim Lernen. Die angezeigten 3D-Modelle führen außerdem dazu, dass Dinge durch eine bessere Visualisierung eingepägt werden können. Die Nutzerfreundlichkeit der Anwendung kann das Interesse an AR und den Lernspaß beeinträchtigen. So spielen die Umsetzung der UI, sowie die Qualität der angebotenen Funktionalitäten, ebenfalls eine ausschlaggebende Rolle. Wenn Nutzer aufgrund der Umsetzung, die Bedienung der App nicht verstehen, können sie ihre Lernziele ineffizienter erreichen. Außerdem werden Nutzer dadurch von der Verwendung von AR-Anwendung abgeschreckt. Ein weiterer Punkt beim E-Learning, der die Effizienz der Lernprozesse beeinträchtigt, ist das Wechseln zwischen dem Lehrbuch und der AR-App. Eine Befragung der Probanden ergab jedoch Widersprüche. Während ein Proband die Texte im Lehrbuch mit den 3D-Modellen in der AR-App gebündelt hätte, ist ein anderer Proband von dieser Idee abgeneigt. Die Befürchtung sei hierbei eine kognitive Überladung. Um rauszufinden, ob die Vereinigung von Text und 3D-Modellen in einer App tatsächlich zu einer Überladung führen, müssen Tests diesbezüglich durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der Nutzer-Tests zeigen, dass die Prüfungsform ebenfalls im Unterrichtsszenario eine entscheidende Rolle spielen. So würde Proband 1 die AR-App aufgrund der schriftlichen Klausur nicht verwenden. An dieser Stelle soll der Begriff „Constructive Alignment“ eingeführt werden. Dieser besagt, dass die Prüfungsform zur Ermittlung, ob bestimmte Kompetenzen angeeignet wurden, den eingesetzten Lernmethoden entsprechen müssen (vgl. Kergel und Heidkamp-Kergel 2020:26f). Folglich soll bei Verwendung der AR-App im Unterricht, passend dazu die Prüfung digital verlaufen und beispielsweise 3D-Modelle zur Wissensabfrage verwenden.

5.4 Ausbaubarkeit der App

Im Rahmen dieser Arbeit wurde nur eine Untersuchung der ersten Version des E-Learnings durchgeführt. Die Resultate der Nutzer-Tests zeigen, dass einige Kriterien im E-Learning einen Verbesserungsbedarf aufweisen.

Für die nächste Version sollte der Zurücksetzen-Button abgeschafft werden. Folglich erfolgen die Einfärbungen der Bestandteile von Modellen und das Zurücksetzen dieser Interaktion über denselben Button. Ebenfalls verbesserungsbedürftig ist die Touch-Rotation, welche viel intuitiver sein sollte. Methoden und Strategien können herausgearbeitet werden, damit Nutzer die wichtigen Informationen im Anfangskapitel des Lehrbuches nicht überspringen. Dadurch übersehen Lernende die Hinweise zur Verwendung der AR-App nicht. Um den Wechsel zwischen Lehrbuch und AR-App zu beseitigen und dadurch den Lernprozess effizienter zu gestalten, können die Texte mit in die App aufgenommen werden. Da die 3D-Modelle und die Grafiken im Buch den gleichen Sachverhalt erklären, stellt sich hier die Frage wie die Umgestaltung der Marker aussehen soll. Eine andere Option wäre die Verwendung von markerlosem AR. So werden nicht die Grafiken zur Berechnung der Position von virtuellen Objekten verwendet, sondern die Merkmale der Umgebung. Hier können weitere Forschungen ansetzen und erproben, wie die Zusammenführung von Lehrbuchtext und 3D-Modell in einer AR-App aussehen soll oder ob diese zu einer kognitiven Überladung führt.

Des Weiteren bietet die vorläufige Version des E-Learnings keine Möglichkeit das erworbene Wissen, beispielsweise durch ein Quiz, eigenständig abzufragen.

Auch beschäftigt sich die vorliegende Arbeit nicht mit den sprachlichen Einflüssen bei der Wissensvermittlung. Auch hier können weitere Forschungen anknüpfen, um beispielsweise die Relevanz einer standardisierten Terminologie oder Sprache zu untersuchen.

6 Fazit

Der Einsatz von digitalen Medien in der Wissensvermittlung eröffnet neue Chancen für die Lernerautonomie. Individuen können nach konstruktivistischen und konnektivistischen Ansätzen selbst entscheiden, wie und wo sie sich ihr Wissen aneignen wollen. Das Unterrichtsszenario des fertigen E-Learnings basiert auf solchen Ansätzen. Damit unterstützt es das individuelle, autonome und selbstgesteuerte Lernen. Diese Lernformen basieren auf einem lernerzentrierten Konzept und geht hinsichtlich der optimalen Wissensvermittlung auf die unterschiedlichen Lernbedürfnisse ein. Hier setzt das fertige E-Learning an und versucht durch die Aufteilung der Lerninhalte in Module und die Gestaltung dieser, verschiedene Zugänge zum Lerngegenstand zu bieten. Dadurch haben Lernende die größtmögliche Freiheit, je nach Vorwissen und Lerntempo, selbst über ihre Lernwege zu entscheiden. Neben der Rücksichtnahme auf die Vielfalt unter den Teilnehmern, unterstützt das E-Learning auch die Informationsverarbeitung, die Überwachung der Lernprozesse und die Selbstregulierung durch die Anregung von verschiedenen Lernstrategien. So sind die Hinweise auf Zusammenhänge und das Knüpfen an Vorwissen durch Analogien eine Strategie, um die Tiefenverarbeitung von Informationen zu gewährleisten. Damit Lernende ihren Lernfortschritt beobachten, wurden beispielsweise durch die Beschreibung der Lernziele, Möglichkeiten zur Selbstkontrolle und Selbstreflexion gegeben. Neben der Überwachung der Lernprozesse hat auch die Selbstregulierung einen entscheidenden Einfluss auf die Lernwirksamkeit. Hier hilft das E-Learning die Motivation auszulösen, damit Lernaktivitäten initiiert und durchgeführt werden.

Dabei spielt die Verwendung von AR eine entscheidende Rolle. Durch die Entwicklung der AR-E-Learning-App und die durchgeführten Tests konnten die recherchierten Vorteile von AR bestätigt werden. So hilft AR durch die Verwendung von 3D-Modellen und die Interaktionen, die positiven Lernemotionen auszulösen. Außerdem ermöglichen sie im Gegensatz zu den Grafiken und Texten eine bessere Visualisierung, da sie einen räumlichen

Bezug herstellen. So zeigen sie nicht nur, wie das Innenleben eines Objektes aussieht, sondern ermöglichen zusätzlich die eingehende Betrachtung von allen Perspektiven. Die Ergebnisse der Nutzer-Tests zeigen auch, dass die Interaktionen in der App eine Hilfe zur Verinnerlichung der Lerninhalte darstellen. Da eine Zelle und ihre Zellorganellen nur unter einem Mikroskop zu sehen sind, äußert sich hier ein weiterer Vorteil von AR. Denn diese Technologie kann die Realität mit Ereignissen und abstrakten Konzepten erweitern.

Trotz der beschriebenen Vorteile von AR muss dessen Anwendung noch einige Herausforderungen überwinden. So muss die Rechenleistung der Hardware und Komprimierungsmethoden stetig optimiert werden, um möglichst komplexe und detaillierte 3D-Objekte ohne technische Schwierigkeiten darstellen zu können.

Neben der technischen Hürde muss der Nutzungskontext, die Verhaltensweisen der Zielgruppe und der Lernbedarf bei der Entwicklung in den Fokus gerückt werden. Diese Faktoren zielen auf die Nutzerfreundlichkeit ab, welche wiederum einen Einfluss auf die effiziente und effektive Nutzung eines Produktes haben. Das Wechseln zwischen der AR-App und dem Lehrbuch erwies sich im Hinblick auf die Lernprozesse als ineffizient. An dieser Stelle können weitere Forschungen ansetzen. Dabei kann entweder untersucht werden, wie die Implementierung des markerbasierten AR in dieser Arbeit umgestalten werden müssen oder ob der Einsatz von markerlosem AR sinnvoller wäre.

Literaturverzeichnis

Akçayır, Murat; Akçayır, Gökçe (2017): Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. In: *Educational Research Review* 20, S. 1–11. DOI: 10.1016/j.edurev.2016.11.002.

Albrand, Carolin (2017): "Was ist Virtual Reality".

<https://www.ard.de/home/ard/Was_ist_Virtual_Reality/3364362/index.html>

[Stand: k.A. Zugriff: 09.06.2021]

Alzahrani, Nouf M.; Lajmi, Sonja (2020): AugmentedBook: A Collaborativ E-Learning Augmented Reality Plattform. In: Tareq Ahram, Redha Taiar, Serge Colson und Arnaud Choplin (Hg.): *Human Interaction and Emerging Technologies*. Cham: Springer International Publishing (1018), S. 282–288.

Blender (2021): "Decimate Modifier — Blender Manual".

<<https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/generate/decimate.html>>

[Stand: k.A. Zugriff: 30.06.2021]

Blender Foundation (2021): "About — blender.org".

<<https://www.blender.org/about/>>

[Stand: k.A. Zugriff: 30.06.2021]

Edy's Projects (2013): "Materials and textures from Blender to Unity 3D".

< <https://www.edy.es/dev/docs/materials-and-textures-from-blender-to-unity-3d/>>

[Stand: Januar 2014. Zugriff: 01.07.2021]

Google AR & VR (2021): "AR & VR home".

<<https://arvr.google.com/>>

[Stand: Mai 2021. Zugriff: 11.06.2021]

Kergel, David; Heidkamp-Kergel, Birte (2020): *E-Learning, E-Didaktik und digitales Lernen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Korth, David (2016): "E-Learning Definition: Vier Wege der Weiterbildung - oncampus-Blog - Weiterbildung, Studium, Wissen".

<<https://www.oncampus.de/blog/2016/12/20/e-learning-definition-vier-wege-der-weiterbildung/>>

[Stand: April 2021. Zugriff: 05.07.2021]

Krafczyk, Claudia (2021): "Digitale Schule: Wie Corona den Unterricht verändert".

<<https://www.zdf.de/nachrichten/politik/corona-digitalisierung-schulen-probleme-100.html>>

[Stand: März 2021. Zugriff: 05.07.2021]

Küstermann, Roland; Kunkel, Matthias; Mersch, André; Schreiber, Anne (2021):

Selbststudium im digitalen Wandel. Wiesbaden: Springer Fachmedien
Wiesbaden.

Langkopf, Björn (2019): Autonomes E-Learning. Effizienz - Didaktik - Perspektiven.

Berlin: Peter Lang (Hallesche Sprach- und Textforschung, Bd. 17).

Maier; Günter W. (2021): "Lerntransfer • Definition | Gabler Wirtschaftslexikon".

<<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/lerntransfer-41630>>

[Stand: k.A. Zugriff: 11.07.2021]

Mutzbauer, Julia (2021): "Digitalisierung im Bildungssektor".

<<https://www.egovernment-computing.de/digitalisierung-im-bildungssektor-a-1032514/>>

[Stand: k.A. Zugriff: 05.07.2021]

Pape, Debora (2015): "Grundlegende Infos zur 3D-Modellierung".

<<https://www.pleadium.de/virtual-life/blender-3d/blender-modellierung-grundlagen/>>

[Stand: Mai 2015. Zugriff: 23.06.2021]

Peddie, Jon (2017): Augmented Reality. Cham: Springer International Publishing.

PTC (2021): "Was ist Augmented Reality? | PTC".

<<https://www.ptc.com/de/technologies/augmented-reality>>

[Stand: k.A. Zugriff: 11.06.2021]

Ronsdorf, Johanna (2020): "Microsoft erklärt: Was ist Mixed Reality? Definition & Funktionen".

<<https://news.microsoft.com/de-de/microsoft-erklaert-was-ist-mixed-reality-definition-funktionen/>>

[Stand: k.A. Zugriff: 09.06.2021]

Rüter, Martina (2015): "Lerntheorie: Konnektivismus – Netzwerklernen".

<<https://www.xn--martina-rter-llb.de/lernen-elearning/lerntheorie-konnektivismus-netzwerklernen/>>

[Stand: k.A. Zugriff: 07.06.2021]

- Schulz, Sandra (2020): Selbstreguliertes Lernen mit mobil nutzbaren Technologien. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Tönnis, Marcus (2010): Augmented Reality. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (0).
- Unity (2021): "Learning C# and coding in Unity for beginners - Unity".
<<https://unity3d.com/de/learning-c-sharp-in-unity-for-beginners>>
[Stand: k.A. Zugriff: 21.06.2021]
- Unity Technologies (2018): "Unity - Manual: Vuforia".
<<https://docs.unity3d.com/2018.4/Documentation/Manual/vuforia-sdk-overview.html>>
[Stand: Juni 2021. Zugriff: 21.06.2021]
- Unity Technologies (2020a): "Unity - Manual: Creating and Using Materials".
<<https://docs.unity3d.com/2020.2/Documentation/Manual/Materials.html>>
[Stand: Februar 2021. Zugriff: 01.07.2021]
- Unity Technologies (2020b): "Unity - Manual: Canvas".
<<https://docs.unity3d.com/560/Documentation/Manual/class-Canvas.html>>
[Stand: Februar 2020. Zugriff: 12.07.2021]
- Unity Technologies (2021): "Unity-Plattform | Unity".
<<https://unity.com/de/products/unity-platform>>
[Stand: k.A. Zugriff: 20.06.2021]
- van Gumster, Jason (2020): "Blender For Dummies".
<https://www.blenderbasics.com/blog/baking_textures/>
[Stand: Februar 2021. Zugriff: 01.07.2021]
- Viererbe, Victoria (2010): Multimedialität in computergestützten Lehrangeboten (E-Learning). Kommunikative und semiotische Aspekte der Wissensvermittlung am Beispiel von elektronischen Tutorien. Tübingen: Narr Verlag (Kodikas. Supplement Code, 31).
- Vuforia (2021): "Getting Started with Vuforia Engine in Unity | VuforiaLibrary".
<<https://library.vuforia.com/articles/Training/getting-started-with-vuforia-in-unity.html#intro>>
[Stand: k.A. Zugriff: 25.06.2021]

Werner, Katja (2020): Wie (weibliche) Digital Natives auf digitale Jobs vorbereitet werden und was dabei noch zu tun ist. In: Anabel Ternès von Hattburg (Hg.): Digitalisierung als Chancengeber. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 21–48.

Wu, Hsin-Kai; Lee, Silvia Wen-Yu; Chang, Hsin-Yi; Liang, Jyh-Chong (2013): Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. In: *Computers & Education* 62, S. 41–49. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.10.024.

ZealAR (2021): "Web and Mobile AR for Education Industry | Zeal Augmented Reality".

<<https://zealar.com.au/augmented-reality-in-education-industry/>>

[Stand: k.A. Zugriff: 12.07.2021]

Anhang

Nutzer-Test – Proband 1

Über diesen Test

Im Rahmen meiner Bachelorarbeit zum Thema „Konzeption und Entwicklung einer Augmented Reality E-Learning-App“ führe einen Test durch, um die Nutzerfreundlichkeit und die Effektivität meines fertigen Produkts zu bewerten.

Dir werden nacheinander Fragen und/oder Anweisungen gestellt. Bitte teile mir stets deine Entscheidungen, Eindrücke, Gedanken und Gefühle laut mit.

Deine Antworten und Daten werden nicht an Dritte weitergegeben und nur in der Bachelorarbeit verwertet.

Der Test wird auf dem Tablet Samsung Tab A7 durchgeführt.

Persönliche Angaben

Geburtstag: 30.09.2004

Alter: 16

Geschlecht: männlich

Schule und Klasse: Gymnasium Dornstetten, Jahrgang 1

Biologie-Unterricht ja/nein und wie viele Stunden die Woche?

Ja, aber nicht als Leistungskurs. Dementsprechend auch nur 2-stündig.

Wirst du Abitur in Biologie schreiben? Nein

Habt ihr das Thema Zellbiologie in der Schule behandelt? Ja

Weißt du was eine Zelle und Zellorganellen sind?

Ja, aber Proband kennt den Aufbau von verschiedenen Zelltypen nicht mehr. Proband erinnert sich ein wenig daran, was einzelne Zellorganellen für Funktionen übernehmen.

Weißt du was Augmented Reality (AR) ist? Wenn ja, kennst du markerbasiertes AR?

Proband fragt, ob AR ähnlich ist zu Virtual Reality. Er meint, dass er AR nicht genau definieren kann und sagt, dass er diese Technologie in Zusammenhang mit Pokémon Go kennt.

Fragen und Anweisungen zur Bedienung des E-Learning

Vor dir liegt das Lehrbuch und die App. Stell dir vor, du hast diese Produkte erhalten, um zu lernen. Verschaffe dir mal die ersten Eindrücke und arbeite dich in diese Produkte ein.

1. Proband öffnet das Buch und überspringt die Einleitung und geht direkt zum Inhaltsverzeichnis.
2. Er überfliegt das Buch und liest sich einige Informationen vor allem in den Symbolkasten durch. Proband kommentiert die blauen und meint, dass er diese gut findet. Auch die Fakten in den gelben Symbolkasten mit der Glühbirne findet er interessant.
3. Proband gelangt ans Buchende und überfliegt die Lerncheckliste. Er findet diese gut, da es ihm als Lerner nochmal eine Zusammenfassung gibt, was er hätte lernen sollen.
4. Proband öffnet die App und geht als erstes zur Anleitung. Er versucht, während er liest die Rotations- und Skalierungsbewegungen nachzumachen.
5. Proband geht zurück und klickt auf den Start-Button. Er bemerkt, dass das Starten der Anwendung lange dauert.
6. Proband blättert das Buch durch und schlägt das Kapitel „Zellorganellen der Eukaryoten“ auf. Anschließend hebt er die Kamera über das blau umrandete Bild.
7. Proband ist beeindruckt, als die 3D-Modelle und das Panel mit den Buttons erscheinen. Er klickt die Buttons mehrmals und entdeckt die Ein- und Ausblende-Funktion. Diese findet er gut. Danach bewegt er das Tablet hin und her, um die Zellmodellen von verschiedenen Seiten zu betrachten. Der Bildschirm friert ein und der Proband startet die App nochmal neu.
8. Proband scannt über einen anderen Marker, den Zellkern. Er klickt auf die eingblendeten Buttons und sieht, dass die Komponenten der Modelle eingefärbt werden. Dabei zeigt Proband eine Begeisterung. Proband versucht wieder auf den gleichen Button zu klicken, ist aber verwirrt, dass nichts passiert. Er meint, es wäre besser, die Einfärbung immer wieder ein- und zurückfärben zu können. Der Proband scrollt den Button-Panel runter und entdeckt den Zurücksetzen-Button. Nachdem er daraufgeklickt hat, meint er, es sei umständlich erst nach unten scrollen zu müssen, bis man die Umfärbung wieder rückgängig machen kann.
9. Proband scannt alle Marker im Buch und benutzt alle angezeigten Buttons. Erst bei den 3D-Modellen, die keine Interaktionen bieten, fängt er an, die Touch-Steuerung zu verwenden. Er findet die Rotationsbewegung nicht sehr intuitiv. Aber er merkt gleichzeitig an, dass man durch die Bewegungen der Kamera auch gute Einblicke erhält.
10. Bei einigen Modellen, beschwert sich der Proband, dass es lange dauert, bis diese auf dem Bildschirm erscheinen.

Eingefügte Zwischenfrage während des Tests: Warum hast du die Einleitung des Buches übersprungen?

Proband blättert zum entsprechenden Kapitel und meint, es sieht aus wie das Vorwort von einem Buch und diese würde er nie lesen. Anschließend überfliegt er kurz die Information und stellt fest, dass hier die Anregung zur Nutzung der App gemacht wird. Diese Anregung hätte er nicht mitbekommen. Vermutlich hätte er die App dann auch nicht verwendet. Als Vorschlag bringt er an, dass die Informationen stärker hervorgehoben werden sollte.

Wenn du nur rausfinden möchtest, wie Prokaryoten aufgebaut sind, wie würdest du im E-Learning vorgehen?

Proband schlägt das Inhaltsverzeichnis auf und blättert zum Kapitel. Die Grafik auf der Seite reiche ihm völlig aus, um mehr über den Aufbau eines Prokaryoten herauszufinden. Er müsste dazu nicht zusätzlich die AR-App benutzen, da er dazu erstmal die App starten müsste.

Schlage das Kapitel Mitochondrien auf und lese dir nur den Text durch. Versuche den Text nicht auswendig zu lernen, sondern ihn zu verstehen. Danach bekommst du Fragen dazu gestellt.

Proband blättert die Seiten durch, bis sie das entsprechende Kapitel findet.

Welche Funktionen haben Mitochondrien?

Frage wurde richtig beantwortet.

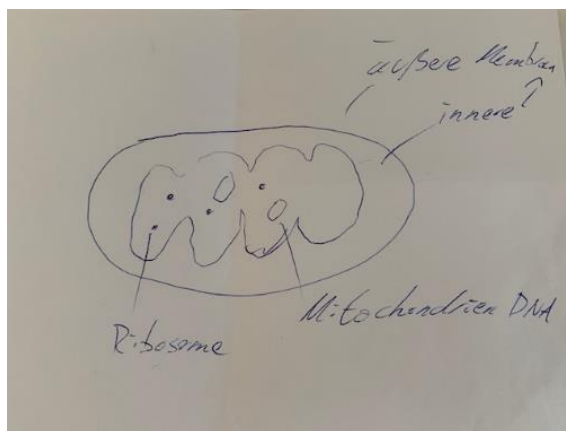
Antwort des Probanden: Sie sind die Kraftwerke der Zelle und produzieren ATP. Dadurch bekommt die Zelle Energie. (Richtig)

Welche Funktion hat die Einstülpung der Membran?

Antwort des Probanden: Membran hat dann eine größere Oberfläche und kann mehr ATP produzieren. So wird auch mehr Energie für die Zelle produziert. (Richtig)

Schaue die nur das 3D-Modell des Mitochondriums an. Dann zeichne es mit Beschriftung, ohne von der Grafik abzuschauen.

Proband fertigte eine richtige Skizze und Beschriftung an.



Bemerkung des Probanden: Er findet die Umsetzung mit den Buttons nicht schlecht, um die einzelnen Bestandteile zu lernen. Es würde ihm mehr Spaß bereiten, als die Grafik anzuschauen.

Gehe zu den Zellorganellen der Eukaryoten und finde nur über das Scannen der Marker raus, welche Zellorganellen die tierischen Zellen nicht besitzen.

Proband sagt, er würde die Ein- und Ausblenden Funktion gut finden und auch die Gegenüberstellung der Tier- und Pflanzenzelle sei praktisch. Nachdem er alle Buttons durchgeklickt hat, gibt er die richtige Antwort: Vakuole, Chloroplast und Zellwand. Er macht die Anmerkung, dass er diese Frage auch viel schneller durch die Grafik hätte beantworten können.

Bewertung des E-Learnings

Wie bewertest du dein Lernerlebnis mit Augmented Reality?

Positiv fand er, die Interaktionen mit den Buttons. Die App ist leicht zu benutzen, weil man einfach nur Scannen muss. Die Anleitung ist leicht zu finden und zu verstehen, außer im Buch. Er findet aber, beim Umfärben der Modelle soll es kein Zurücksetzen-Button geben. Lieber soll man durch mehrmaliges Klicken die Modelle ein- und zurückfärben können. Als störend empfand er, die Schattierungen auf den 3D-Modellen und technische Schwierigkeiten, wie die Verwacklungen der Modelle und das Einfrieren des Bildschirms.

Proband sagt, er würde die App nicht zur Klausurvorbereitung benutzen. Da die Klausur auf Papier gemacht wird, reiche ihm das Lehrbuch und die darin eingebundenen Grafiken aus. Wenn in der Klausur eine Skizze gefordert wird, dann kann er sich einfach anhand der Grafiken im Buch orientieren. Außerdem gefällt es ihm nicht, dass die AR-App separat vom Lehrbuch behandelt wird. Er würde gerne zum Beispiel den Text im Lehrbuch mit den Modellen vergleichen können. Aber beim Scannen wird der Text durch das Display verdeckt. AR-App unabhängig vom Lehrbuch findet er aber gelungen.

Eingefügte Zwischenfrage während des Tests: Und mal angenommen, die Klausur wäre in digitaler Form? Was wäre, wenn dir verschiedene Zellorganellen in 3D zur Verfügung stehen und du musst daraus eine Tier- und Pflanzenzelle erstellen?

In dem Fall findet er die AR-App dann passend, weil die durchgeführten Interaktionen in der App auch der Klausuraufgabe entsprechen.

Kannst du die 3D und 2D-Darstellung miteinander vergleichen? Vorteile und Nachteile von den jeweiligen Formen nennen?

Proband meint, man hat durch 3D eine bessere Visualisierung. Zum Beispiel konnte er es sich besser vorstellen, dass das Endoplasmatische Retikulum den Zellkern umschließt. Bei 2D muss man eher erraten, wie etwas in Wirklichkeit aussieht. 3D hilft definitiv mehr sich Dinge besser vorzustellen, vor allem beim Zellorganell Dictyosom oder Endoplasmatisches Retikulum. 3D-Grafiken findet der Proband auch spannender als eine 2D-Grafik. Aber, um schnell für eine Klausur zu lernen und zu bestehen, genügen die 2D-Grafiken vollkommen. Er sagt, die 3D-Modelle würden Abwechslung beim Lernen reinbringen. Dennoch ist das Wechseln zwischen Lehrbuch und AR-App für ihn anstrengend.

Eingefügte Zwischenfrage: Wie fändest du es, wenn der textuelle Inhalt und auch die 3D-Modelle in der App vereint sind?

Er meint, dass das definitiv die bessere Lösung wäre, da er weniger mit verschiedenen Sachen arbeiten muss und alles an einer Stelle findet. Allerdings fragt er sich, wozu er dann noch das Buch braucht.

Welche Funktionalitäten empfindest du als motivierend am E-Learning im Hinblick auf deinen Lernprozess?

Die Interaktionen und das Scannen erhöhen bei ihm den Lernspaß. Aber er findet, man soll einen besseren Bezug zum Lehrbuch herstellen. Zum Beispiel wenn die Informationen zur Zellbiologie auch in der App wären. Proband findet, dass die blauen Symbolkasten auch motivierend sind, weil er dann weiß, was er schon gelernt hat.

Wie bewertest du dein Lernergebnis mit dem E-Learning?

Proband findet sein Lernergebnis gut, da er alle Fragen beantworten konnte. Er findet aber, dass er einige Fragen einfach nur mit dem Lehrbuch hätte beantworten können, wie die Skizze mit von den Mitochondrien und die Vergleiche von den Zellen.

Wie findest du den Aufbau des Lehrbuchs?

Proband meint, dass das Lehrbuch sehr viel beim Lernen hilft. Es ist übersichtlich gegliedert, er erkennt den roten Faden und findet die Lerncheckliste am Ende hilfreich, weil er da nochmal eine Zusammenfassung kriegt, was er hätte lernen sollen. Das Buch könnte laut ihm, eine Hilfe zur Klausurvorbereitung sein.

Wie bewertest du die orangenen und blauen Symbolkasten?

Die blauen Symbolkasten mit dem Zielscheibensymbol findet er prima, weil er dadurch viel besser die Zusammenhänge zwischen den Themen erklärt bekommt. Denn sie zeigen ihm, was man gelernt haben soll und noch lernen wird.

Die orangenen Symbolkasten findet er auch super, weil das die Fakten nochmal hervorhebt, die man sich merken soll. Diese Informationen helfen ihm das Thema zu verstehen und sind laut ihm bestimmt relevant für die Klausurvorbereitung. Zum Beispiel bei den Mitochondrien konnte er auch mithilfe von den orangene Symbolkasten, die Frage mit der Einstülpung optimal beantworten.

Nutzer-Test – Proband 2

Über diesen Test

Im Rahmen meiner Bachelorarbeit zum Thema „Konzeption und Entwicklung einer Augmented Reality E-Learning-App“ führe einen Test durch, um die Nutzerfreundlichkeit und die Effektivität meines fertigen Produkts zu bewerten.

Dir werden nacheinander Fragen und/oder Anweisungen gestellt. Bitte teile mir stets deine Entscheidungen, Eindrücke, Gedanken und Gefühle laut mit.

Deine Antworten und Daten werden nicht an Dritte weitergegeben und nur in der Bachelorarbeit verwertet.

Der Test wird auf dem Tablet Samsung Galaxy Tab S7+ durchgeführt.

Persönliche Angaben

Geburtstag: 04.09.2003

Alter: 17

Geschlecht: weiblich

Schule und Klasse: Gymnasium Dornstetten, Jahrgang 1

Biologie-Unterricht ja/nein und wie viele Stunden die Woche?

Ja, als 5-stündigen Leistungskurs

Wirst du Abitur in Biologie schreiben? Ja

Habt ihr das Thema Zellbiologie in der Schule behandelt? Ja

Weißt du was eine Zelle und Zellorganellen sind?

Ja, aber die Funktion der Zellorganellen hat Proband ein wenig vergessen. Sie müsste dieses Wissen noch vertiefen.

Weißt du was Augmented Reality (AR) ist? Wenn ja, kennst du markerbasiertes AR?

Ja, Proband weiß, was AR ist, weil sie technikbegeistert ist. Aber markerbasiertes AR ist dem Probanden kein Begriff.

Fragen und Anweisungen zur Bedienung des E-learning

Vor dir liegt das Lehrbuch und die App. Stell dir vor, du hast diese Produkte erhalten, um zu lernen. Verschaffe dir mal die ersten Eindrücke und arbeite dich in diese Produkte ein.

1. Proband nimmt sich das Lehrbuch und überspringt die Seiten bis zum Inhaltsverzeichnis. Sie liest sich diese kurz durch und merkt an, dass sie alles schon aus dem Biologieunterricht kennt.
2. Proband blättert anschließend das Buch Seite für Seite durch. Dabei schaut sie sich nur die Bilder an und analysiert mithilfe der Beschriftung, was sie schon kennt.

3. Proband sagt, dass ihr das einheitliche Design des Lehrbuches gefällt. Danach legt sie das Buch weg und öffnet die App.
4. Im Hauptmenü der App, klickt sie sofort auf Start. Sie bemerkt, dass nur die Kamera an ist und ihre Umgebung angezeigt wird. Da nichts Weiteres passiert ist, ist Proband erstmal verwirrt. Proband benutzt daraufhin den Zurück-Button und gelangt wieder ins Hauptmenü. Danach wählt sie die Anleitung aus und liest sich diese durch. Sie nimmt sich das Lehrbuch und schlägt die Seite „Zellorganellen der Eukaryoten“ auf. Gemäß der Anleitung hält sie die Kamera über das Bild.
5. Proband probiert als erstes die Touch-Steuerung aus und merkt an, dass die Rotation mit den zwei Fingern erstmal gewöhnungsbedürftig ist. Aber sie hat schnell herausgefunden, wie diese Touch-Steuerung zu bedienen ist.
6. Proband benutzt die angezeigten Buttons und sagt, dass sie die Interaktion großartig findet. Vor allem würde es ihr gefallen, dass man Objekte ein- und ausblenden kann. Nachdem sie alle Objekte eingeblendet hat, schaut sie sich mit dem Zoom alle Modelle genauer an. Sie ist begeistert von der 3D-Darstellung. Ihr gefällt, dass da auch die Zellflüssigkeit abgebildet ist und bemerkt, dass sie den Fachbegriff dazu vergessen hat. Sie blättert im Buch hin und her, bis sie das entsprechende Kapitel findet.
7. Ihre Frage, was der Fachbegriff von Zellflüssigkeit ist, wurde beantwortet und sie scannt über den Marker. Sie sagt, dass sie es schade findet, dass da keine Interaktion gegeben ist und man das Modell nur betrachten kann.
8. Proband bewegt Kamera hin und her. Dabei bemerkt sie, dass man so auch die Modelle von verschiedenen Seiten erkunden kann.
9. Proband blättert im Lehrbuch zum Kapitel „Prokaryoten“ und scannt den Marker. Ihr fällt auf, dass hier eine andere Interaktion angeboten wird, da man die Modelle nun einfärben kann. Sie meint, dass ihr der Schatten auf den Modellen gefallen würde, da so alles realistischer aussieht. Außerdem ist sie begeistert vom Bakterienchromosom und zoomt näher daran.
10. Proband scannt anschließend alle Modelle im Buch und sagt, dass sie die Interaktionen sehr mag.
11. Beim Cytoskelett wird das Modell nicht eingeblendet. Proband schwenkt die Kamera hin und her, hebt das Tablet näher ran und bewegt die Kamera komplett weg vom Lehrbuch. Als immer noch nichts passierte, schließt sie die App und startet diese komplett neu.
12. Bei der Vakuole bemängelt der Proband, dass nur die Vakuole angezeigt wird und die Zellmembran fehlt. Auf der Grafik sei nämlich auch die Vakuole und die Zellmembran zu sehen.
13. Bei den Chloroplasten findet sie gut, dass man den Hohlraum im Lumen so gut erkennt, da man sich das so viel besser vorstellen kann als in der Grafik.
14. Proband meint zum Abschluss, dass sie die Komponenten der Modelle lieber nur über einen Button ein- und zurückfärben möchte. Außerdem ist sie überrascht vom Umfang des Buches und meint dies würde ihr eine gute

Abiturvorbereitung ermöglichen. Vor allem mag sie, dass man die Zelle als Gesamtes sieht und die einzelnen Zellorganellen nochmal in den Modulen vereinzelt betrachten kann.

Wenn du nur rausfinden möchtest, wie Prokaryoten aufgebaut sind, wie würdest du im E-Learning vorgehen?

Proband schlägt zuerst Inhaltsverzeichnis auf und schaut auf welcher Seite das Thema zu finden ist. Dann schlägt sie die Seite auf und würde zuerst das Modell anschauen und sich durch die Buttons durchklicken.

Schlage das Kapitel Mitochondrien auf und lese dir nur den Text durch. Versuche den Text nicht auswendig zu lernen, sondern ihn zu verstehen. Danach bekommst du Fragen dazu gestellt.

Proband blättert die Seiten durch, bis sie das entsprechende Kapitel findet.

Welche Funktionen haben Mitochondrien?

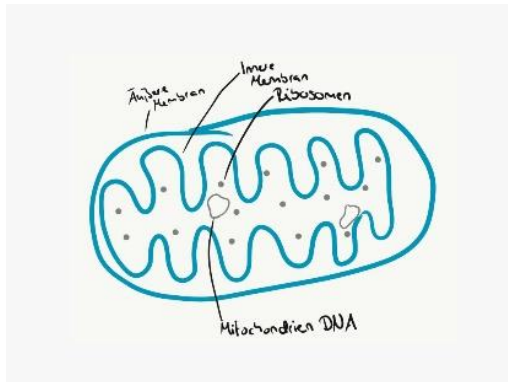
Proband beantwortet die Frage richtig und findet die Analogie zum Kraftwerk sehr gut, da sie es auch aus der Schule kennt. Antwort: Sie sind das Kraftwerk der Zelle, da sie ATP produzieren und so Energie hergestellt wird.

Welche Funktion hat die Einstülpung der Membran?

Proband beantwortet die Frage richtig und nennt den Zusammenhang. Antwort: Es bewirkt eine Oberflächenvergrößerung wie beim Darm. Dadurch können mehr Stoffe aufgenommen werden, hier ATP.

Schau dir nur das 3D-Modell des Mitochondriums an. Dann zeichne es mit Beschriftung, ohne von der Grafik abzuschauen.

Proband erstellt eine richtige Skizze.



Gehe zu den Zellorganellen der Eukaryoten und finde nur über das Scannen der Marker raus, welche Zellorganellen die tierischen Zellen nicht besitzen.

Proband blättert zum entsprechenden Marker und scannt diese. Sie klickt auf die angezeigten Buttons und schaut welche Zellorganellen nicht gleichzeitig auftauchen. Anschließend gibt sie die richtige Antwort: Vakuole, Chloroplast und Zellwand. Sie meint diese Antwort hätte sie auch schnell über die Grafik geben können, aber ihr würde die Gegenüberstellung der Zellen sehr gefallen und auch, dass man sieht welche Zellorganellen gleichzeitig und nicht gleichzeitig auftauchen.

Bewertung des E-Learnings

Wie bewertest du dein Lernerlebnis mit Augmented Reality?

Sie bewertet die Erfahrung als sehr positiv, da sie gerne spielerisch lernt und dies sei durch die Interaktionen gegeben. Außerdem findet sie es gut, dass sie 3D-Modelle angezeigt bekommen hat und diese von allen Seiten betrachten kann. Dadurch kann sie sich auch vieles besser vorstellen. Außerdem merkt sie an, dass sie sehr technikbegeistert wäre und sich auch gut mit der Technik auskenne. Daher ist sie verständnisvoll bei technischen Schwierigkeiten. Aber sie kann sich vorstellen, dass jemand der nicht so technikaffin ist, diese technischen Störungen als nervig empfinden würde. Probanden merkt noch an, dass das Lehrbuch durch die App in den Hintergrund geraten könnte, da die Spielereien sie beim Bearbeiten des Lehrbuchs ablenken würden.

Eingefügte Zwischenfrage während des Tests: Die Klausur wird in Papierform gemacht. Stört dich das du mit 3D-Modellen lernst und findest die 2D-Darstellung nicht dann leichter für die Klausurvorbereitung?

Sie beantwortet die Frage mit einem Nein und meint, dass sie die 3D-Modelle besser findet. Zum Beispiel könne sie durch die 3D-Darstellung jetzt die Hohlräume vom Golgi-Apparat viel besser vorstellen. Das Bild könne das nicht so gut darstellen. Außerdem kann sie sich den Aufbau durch die Interaktionen viel besser merken. Sie weiß, dass sie vor der Klausur diese Buttons einige Male durchklicken muss und so dann alle Modelle zeichnen kann.

Kannst du die 3D und 2D-Darstellung miteinander vergleichen? Vorteile und Nachteile von den jeweiligen Formen nennen?

Sie meint, dass 3D viel plastischer und deutlich interessanter sei als 2D. Sie kann sich durch 3D-Modelle Dinge besser vorstellen und auch besser erinnern. 2D sei auch in Ordnung und es würde den Text interessanter machen. Dennoch meint sie, dass sie mit 3D besser lernen kann.

Eingefügte Zwischenfrage: Wie würdest du es finden, wenn der Text und auch die 3D-Modelle in der App vereint sind? Stört dich, dass da ein Bruch ist durch die Verwendung von Lehrbuch und AR-App?

Proband meint, sie fände diese Lösung schwierig. Laut dem Probanden wäre die App zu überladen, wenn ein Infotext noch zusätzlich neben den Modellen erscheinen würde. Sie findet es schwierig, da sie sich auch dann auf vieles konzentrieren müsste. Vor allem merkt sie an, dass ihr Tablet mit ca. 12 Zoll einen großen Bildschirm habe, aber wenn sie die Modelle und einen Infotext auf einem kleinen Display anschauen müsste, dann wäre das deutlich komplizierter handzuhaben. Das Lehrbuch und die App seien für sie eine gute Mischung.

Welche Funktionalitäten empfindest du als motivierend am E-Learning im Hinblick auf deinen Lernprozess?

Proband findet, dass die 3D-Modelle und die angebotenen Interaktionen den Lernspaß steigern. Sie bezeichnet sich selbst als Spielkind und mag es dementsprechend auch spielerisch zu lernen. Beim Lehrbuch findet sie das Text-Bild-Verhältnis sehr motivierend. Außerdem sei das Buch übersichtlich und verständlich formuliert, sodass sie beim Lernen alles gut aufnehmen kann.

Wie bewertest du dein Lernergebnis mit dem E-Learning?

Proband findet Lernergebnis erfolgreich, vor allem, weil sie sich durch die Interaktionen die Dinge viel besser verarbeiten und merken kann. Aber sie betont nochmal, dass sie durch die App wahrscheinlich das Lehrbuch vernachlässigen würde.

Wie findest du den Aufbau des Lehrbuchs?

Proband findet die Strukturierung sehr deutlich und findet sich darin gut zurecht. Die behandelten Themen hat sie schon in der Schule durchgenommen und daher eignet sich das Buch gut, um das Wissen nochmal aufzufrischen. Vor allem sind die Abschnitte für sie nicht zu lang zum Lesen und die Formulierungen seien sehr verständlich. Sie findet vor allem die Lerncheckliste am Ende super, da sie dadurch ihren Lernfortschritt nochmal kontrollieren kann. Damit könne sie überprüfen, was sie gelernt hat und was bei ihr noch nicht richtig sitzt.

Eingefügte Zwischenfrage: Du hast die Einleitung, also den Anfangskapitel übersprungen, warum?

Das Vorwort eines Buches würde Proband immer überspringen.

Eingefügte Zwischenfrage: Im Anfangskapitel ist auch der Hinweis zur Benutzung der App zum Lernen. Hättest du, wenn du nur das Buch bekommen hättest, diesen Hinweis dann auch übersehen und dann nur das Lehrbuch benutzt?

Proband meint, dies sei sehr wahrscheinlich.

Wie bewertest du die orangenen und blauen Symbolkasten?

Sie sind sehr selbsterklärend, um diese zu verstehen muss sie nicht unbedingt die Anleitung am Anfang lesen. Außerdem findet sie die blauen Symbole sehr sinnvoll, weil es ihr eine Möglichkeit der Selbstkontrolle bietet. Sie weiß dann, was sie gelernt haben soll. Die orangenen Symbole findet sie auch sehr gut, da es wichtige Fakten nochmal betont. Obwohl sie nicht verstehen würde, warum genau diese Fakten nochmal hervorgehoben wird, da alle Fakten im Buch wichtig sind. Erst nachdem Lesen der Anleitung, versteht Probandin, dass die Fakten die Transferleistung unterstützt.

Eidesstaatliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Ausführungen, die anderen veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, habe ich kenntlich gemacht.

Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Fassung noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Ort, Datum

Unterschrift