

Bernburg
Dessau
Köthen



Hochschule Anhalt
Anhalt University of Applied Sciences



Fachbereich
Elektrotechnik, Maschinenbau
und Wirtschaftsingenieurwesen

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Engineering (M. Eng.)

Rong Huang

Vorname Name

Interaktive Medien, 2018, 4068959

Studiengang, Matrikel, Matrikelnummer

Thema:

**Konzept eines Biotech-Hauses in Virtual Reality
am Beispiel der Joghurt-Herstellung**

Prof. Dr. Johannes Tümler

1. Prüfer / 1. Prüferin

Prof. Dr. Arne Berger

2. Prüfer / 2. Prüferin

17.11.2021

Datum der Abgabe

Kurzfassung

Unter dem zunehmenden Einfluss der voranschreitenden digitalen Transformation kommt Virtual-Reality-Technologie auch verstärkt im Bildungsbereich zum Einsatz. Die effektive Integration der VR-Technologie in das Lehren und Lernen bleibt eine Herausforderung.

An der Hochschule Anhalt soll Virtual Reality/Augmented Reality (VR/AR)-Technologie in der „Life-Science-Engineering“ Vorlesung im Bereich Biotechnologie als neues digitales Werkzeug eingesetzt werden. Damit wird den Schüler und Studenten eine neue effektive Lernerfahrung geboten und der Fachbereich für Neubewerber attraktiver gemacht.

In dieser Arbeit wird das Konzept des Biotech-Hauses vorgestellt und am Beispiel der Joghurtherstellung umgesetzt. Es wurde eine qualitative Studie durchgeführt. Dabei wurden vier Experten aus verschiedenen Bereichen zu dem Thema befragt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Anwendung als ein gutes Beispiel für die digitale Lehre an der Hochschule angesehen wird und eine Unterstützung für Vorlesungen und Labore in der Biotechnologie-Fakultät bietet. Die Anwendung muss jedoch noch in Bezug auf die immersive physische Simulationen verbessert werden. In Zukunft wird das Projekt fortgesetzt, um weitere Anwendungsbeispiele aus der Biotechnologie des Alltags zu realisieren.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich bei dieser Masterarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gilt mein Dank Prof. Dr. Johannes Tümler für die Vergabe dieses interessanten Themas, die hervorragende Betreuung und die hilfreiche Unterstützung. Ebenso danke ich Prof. Dr. Arne Berger für die Bereitschaft, die Zweitbegutachtung zu übernehmen und hilfreiche Hinweise zu geben.

Ich danke Frau Prof. Dr. Jana Rödiger und Frau Dorit Beck für die Bereitstellung ausführlicher Informationen zu dem Thema und für die angenehme Zusammenarbeit.

Ich möchte all meinen Freunden und Kommilitonen in den xR-Labs für ihre Unterstützung und ihre hilfreichen Vorschläge danken.

Ebenfalls möchte ich mich bedanken bei meinen Mitbewohnern Emily Rosch, Sandra Hentschel und Moritz Behr für das Ausprobieren des Prototyps und die wertvollen Rückmeldungen.

Außerdem möchte ich Pascal Feldhaus für das Korrekturlesen meiner Masterarbeit herzlich danken.

Meiner Familie danke ich für die Unterstützung und die Motivation, die sie mir jederzeit entgegenbrachten. Ich bedanke mich dafür, dass Sie mir beigebracht haben, dass es das Wichtigste im Leben ist, glücklich zu sein. Vielen Dank für die Ermutigungen, an jedem Punkt meines Lebens Entscheidungen zu treffen, die mit meinem Herzen übereinstimmen.

Meiner besten Freundin Jieqi Chen danke ich besonders für den starken emotionalen Rückhalt über die Dauer meines gesamten Studiums.

Vielen Dank an meine Freunde Mingjian Liu und Zhiqiang Lei für all Ihre Hilfe und Unterstützung besonders in schwierigen Zeiten.

Zu guter Letzt gilt ein großes Dankeschön meiner Freundin Ran Jiao. Sie hat mich jederzeit tatkräftig unterstützt - sei es beim Sammeln von Ideen, beim Ausprobieren des Prototyps oder mit wertvollen Rückmeldungen.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass die Arbeit selbständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt wurde und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen, einschließlich der angegebenen oder beschriebenen Software, verwendet wurden.

Halle, 17.11.2021

Ort, Datum

Unterschrift der Autorin

Sperrvermerk

Sperrvermerk

Ja

Nein

Halle, 17.11.2021

Ort, Datum

Unterschrift des Betreuers

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	i
Tabellenverzeichnis	iv
Abkürzungsverzeichnis	v
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Vorgehensplan	2
1.4 Aufbau der Arbeit	3
2 Grundlagen	4
2.1 Virtual Reality	4
2.1.1 Definition	4
2.1.2 Abgrenzung	5
2.1.3 Historische Entwicklung	5
2.1.4 Aktuelle VR-Systeme	9
2.1.5 Charakterisierungen der VR	10
2.1.6 Uncanny Valley-Effekt	12
2.1.7 Anwendungsbereiche	12
2.2 Biotechnologie	13
2.2.1 Biotechnologie im Alltag	14
2.2.2 Technik der Joghurtherstellung	16
3 Stand der Forschung und Technik	19
3.1 Auswirkungen auf den Lernprozess mit VR-Technologie	19
3.2 Aktueller Stand der Technik von VR im Bereich der Bildung bzw. der Biotechnologie	20
3.3 Zusammenfassung und Schwerpunktauswahl	21
3.4 Situation beim digitalen Lehren an der Hochschule Anhalt	22
4 Biotech-Haus in VR am Beispiel Joghurtherstellung	24
4.1 Agiles Projektmanagement: Vergleich zum traditionellen PM	24
4.1.1 Phasen der Software-Entwicklung	24
4.1.2 Traditionelles Projektmanagement (TPM)	25
4.1.3 Agiles Projektmanagement (APM)	25
4.1.4 Vergleich von APM und TPM	26
4.2 Anforderungsanalyse	28
4.2.1 Funktionale Anforderungen	28
4.2.2 Nicht-funktionale Anforderungen	34
4.3 Auswahl der Entwicklungstechnologien	35
4.3.1 Auswahl der Modellierungssoftware	35
4.3.2 Auswahl des Entwicklungswerkzeugs	36
4.3.3 OpenXR	38

4.3.4	XR Interaktion Toolkit: Vergleich aktueller Toolkits	39
4.3.5	Andere Tools	41
4.3.6	Anforderungen der Entwicklungsumgebung	41
4.4	Entwurf	42
4.4.1	Architektur	42
4.4.2	Modellierung	43
4.4.3	Interaktion	51
4.5	Implementierung	51
4.5.1	Importieren des Modells	51
4.5.2	Bewegungskontrolltechniken	54
4.5.3	Virtuelle Hand: Manipulation von Objekten	56
4.5.4	Physikalische Simulation von Objekten	58
4.5.5	Eine interaktive virtuelle Umgebung	61
4.5.6	Die Simulation der Joghurtherstellung	62
4.5.7	Das Wissensquiz und Menünavigation	70
4.5.8	Der Einführungstutorial-Raum	73
4.6	Rückblick	74
5	Evaluation	75
5.1	Teilnehmer	75
5.2	Vorbereitung der Expertenbefragung	75
5.3	Vorgehensweise	76
5.4	Analyse der Ergebnisse	77
5.4.1	Ergebnisse der geschlossenen Fragen	77
5.4.2	Ergebnisse der offenen Fragen	78
5.5	Zusätzliche Beobachtungen	86
6	Diskussion	87
7	Zusammenfassung und Ausblick	90
	Literatur	i
	Anhang	v
	Lebenslauf	xxxiv

Abbildungsverzeichnis

1	Reality–virtuality continuum, [Tüm09].	5
2	Links: Skizze, Rechts: Darstellung des von Morton L. Heilig (1962) entwickelten Sensorama-Simulators. Diese Erfindung gilt als der erste Simulator, der mehrere Sinne stimulieren kann [Hei62] [SOVR17].	6
3	Das Ultimate Display von Ivan Sutherland (1965). Diese Erfindung gilt als das erste Head Mounted Displays (HMD) [Iva65].	6
4	VIDEOPLACE von Myron W. Krueger, [KGH85]. Das System ist in der Lage, die Handbewegungen einer Person zu erkennen. (Quelle: SIGGRAPH 1985: Art Show)	7
5	Das Binocular Omni-Orientation Monitor (BOOM) [SFF17]	7
6	Raum mit von Cave Automatic Virtual Environment (CAVE) projizierten Bildern einer dreidimensionalen Illusionswelt [Car93]	8
7	Google Cardboard (Quelle: Google)	8
8	Die aktuellen Virtual Reality (VR)-Brillen von HP und Facebook Oculus. Diese sind auch die VR-Geräte, die für dieses Projekt verwendet werden. (Quelle: Eigener Entwurf nach HP und Oculus)	9
9	Ein Powerwallsystem (Quelle: TH Nürnberg)	10
10	Der Uncanny-Valley-Effekt [PN21]	12
11	Prognose zum weltweiten Umsatz mit Virtual Reality bis 2024 (Quelle: ARtillery Intelligence)	13
12	Biotechnologie in unterschiedlichen Bereichen (Quelle: Eigener Entwurf nach [Thr20])	14
13	Die Biotechnologie im Alltag. (Quelle: Diagramm von Sabine Hecher) . .	14
14	Allgemeines Verfahren zur Herstellung von Joghurt und Sauermilch. Bei dem Verfahren wird grundsätzlich zwischen der Herstellung von stichfesten und gerührten Produkten unterschieden [Agr21].	17
15	Entwicklungsphasen im Überblick, [Kle13, p. 27]	24
16	Methodik des traditionellen Projektmanagements (TPM) (Quelle: Eigener Entwurf nach [Sal14])	25
17	Methodik des agilen Projektmanagements (APM) (Quelle: Eigener Entwurf nach [Sal14] [Dav20])	26
18	Links: Milch und Milchsäurebakterien. Rechts: Milch und Milchsäurebakterien umrühren (Quelle: eigener Entwurf)	29
19	Ein Teil von User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“ (Das vollständige User Story Map sieht man im Anhang.) (Quelle: eigener Entwurf)	31
20	Die zu modellierenden 3D-Modelle für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“ (Quelle: eigener Entwurf)	32
21	Ein Teil von Anwendungsfalldiagramm für die Anwendung „Biotech-Haus in VR“ (Quelle: eigener Entwurf)	34
22	OpenXR bietet eine einzige plattformübergreifende, leistungsstarke API für eine Vielzahl von Anwendungen und konformen Geräten, um das Problem der XR-Fragmentierung zu lösen [Ins19]	38
23	Die Laufzeitumgebung der von OpenXR unterstützten Plattformen in Unity. (Quelle: Unity)	39

24	Architektur der verwendeten VR-Lösung (Quelle: Eigener Entwurf nach [Shi21])	43
25	Grundriss des verwendeten Gebäudemodells [Pra21b]	44
26	Das modellierte 3D-Haus aus 2D-Grundriss (Quelle: Eigener Entwurf) .	45
27	Die Einbauküche mit Dimensionierung (Quelle: Eigener Entwurf)	46
28	Möbeldesign: Glatter Schnitt der Arbeitsplattenkante und Schränke mit je zwei Ablageebenen (Quelle: Eigener Entwurf)	47
29	Das modellierte 3D-Haus aus dem ausgewählten Grundriss, Oben: eine axonometrische Ansicht der Küche, Unten: ein Blick auf die Küche vom Wohnzimmer aus, durch die beweglichen Glastüren (Quelle: Eigener Entwurf)	47
30	Importiertes Modell des 3D-Hauses in Unity. FBX-Datei exportiert aus SketchUp. (Quelle: Eigener Entwurf)	48
31	Links: 3D-Modell des Joghurtbereiters, Rechts: 3D-Modell des Thermometers (Quelle: Eigener Entwurf)	49
32	Andere Modelle. Von links nach rechts: katzenförmigen Blöcke, ein Tisch und eine rote runde Taste für den Einführungstutorial-Raum, ein PC-Bildschirm, eine grüne Taste, zwei Schalter für Licht und Tür (Quelle: Eigener Entwurf)	49
33	Andere 3D-Objekte: Kühlschrank, Mikrowelle, Backofen, Pflanzen und Gegenstände im Kühlschrank (Quelle: Eigener Entwurf)	50
34	Alle Materialien, die zur Joghurtherstellung verwendet werden, von links nach rechts: Joghurtbereiter, kleine Flaschen zum Abfüllen, Mixer, Schüssel, Milchsäurebakterien, Milch, modernes Digitalthermometer, klassisches Thermometer (Quelle: Eigener Entwurf)	50
35	Hierarchie der importierten Modelle in Unity. Jeder Knoten ist ein unabhängiges 3D-Objekt, wie Türen, die Spüle und Schränke.	52
36	XR Rig nach dem Hinzufügen zur Szene (Quelle: Eigener Entwurf)	52
37	Lichtsimation für die Szenen in Unity (Quelle: Eigener Entwurf)	53
38	Das 3D-Haus aus der Perspektive eines VR-Headsets (Quelle: Eigener Entwurf)	53
39	Kategorisierung von Techniken der Bewegungskontrolle in virtuellen Welten [RG13]	54
40	Links: Linke Hand mit kontinuierlicher Bewegung. Rechts: Rechte Hand mit Teleportationsbewegung (Quelle: Eigener Entwurf)	54
41	Die Teleportation. Dabei kann ein Benutzer sich abrupt an die Stelle des blauen Kreises bewegen. (Quelle: Eigener Entwurf)	55
42	Modell der virtuellen Hände (Quelle: Eigener Entwurf)	56
43	Beispiel: die Griffpunkte eines Modells (Quelle: Eigener Entwurf)	56
44	Beispiel: Modell des Kollisionskörpers am Zeigefinger (Quelle: Eigener Entwurf)	57
45	Beispiel einer Simulation der realen physikalischen Parameter einer Tür (Quelle: Eigener Entwurf)	58
46	Türen öffnen in einer virtuellen Umgebung (Quelle: Eigener Entwurf) .	59
47	Simulation von Flüssigkeiten (Quelle: Eigener Entwurf)	60
48	Probleme bei der physikalischen Simulation (Quelle: Eigener Entwurf) .	61
49	Beispiele der Interaktionen in der virtuelle Küche. (Quelle: Eigener Entwurf)	62
50	Die Materialien zur Joghurtherstellung (Quelle: eigener Entwurf)	63

51	Flussdiagramm des Joghurtherstellungsprozesses (Quelle: eigener Entwurf)	64
52	Informationstafel für den Joghurtherstellungsprozess (Quelle: Eigener Entwurf)	65
53	Messung der Milchttemperatur (Quelle: eigener Entwurf)	66
54	Erhitzen der Milch in der Mikrowelle (Quelle: eigener Entwurf)	66
55	Zugabe von Milchsäurebakterien zur Milch und Umrühren mit einem Stabmixer (Quelle: eigener Entwurf)	67
56	Abfüllen in kleine Flaschen (Quelle: eigener Entwurf)	68
57	Einschalten des Joghurtbereiters durch Drücken der Starttaste (Quelle: eigener Entwurf)	68
58	Display auf dem Joghurtbereiter (Quelle: eigener Entwurf)	69
59	Genießen von Joghurt (Quelle: eigener Entwurf)	69
60	Menüsteuerung durch Controller. (Quelle: Eigener Entwurf)	70
61	Menüsteuerung durch Kopfbewegung. (Quelle: Eigener Entwurf)	71
62	Option auf dem Quizmenü auswählen (Quelle: eigener Entwurf)	72
63	Bonus-Joghurt (Quelle: eigener Entwurf)	72
64	Der Einführungstutorial-Raum (Quelle: Eigener Entwurf)	73
65	Verteilung der Bewertungsergebnisse der Experten über die virtuelle Umgebungsgestaltung der Applikation, die Bedienbarkeit und die Benutzerfreundlichkeit (Quelle: Eigener Entwurf)	77
66	Ergebnisse der Expertenbefragung (Quelle: Eigener Entwurf)	79
67	User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“ (Das vollständige User Story Map sieht man im Anhang.) (Quelle: eigener Entwurf)	v
68	Anwendungsfalldiagramm für die Anwendung „Biotech-Haus in VR“ (Quelle: eigener Entwurf)	ix

Tabellenverzeichnis

1	Aktuelle VR-Systeme [Gra16] [Küs16]	10
2	Beispiele aus verschiedenen Bereichen der Biotechnologie, die in einem Durchschnittshaushalt anzutreffen sind (Tabelle von Dorit Beck, Hochschule Anhalt)	15
3	Unterschiede traditionelles und agiles Projektmanagement [Lin14] [Dec20]	26
4	Vorteile und Nachteile des agilen Projektmanagements [Dec20]	27
5	User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“	32
5	User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“	33
6	Unterschied zwischen SketchUp und Blender (Quelle: nach [XP20])	35
7	Unterschiede zwischen Unity Engine und Unreal Engine	36
8	Überblick über einige der wichtigsten Toolkits für die VR-Entwicklung (Quelle: nach [Jur21] [Uni21b] [Wor21] [Sof21] [Ocu21b] [VRT21] [Mic21])	39
9	Überblick über zusätzlich verwendete Tools	41
10	Personalcomputer (PC)-Anforderungen des HP Reverb VR Headset und Oculus Link an den verwendeten PC, sowie die aktuelle Laborkonfiguration (Quelle: Oculus und HP)	41
11	Überblick über die verwendete Software und Tools	42
12	Allgemeine Informationen von Befragten	75
13	User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“	vi
13	User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“	vii
13	User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“	viii

Abkürzungsverzeichnis

API Application Programming Interface

APM Agiles Projektmanagement

AR Augmented Reality

CAVE Cave Automatic Virtual Environment

HMD Head Mounted Displays

MMI Mensch-Maschine-Interaktion

MR Mixed Reality

MRTK Microsofts Mixed Reality Toolkit

MVP Minimum Viable Product

PC Personalcomputer

PM Projektmanagement

SDK Software Development Kit

TPM Traditionelles Projektmanagement

UE Unreal Engine

UX User Experience

VR Virtual Reality

VRTK Virtual Reality Toolkit

xR Extended Reality

XRIT XR Interaction Toolkit

1 Einleitung

1.1 Motivation

Im heutigen Zeitalter rasanter technologischer Fortschritte verändert die Digitalisierung mit hoher Geschwindigkeit die Alltagswelt der Menschen. Neue Formen der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) und Medientechnik finden in diversen Bereichen Anwendung. Auch im Bildungsbereich kommt dem Einsatz digitaler Medien zur Erfüllung des Bildungsauftrages eine zunehmend wichtige Rolle zu. Die Bedeutung der Digitalisierung im Bildungswesen wurde während der Corona-Pandemie besonders deutlich, als nahezu alle Bildungseinrichtungen geschlossen und auf zeit- und ortsunabhängige Unterrichtsmittel angewiesen waren [Aut20, pp. 236–237]. Durch diesen Umstand wurde die digitale Transformation in der Bildung zusätzlich beschleunigt. Der Einsatz digitaler Medien bietet nicht nur die Möglichkeit pädagogische Spielräume zu erweitern, sondern er trägt auch dazu bei, die Motivation und Entwicklung von Fähigkeiten bei den Lernenden in fachlichen und überfachlichen Bereichen zu steigern [Aut20, p. 237].

Im Bereich der Digitalisierung ist das Lernen mit der Virtual Reality Technologie neu hinzugekommen [BK19, p. 210]. Virtual Reality ermöglicht dabei, in einer computer-generierten Welt eine virtuelle Wirklichkeit praktisch zu erforschen. Nutzer können in die virtuelle Welt eintauchen und damit interagieren. Es wurde bereits von zahlreichen Studien belegt, dass dieses immersive Lernen im Vergleich zu traditionellen Lehrmethoden zu größerem Lernerfolg führen kann [BK19, p. 208]. Obwohl Virtual Reality enorme Potenziale für den klassischen Präsenzunterricht bietet, kommt die Technik aktuell nur selten zum Einsatz, da es an konkreten in Virtual Reality umgesetzten Anwendungsfällen mangelt. Mit der weiteren Integrierung der Technik in den Bildungsbereich können neue Anwendungsfälle erschlossen und damit das Potenzial in Zukunft voll ausgeschöpft werden.

Graf et al. [GGL⁺21, p. 21] beschreibt, dass seit den 1980er Jahren digitale Medien im Biologieunterricht eingesetzt werden. In vielen Fällen fehlt es aber bis zum heutigen Tag immer an der Beteiligung der Lernenden am digitalen Unterricht, da nur die Lehrkräfte die Geräte bedienen und die Lernenden selbst die digitalen Medien weniger als 11 Prozent der Zeit nutzen [GGL⁺21, p. 31]. Daher ist die Konzeption einer praktischen Virtual-Reality-Anwendung, die den Lernenden ein proaktives Lernen in einer virtuellen Umgebung ermöglicht, zu einem Schwerpunkt des innovativen Lehrens und Lernens in der Biotechnologie geworden.

Virtual Reality hat schon in diversen Bereichen wie Bildung, Medizin, Militär, Gaming usw. Anwendungen und Anwendungsszenarien gefunden. Heutzutage kommt Virtual Reality in der Bildung verstärkt zum Einsatz. Mittels der Immersion und Interaktivität von Virtual Reality kann Begeisterung für das Lernen geweckt werden. Realistische Simulationsszenarien können die Lernprozesse für spezielle Anforderungen vereinfachen und eine leichte Wiederholung ermöglichen. Dadurch werden Kosten für Räumlichkeiten, Equipment, Material, und der Personalaufwand reduziert. Es gibt derzeit viele konkrete didaktisch sinnvolle Anwendungen und praktisch eingesetzte Anwendungsfälle [KHHL21]. In dieser Arbeit geht es um die Anwendung der Virtual-Reality-Technologie

im Bereich der Biotechnologie-Ausbildung.

1.2 Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist die Schaffung einer Virtual-Reality-Anwendung, die es Lehrkräften ermöglicht, in einer virtuellen Umgebung Biotechnologie vorzustellen und gleichzeitig den Schülerinnen, Schüler, Studentinnen und Studenten das eigene Erfahren der Umgebung ermöglicht. Es soll den Studierenden des ersten Semesters im Fachbereich 7 verdeutlichen was Biotechnologie ist und Ihnen Beispiele biotechnologischer Anwendungen und Produkte im Alltag näherbringen. An der Hochschule Anhalt soll Virtual Reality/Augmented Reality-Technologie in der „Life-Science-Engineering“ Vorlesung im Bereich Biotechnologie als neues digitales Werkzeug eingesetzt werden. Damit wird den Schüler und Studenten eine neue effektive Lernerfahrung geboten. Darüber hinaus soll das Haus auch für das Werben von Schulabgängern genutzt werden, d.h. es soll Interesse an der Biotechnologie und Interesse an einem Studium der Biotechnologie oder Virtual Reality/Augmented Reality wecken.

Im Rahmen dieser Arbeit gibt es vier wichtige Aufgaben: Erste ist die Modellierung des Hauses. Zweite ist die Simulation der Joghurtherstellung. Dritte ist ein virtuelles Quiz zu machen. Letzt ist eine Trainingraum für die unerfahrenen Benutzer.

1.3 Vorgehensplan

In dieser Arbeit wird eine Virtual-Reality-Anwendung unter dem Namen „Biotech-Haus in Virtual Reality“ konzeptionell vorgeschlagen und am Beispiel der Joghurtherstellung konkret umgesetzt.

Im ersten Schritt erfolgt eine Einarbeitung in das Thema und ein erstes Gespräch bezüglich den Anforderungen und Bedürfnissen des Biotechnologie-Fachbereichs mit den dort zuständigen Mitarbeitern. Das Biotech-Haus ist ein virtuelles einstöckiges Wohnhaus, in dem der Betrachter einen alltäglichen Tagesablauf simulieren und in die Biotechnologie des Alltags eintauchen kann.

Im zweiten Schritt wird auf Basis der Kundenbedürfnisse ein 3D-Modell des Alltagshauses erstellt, welches den Grundriss des Hauses, sowie des Flures, der Küche und der Zimmer umfassen soll. Die Joghurtherstellung wird als Beispiel eines Biotechnologie-Prozesses ausgewählt. Das Biotechnologie-Produkt wird im Raum integriert. Eine grundlegende interaktive Simulationsumgebung des Biotech-Hauses wird zur Verfügung gestellt. Schließlich wird der Fokus auf die Simulation des Joghurtherstellungsprozesses gelegt. Danach wird ein Wissens-Quiz in Virtual Reality erstellt, bei dem Nutzer nach dem Erfahren der Joghurtherstellung ihr Wissen darüber testen können.

Im dritten Schritt erfolgt eine Befragung zur Benutzerfreundlichkeit der Anwendung und das Sammeln von Verbesserungsvorschlägen. In dieser Arbeit wird die Software SketchUp für die Modellierung des Biotech-Hauses und der darin enthaltenen 3D-Objekte

benutzt. Die Software Unity wird für die Entwicklung der Virtual-Reality-Anwendung verwendet. Hierzu wird eine qualitative Benutzerstudie durchgeführt. Potentiale zur Umsetzung von Virtual Reality im Biotechnologieunterricht werden aufgedeckt.

1.4 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist in weitere 6 Hauptkapitel gegliedert. Das Kapitel2 widmet sich der Erläuterung relevanter theoretischer Grundlagen. Das Kapitel3 umfasst Recherchen in relevanten fachverwandten Arbeiten zum tieferen Verständnis des Themas. Das Kapitel4 fokussiert die Vorgänge der Entwicklung von Virtual-Reality-Anwendungen. Hierzu werden das Projektmanagement, die Konzeption, den Entwurf, die Implementierung und die Evaluation vorgestellt. Das Kapitel5 umfasst den empirischen Teil dieser Arbeit: Nach Vorstellung der Forschungsmethode erfolgt eine Auswertung von geführten Experteninterviews und Nutzerbefragungen mit anschließender Zusammenfassung. Die Diskussion der Arbeit erfolgt in Kapitel6. Das Kapitel7 fasst die Ergebnisse der Arbeit zusammen und schließt mit einem Ausblick auf weiterführende Untersuchungen die Arbeit ab.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden die elementaren Grundlagen beschrieben, die zum Verständnis der nachfolgenden Kapitel notwendig sind. Es werden die Begriffe der VR genauer erläutert, ein Rückblick in die Ursprünge der VR skizziert und wichtige Meilensteine in der Entwicklung der VR-Technologie beschrieben. Im Anschluss daran erfolgt die Beschreibung der drei Schlüsseleigenschaften der VR, die Immersion, die Interaktion und die Imagination. Danach wird die Situation von VR im Konsumbereich beschrieben. Zum besseren Verständnis des ausgewählten Biotechnologie-Prozesses wird das grundlegende Prinzip der Joghurtherstellung genauer beschrieben.

2.1 Virtual Reality

2.1.1 Definition

Virtual Reality (VR) ist eine neue Technologie der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI). Eine einheitliche Definition von VR lässt sich in der wissenschaftlichen Forschung schwierig finden. Es wurde mehrere Definitionen je nach unterschiedlichen Anwendungsbereichen und Umgebungen formuliert.

Das Konzept vom Begriff VR lässt sich bis Mitte der 1960er Jahre zurückverfolgen. Sutherland [Iva65] beschreibt das Konzept eines ultimativen interaktiven Displays, um eine virtuelle dreidimensionale Welt zu betrachten. Es nutzt nicht nur die Muskeln der Hände und Arme für die Computersteuerung, sondern möglichst auch andere Möglichkeiten des Körpers, wie z. B. die Augensteuerung [CGRR18, p. 2]. Durch das Display können die Benutzer die virtuelle Welt wahrnehmen und darin realistisch handeln. Diese Konzeptideen [Iva65] sind heutzutage schon teilweise technisch umgesetzt worden. Cruz-Neira [Car93] definierte VR als „Virtual Reality refers to immersive, interactive, multi-sensory, viewer-centered, three-dimensional computer generated environments and the combination of technologies required to build these environments.“ Von Rheingold [Rhe00] wurde VR unter soziologischem Aspekt definiert als „[...] die Erfahrung in einer virtuellen Welt oder an einem fremden Ort zu sein“. Mathis Prange [Pra21a] beschrieb, dass in VR die reale Welt komplett durch die virtuelle Welt ersetzt wird.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit hat die Autorin auf Basis dieser zuvor dargestellten Definitionen eine eigene Definition von „Virtual Reality“ aufgestellt, die wie folgt lautet: Virtual Reality (kurz VR, deutsch: virtuelle Realität) ist eine durch Computersimulationen erzeugte virtuelle Welt, in der man sie mit verschiedenen Sinnen wahrnehmen und mit ihr interagieren kann. Benutzer können in die Simulationswelt eintauchen, haben das Gefühl darin präsent zu sein und so ziemlich alles erfahren zu können, was sie im echten Leben tun.

2.1.2 Abgrenzung

Neben der Virtual Reality gibt es andere Technologien wie Augmented Reality (AR), die einen starken Bezug dazu haben. Abbildung 1 stellt den Zusammenhang dieser Technologien vereinfacht dar.

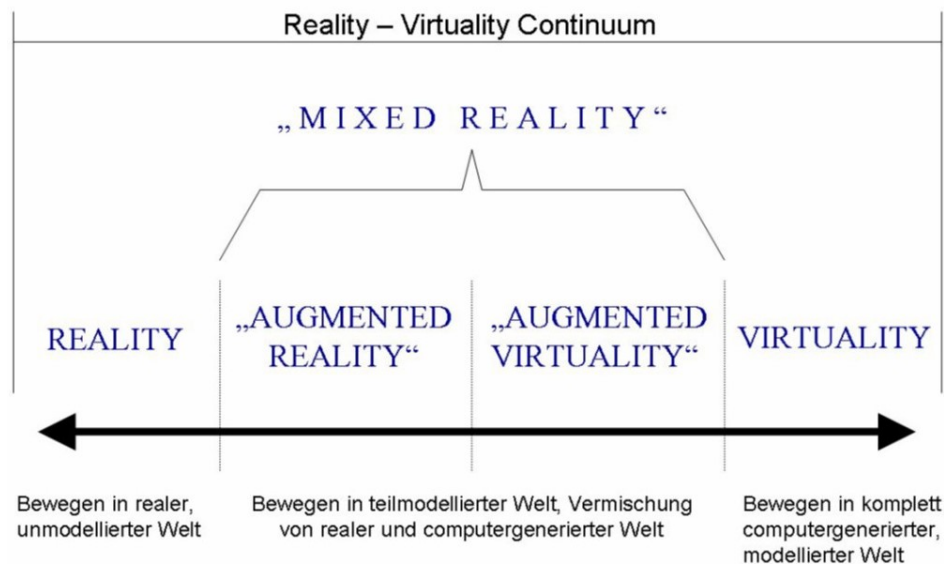


Abbildung 1: Reality–virtuality continuum, [Tüm09].

Mit der AR kann die reale mit der virtuellen Welt verschmelzen [Ade20]. Das heißt, dass bei der AR die reale Welt um virtuelle Elemente ergänzt wird. Im Vergleich zur AR wird die virtuelle Umgebung bei der VR komplett durch den Computer generiert. Der Unterschied zwischen VR und AR kann zahlenmäßig durch den Prozentanteil der computergenerierten Elemente in einer Szene beschrieben werden [Tüm09].

2.1.3 Historische Entwicklung

Der im Jahr 1999 erschienene Science-Fiction-Film „The Matrix“ erzählt von einer Welt in der Zukunft, die durch VR geschaffen wurde und inspiriert damit die Erwartungen der Menschen an die VR-Zukunft. Erstmals wurde das Konzept von VR in der von Stanley G. Weinbaum geschriebenen Kurzgeschichte „Pygmaion’s Spectacles“, aus dem Jahr 1935 erwähnt [Ö20]. Das Aufkommen leistungsfähiger Grafikcomputer und 3D-Engines in den 1980er und 1990er Jahren trieb die Entwicklung des VR-Bereichs voran. Diese neuen Möglichkeiten erlauben es Designern, immersive 3D-Umgebungen für verschiedene Anwendungsbereiche der VR zu schaffen [Bru15, p. 20]. Tomasz Mazuryk und Michael Gervautz [MG96] beschrieben einen Blick der Forschungen von 1960 bis 2000 im Bereich der VR. Basierend auf ihrer Zusammenfassung kann der Entwicklungsüberblick über die Forschungen und Meilensteine bis zum Jahr 2020 erweitert werden [MG96, Bru15, OL20, SFF17, Gig93, H⁺95, Hei62, Iva65, Car93, Car93, KGH85, Mar13]:

- **Sensorama** - Im Jahr 1957 legte der Filmmacher Morton Heilig den ersten konkreten Entwurf eines VR-Systems vor. Das Konzept zeigt einen Automaten, in dem ein stereoskopischer Film abgespielt werden kann. Danach lässt sich Heilig [Hei62] im Jahr 1962 sein Konzept patentieren, das „Sensorama“. Dies ist der erste VR-Prototyp.

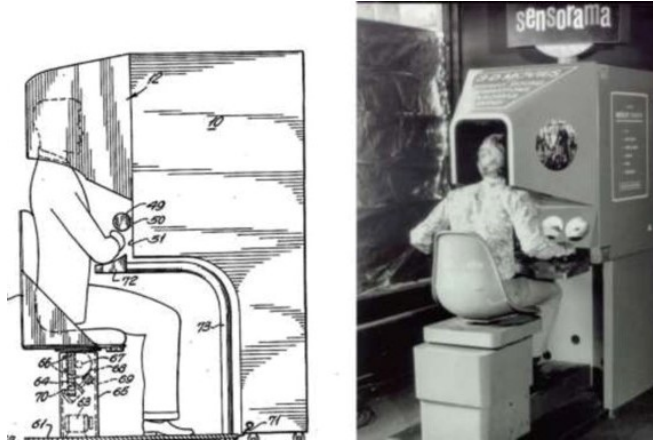


Abbildung 2: Links: Skizze, Rechts: Darstellung des von Morton L. Heilig (1962) entwickelten Sensorama-Simulators. Diese Erfindung gilt als der erste Simulator, der mehrere Sinne stimulieren kann [Hei62] [SOVR17].

- **The Ultimate Display und „The Sword of Damocles“** - Wie in dem Abschnitt 2.1.1 erwähnt, ist es ein Konzept eines interaktiven Displays [Iva65]. Drei Jahre nach dem Konzept des ultimativen Displays wurde das erste HMD entwickelt, dessen Konstruktion heutigen VR-Brillen ähnelt. Weil es ziemlich groß und schwer und durch mechanische Verbindungen an der Raumdecke befestigt war, nennt man es „Damoklesschwert“.



Abbildung 3: Das Ultimate Display von Ivan Sutherland (1965). Diese Erfindung gilt als das erste Head Mounted Displays (HMD) [Iva65].

- **GROPE** - Der erste Prototyp eines Force-Feedback-Systems wurde 1971 an der Universität von North Carolina entwickelt.
- **VIDEOPLACE** - Das Konzept der „Artificial Reality“ stammt von Myron Krueger [KGH85] aus dem Jahr 1975. Das VIDEOPLACE-System kombiniert das Live-Videobild eines

Teilnehmers mit einer computergrafischen Welt.



Abbildung 4: VIDEOPLACE von Myron W. Krueger, [KGH85]. Das System ist in der Lage, die Handbewegungen einer Person zu erkennen. (Quelle: SIGGRAPH 1985: Art Show)

- **VCASS (Visually Coupled Airborne Systems Simulator)** - Thomas Furness entwickelte 1982 den fortschrittlichen Flugsimulator, welcher auf der HMD-Technologie basiert.
- **VIVED (Visual Environment Display)** - Ab 1984 wird das erste einfarbige Head-Mounted Display VIVED von der NASA zum Astronautentraining verwendet.
- **VPL** - Das von Jaron Lanier gegründete Unternehmen VPL Research bot einen Datenhandschuh namens Dataglove (1985) und ein HMD namens EyePhone (1988). Der Dataglove ermöglicht die Verwendung des menschlichen Körpers als Eingabegerät.
- **BOOM (Binocular Omni-Orientation Monitor)** - Das BOOM ist ein hochauflösendes stereoskopisches Betrachtungsgerät, das von Fake Space im Jahr 1989 entwickelt wurde. Der Bildschirm und das optische System sind in einer Box untergebracht, die an einem mehrgliedrigen Arm befestigt ist. Man kann durch zwei Löcher die virtuelle Welt in der Box sehen und die Box in jede beliebige Position innerhalb des Betriebsbereichs des Gerätes lenken [Mar13].

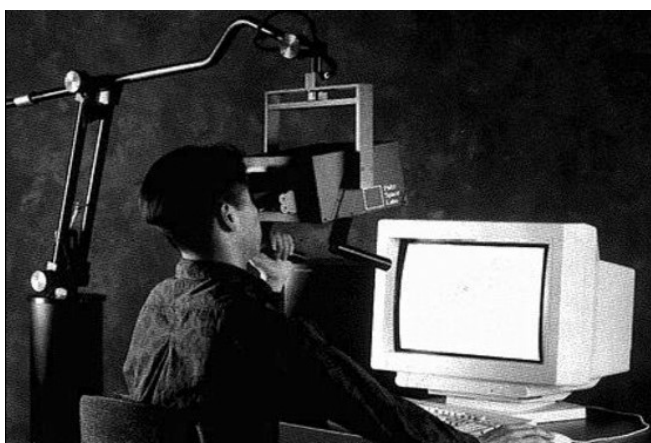


Abbildung 5: Das Binocular Omni-Orientation Monitor (BOOM) [SFF17]

- **Cave Automatic Virtual Environment (CAVE)** - CAVE ist ein 1992 vorgestelltes virtuelles Visualisierungssystem. CAVE benutzt keine HMD-Technologie, sondern die projiziert stereoskopische Bilder auf die Wände eines Raumes. Der Benutzer muss eine LCD-Shutterbrille tragen. Im Vergleich zu HMD-basierten Systemen bietet der Ansatz eine bessere Qualität und Auflösung der angezeigten Bilder und ein größeres Sichtfeld.

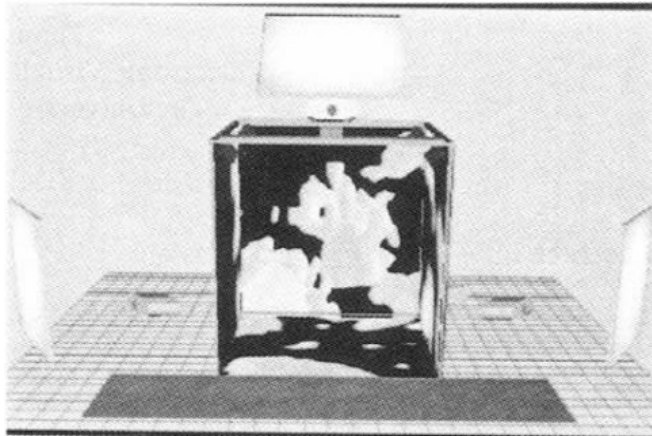


Abbildung 6: Raum mit von Cave Automatic Virtual Environment (CAVE) projizierten Bildern einer dreidimensionalen Illusionswelt [Car93]

- **„SEGA VR“ von Sega, „Virtual Boy“ von Nintendo, „CyberMaxx“ von VictorMaxx, „VFX1“ von Forte Technologies usw.** - Im Zeitraum von 1987 bis 1995 entstanden zahlreiche neue VR-Systeme für verschiedene Plattformen am Markt [OL20, p. 307]. Wegen der damaligen technischen Beschränkungen erreichten all diese Systeme noch nicht die Erwartungen des Marktes.
- **Google Cardboard** - Im Jahr 2014 wurde das auf mobilen Smartphones basierte VR-System Cardboard vorgestellt, mit dem Ziel der Masse die Möglichkeit zu geben, VR zu einem niedrigen Preis zu erleben. Es funktioniert mit einem Android Smartphone, welches als Recheneinheit und Display genutzt wird.



Abbildung 7: Google Cardboard (Quelle: Google)

- **„Gear VR“ von Samsung** - Im Jahr 2015 folgte die Samsung Gear VR, eine fortschrittlichere VR-Brille, die auf demselben Prinzip basiert.
- **HTC Vive, Oculus Rift und Sony PlayStation VR-Headset** - Die modernen VR

Produkte wie HTC Vive, Oculus Rift und das Sony PlayStation VR-Headset wurden im Jahr 2016 veröffentlicht und auf dem Markt vorgestellt. Es sind auf PC basierte VR-Systeme, die einen leistungsstarken Computer zum Rechnen brauchen und ein externes Trackingsystem zur Positionsbestimmung im Raum nutzen.

- **Oculus Quest und HP Reverb** - Oculus Quest, die All-In-One-Lösung für VR ist, und HP Reverb wurden im Jahr 2019 veröffentlicht. Für die Verwendung dieser VR-Brillen ist kein Computer oder Smartphone erforderlich, da die Recheneinheit bereits im Headset verbaut ist. Die Abbildung 8 zeigt die VR-Brillen von HP und Facebook Oculus.



Abbildung 8: Die aktuellen VR-Brillen von HP und Facebook Oculus. Diese sind auch die VR-Geräte, die für dieses Projekt verwendet werden. (Quelle: Eigener Entwurf nach HP und Oculus)

2.1.4 Aktuelle VR-Systeme

Aktuelle VR-Systeme lassen sich grob in zwei Kategorien einteilen - brillenbasierte Verfahren und Autostereoskopie. Die brillenbasierte Technologie ist die klassische Methode zur Erzeugung stereoskopischer Wahrnehmung. Im Rahmen dieser Arbeit werden unterschiedliche HMDs beschrieben, die grob drei Kategorien umfassen:

- **Smartphone-basierte VR-Systeme** Diese VR-Systeme basieren auf einem mobilen Smartphone, das als Rechereinheit und auch als Display genutzt wird (siehe Beispiel in Abbildung 7).
- **VR PC-basierte VR-Systeme** Diese VR-Systeme benötigen einen PC als Rechner und externe Trackingsysteme zur Positionsbestimmung im Raum (Siehe Beispiel in Abbildung 8 links HP Reverb).
- **VR All-in-one VR-Systeme** Diese VR-Systeme haben alle Rechereinheiten integriert, sind kabellos und benötigen keine externen PC (siehe Beispiel in Abbildung 8 rechts Oculus Quest).

Bei anderen Erweiterte-Realität-Systemen wie Microsoft HoloLens, liegt der Fokus nicht auf VR, sondern auf AR. Magic Leap verwendet kein klassisches Display, sondern setzt

ein digitales Lichtfeld ein. Die Lichtfeld-Technologie ermöglicht es, Lichtstrahlen aufzunehmen und zusätzliche Informationen zur Bildtiefe zu speichern, wie etwa die Intensität und die Richtung der Lichtstrahlen. Es weitet die Interaktionsmöglichkeiten durch die Erfassung dieser zusätzlichen Informationen aus [HK20].



Abbildung 9: Ein Powerwallsystem (Quelle: TH Nürnberg)

Bei Autostereoskopie handelt es sich um Technologien der 3D-Darstellung. Bei autostereoskopischen Displays bekommt man Stereo ohne Brille. CAVE [CNSD93] und Powerwall benötigen zusätzliche 3D-Brillen [Küs16]. Powerwall bezeichnet große, hochauflösende Bildflächen. Das Bild wird über das Verbinden mehrerer Bildschirme oder speziell kalibrierter Projektoren erzeugt (siehe Abbildung 9) [Küs16]. CAVE ist ein Mehrseitenprojektionssystem. Der Benutzer steht in einem Raum, in dem die Wände, teilweise auch der Boden und die Decke, die Projektionsflächen darstellen (siehe Abbildung 6).

In Tabelle 1 ist ein Überblick über aktuelle VR-Systeme zu sehen.

Tabelle 1: Aktuelle VR-Systeme [Gra16] [Küs16]

Technologie	Beispiele	ist HMD
Smartphone	Google Cardboard	Ja
PC	HTC Vive, Facebook Oculus Rift, HP Reverb, Valve Index	Ja
All-in-one	Oculus Go, Oculus Quest	Ja
Autostereoskopie	Powerwall, CAVE, VR-Bench	Nein

2.1.5 Charakterisierungen der VR

Grigore C. Burdea und Philippe Coiffet [Gri03] schlagen drei grundlegende Charakterisierungen der VR vor: Immersion, Interaktion und Imagination. Sie definieren dabei Interaktion als die Echtzeit-Reaktion einer virtuellen Umgebung (Englisch: Virtual Environment, kurz VE) auf Benutzereingaben und Immersion als die Stimulation mehrerer Sinneskanäle, die ein Gefühl der Einbeziehung in die virtuelle Umgebung vermittelt.

Darüber hinaus beschrieben sie basierend auf die Idee von Sheridan [She00] die Imagination als die Fähigkeit des Geistes, nicht existierende Dinge wahrzunehmen [BPQ21].

Die Immersion bezeichnet das sogenannte „Eintauchen“ in die angebotene virtuelle Welt, welches als das Hauptmerkmal der VR gilt [Wit18, p. 127] [OL20, p. 14]. Der Nutzer hat den subjektiven Eindruck, dass er sich bereits in der virtuellen Welt befindet, in der er verschiedene virtuelle Objekte im virtuellen Raum gezielt bewegen, sehen, berühren, hören und riechen kann. Damit vergisst der Nutzer seine reale Umgebung und taucht in die virtuelle und simulierte Welt ein, wodurch er zu einem integralen Bestandteil des Systems wird. Nach Mel Slater und Sylvia Wilbur [SW97] basiert die Immersion auf vier technischen Eigenschaften der Ausgabegeräte: a) Die menschlichen Sinneseindrücke sollen möglichst durch den Computer generiert werden, was bedeutet, dass der Nutzer fast vollständig von der realen Umgebung isoliert wird; b) möglichst viele Sinne sollen mit einbezogen werden; c) die Ausgabegeräte sollen ein breites Sichtfeld bieten, um den Nutzer vollständig zu umgeben; d) die Ausgabegeräte sollen eine möglichst lebendige Darstellung durch hohe Auflösung und gute Qualität der Farbdarstellung bieten [OL20, p. 14]. Die Immersion ist somit von verschiedenen Ein- und Ausgabegeräten und technischen Darstellungen abhängig. Der Immersionsgrad wird durch die Größe des Sichtfeldes, die Größe des Displays, die Auflösung des Displays, die Verfügbarkeit von Stereoskopie, die Verwendung von Head-Tracking, die Framerate, die Updaterate und die Latenzzeit beeinflusst [CA13] [Mel03] [OL20, p. 15].

Interaktion bezieht sich darauf, dass die Ereignisse in der Simulation durch eigene Körperbewegungen gesteuert werden und diese wiederum Reaktionen in der Simulation auslösen [Chr10]. Dabei erhält der Nutzer sensorische Rückmeldungen auf seine Eingaben, z. B. die Abbildung eines virtuellen Handmodells durch Handbewegungen oder die Erkennung der Körperbewegungen in einem Raum durch das Tracking der Nutzerposition bzw. Nutzerorientierung.

Die Qualität der Nutzung von VR wird durch die gegenseitige Beeinflussung von Immersion, Interaktion und Imagination bestimmt [Mor19]. Die Imagination bezieht sich darauf, dass die VR-Technologie die Szenarien oder Dinge gestalten und erschaffen kann, die sich der Mensch vorstellt. Das heißt, dass der Nutzer durch die technisch realisierte Immersion *Imagination/Präsenz* erfährt.

Durch die Erfahrung, die Interaktion mit der Umgebung und den Einsatz der Sinne sammeln Menschen Informationen aus der Welt, um diese in den Lernprozess einzubringen. Die VR ist die Technologie, die die sensorischen Eingaben aus der realen Welt durch computergenerierte sensorische Eingaben ersetzt. Sie sorgt für die Interaktion, indem sie auf menschliche Bewegungen und natürliches Verhalten reagiert. Hinsichtlich dieser Charakterisierungen der VR stellt die VR ein leistungsfähiges technologisches Hilfsmittel dar. Im Bereich des Bildungswesens kann damit eine virtuelle Umgebung angeboten werden, die das Lehren und Lernen unterstützt. Es ermöglicht den Studenten und Schülern komplexe Szenarien und Situationen zu erleben oder im realen Leben gefährliche oder unmögliche Erfahrungen zu sammeln, anstatt sich die Szenarien selbst vorzustellen [Chr10] [Ser20].

2.1.6 Uncanny Valley-Effekt

Der Uncanny Valley-Effekt beschreibt einen paradoxen Effekt in der Akzeptanz dargebotener künstlicher Figuren durch das Publikum [PN21]. Dieser Effekt wurde erstmals in den 1970er Jahren von dem japanischen Robotikforscher Masahiro Mori beschrieben. Er hängt mit einer Akzeptanzlücke digitaler Avatare beim Zuschauer zusammen. Je näher der Avatar an einem fotorealistischen Bild ist, desto höher ist der Akzeptanzwert. Das Problem liegt an der Schwelle zum Fotorealismus. Diese Erkenntnisse lassen sich auch auf eine Kombination aus haptischem Feedback von Objekten und verschiedenen simulierten Sinneseindrücken übertragen [Ger18]. Abbildung 10 zeigt den Uncanny Valley-Effekt.

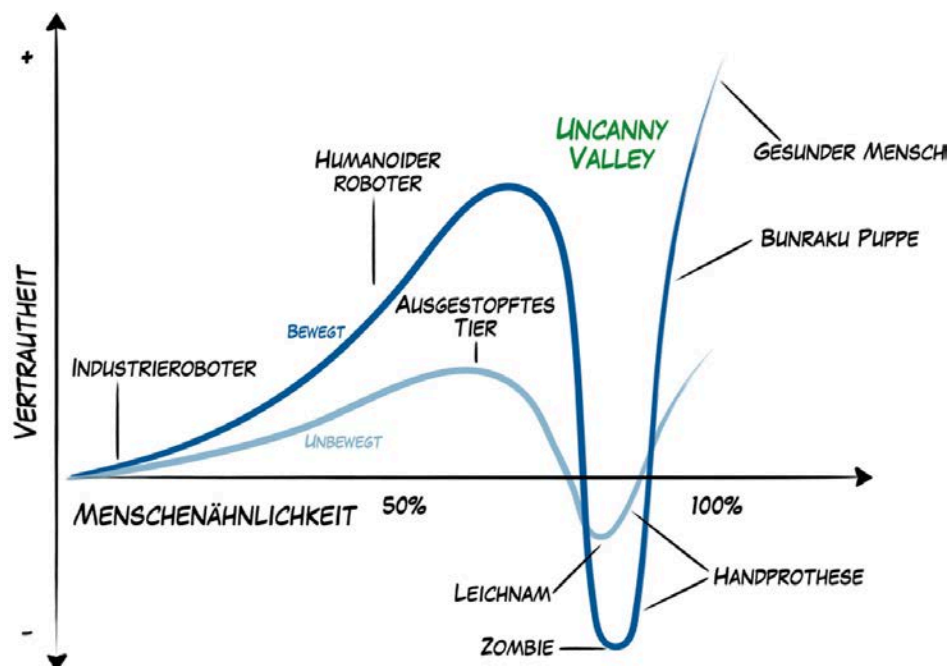


Abbildung 10: Der Uncanny-Valley-Effekt [PN21]

2.1.7 Anwendungsbereiche

VR wird schon seit Jahrzehnten in einer Vielzahl von Bereichen eingesetzt. Im Konsumbereich wird die VR-Technologie schon lange für Videospiele, Filme, Anwendungen für sportliche Aktivitäten und interaktives Marketing angewendet. In der Industrie, der Medizin und der Militär wird sie zu Simulations- und Entwicklungszwecken eingesetzt. In den letzten Jahren hat sich VR zum neuen „Must-Have“ in den Bereichen Bildung, Personalwesen und bei Schulungen in Unternehmen entwickelt.

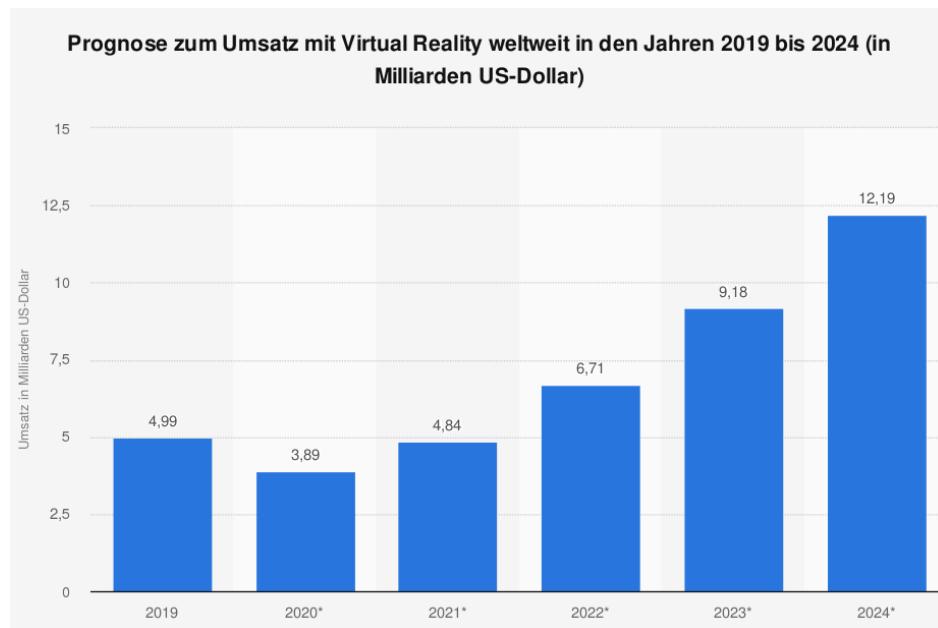


Abbildung 11: Prognose zum weltweiten Umsatz mit Virtual Reality bis 2024 (Quelle: ARTillery Intelligence)

Eine im Jahr 2020 erhobene Studie prognostizierte, dass der damalige Umsatz der VR-Branche von 3,89 Milliarden US-Dollar auf rund 12,19 Milliarden im Jahr 2024 steigen wird (Siehe Abbildung 11). Vor dem Hintergrund einer steigenden Zahl von Nutzern und sich erweiternden Anwendungsbereichen gibt es immer mehr Bildungs- und Lernprojekte, um die Möglichkeiten der VR-Technologie für Bildung zu erkunden. Dieses Projekt ist die Erforschung der Anwendung der VR im Bereich des Biotechnologie-Unterrichts.

2.2 Biotechnologie

Im Rahmen dieser Arbeit soll VR im Bereich Biotechnologie angewendet werden. Um den ausgewählten Biotechnologie-Prozesses besser zu verstehen, wird im Folgenden die Theorie der Biotechnologie vorgestellt.

Das thematische Spektrum der Biotechnologie ist groß. Unter dem Begriff der Biotechnologie versteht man „die Anwendung wissenschaftlicher und technischer Prinzipien zur Produktion biologischer Materialien und Agenzien“ [Din11] [Müh17]. Biotechnologie findet in vielen Bereichen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. In Abbildung 12 werden heutige Anwendungsbereiche aufgeschlüsselt. In dieser Arbeit wird auf die Biotechnologie eingegangen, die im täglichen Leben zu beobachten ist.

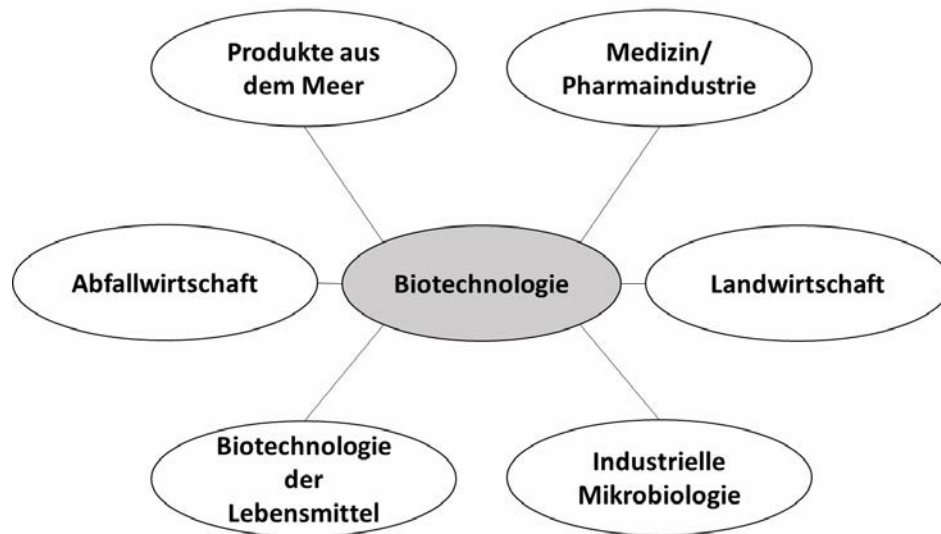


Abbildung 12: Biotechnologie in unterschiedlichen Bereichen (Quelle: Eigener Entwurf nach [Thr20])

2.2.1 Biotechnologie im Alltag



Abbildung 13: Die Biotechnologie im Alltag. (Quelle: Diagramm von Sabine Hecher)

Die Biotechnologie ist in der täglichen Lebenswelt der Menschen allgegenwärtig. Die

Biotechnologie ist eng mit dem Leben der Menschen verknüpft und hat einen großen Einfluss auf die Lebensqualität. Viele Beispiele der Biotechnologie aus verschiedenen Bereichen finden sich im Alltag wieder, z. B. der Joghurt und Brot in der Küche, das Waschmittel im Bad, der Biodiesel in Fahrzeugen usw. Abbildung 13 zeigt Beispiele aus verschiedenen Bereichen der Biotechnologie im Alltag.

Biotechnologische Verfahren werden von Menschen bei der Herstellung von Joghurt, Bier und Brot und allgemein zur Konservierung von Lebensmitteln genutzt. Außerdem werden sie zur gentechnischen Veränderung bei der Pflanzenzüchtung, beim Herstellen von Dämmstoffen mit Stärke, bei der Herstellung von Medikamenten mit Mikroorganismen, bei der Herstellung von Bio-Kraftstoffen aus Stroh, sowie für die Produktion von sauberen Wasch- und Reinigungsmitteln usw. verwendet.

Neben der in dieser Arbeit behandelten Joghurtherstellung, sind für das VR-Biotech-Haus noch viele weitere Szenarien denkbar. In Tabelle 2 ist eine Reihe von Produkten im jeweiligen Haushaltsbereich mit Potential für eine zukünftige Implementierung gelistet. Bei der Mehrheit handelt es sich um Nahrungsmittel und andere alltägliche Produkte.

Tabelle 2: Beispiele aus verschiedenen Bereichen der Biotechnologie, die in einem Durchschnittshaushalt anzutreffen sind (Tabelle von Dorit Beck, Hochschule Anhalt)

Hausbereich	Produktbeispiele	Mikroorganismen/ Enzyme
Küche	Joghurt	Milchsäurebakterien
	Brot, Sauerteig	Milchsäurebakterien, Hefen, Enzyme
	Bier	Hefen
	Zitronensäure in Getränken	Schimmelpilze
Bad	Badreiniger mit Zitronensäure	Schimmelpilze
	Waschmittel-Enzyme	Enzyme
	Dextran	Bakterien und Enzyme
Schlafzimmer	Medikamente z. B. Penicillin	Schimmelpilze
	Therapeutika z. B. Insulin für Zuckerkranken	Gentechnisch veränderte Bakterien
Wohnzimmer	Lautsprechermembranen oder Möbel aus bakterieller Zellulose	Bakterien
Garten	Kompost	Bakterien, Pilze, Einzeller
Garage	Bioethanol, Biodiesel	Hefen, Enzyme, Algen
Dach	Dämmstoffe	Bakterien

2.2.2 Technik der Joghurtherstellung

Der Begriff „Joghurt“ stammt ursprünglich aus dem Türkischen und bedeutet „gegorene Milch“. Die Geschichte des Joghurts reicht bis ins fünfte Jahrhundert v.Chr. zurück [FM15]. Die Joghurtkulturen fermentieren Milch zu Joghurt. Diese Kulturen werden seit mindestens 4.000 Jahren zur Herstellung oder Konservierung von Lebensmitteln verwendet. Im Jahr 1905 wurden die ersten Joghurtkulturen bzw. Milchsäurebakterien vom bulgarischen Natur- und Medizinwissenschaftler Stamen Grigorow im Joghurt entdeckt. Der Prozess der Joghurtherstellung durch Milchsäurebakterien wird als Fermentation bezeichnet. Joghurt kann in flüssiger oder fester Form hergestellt werden. Die Herstellungsmethode basiert auf einem Stoffwechselprozess, bei dem der Milchzucker (Lactose) in Milchsäure umgewandelt wird [Jan20]. Joghurt enthält wichtige Nährstoffe und oftmals Zusätze wie Probiotika, Ballaststoffe, Vitamine und Mineralien. Joghurt lässt sich auch durch Süßungsmittel, Früchte oder Aromen verändern, um die Konsistenz und den Geschmack zu beeinflussen [FM15].

Bei der Joghurtherstellung reift die Milch zusammen mit den Joghurtkulturen bei warmen Temperaturen von 40 bis 45 Grad Celsius. Die Auswahl der Inkubationstemperatur hat einen großen Einfluss auf das Verhältnis der verschiedenen Arten von Mikroorganismen. Temperaturen von über 40 Grad Celsius sind bspw. förderlich für *Lactobacillus bulgaricus*, Temperaturen von unter 41 Grad Celsius begünstigen die Bildung der *Streptococcus thermophilus* [Jan20]. Streptokokken oder Lactobacillen sind zwei Arten der Milchsäurebakterien.

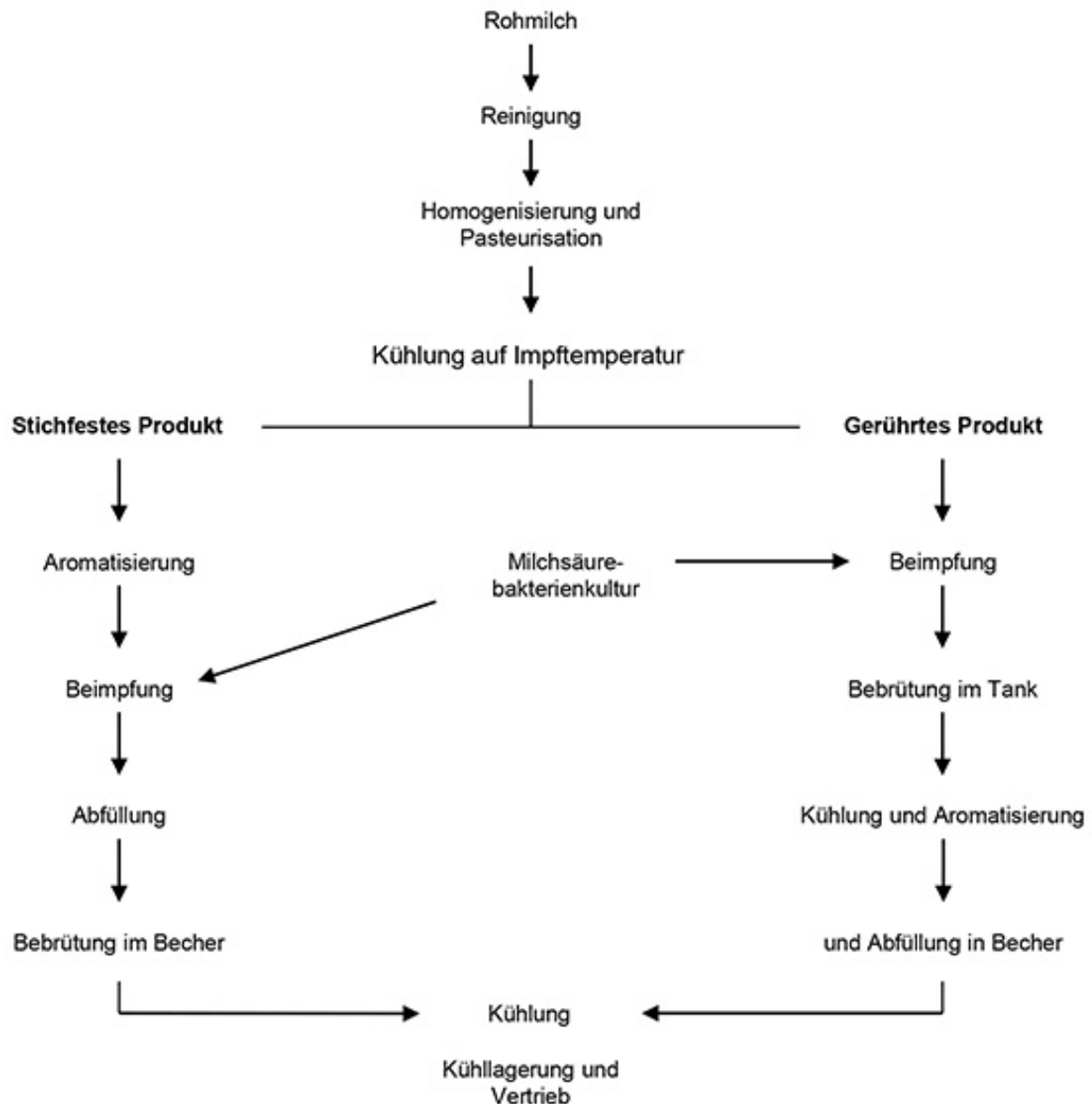


Abbildung 14: Allgemeines Verfahren zur Herstellung von Joghurt und Sauermilch. Bei dem Verfahren wird grundsätzlich zwischen der Herstellung von stichfesten und gerührten Produkten unterschieden [Agr21].

Das grundlegende Flussdiagramm für die technische Joghurtherstellung ist in Abbildung 14 dargestellt. Zur Joghurtherstellung werden dem Gärsubstrat Milch Milchsäurebakterienkulturen beigemischt. Es gibt zwei verschiedene Verfahren für die Produktion von Joghurt: 1) Der stichfeste Joghurt reift direkt im Glas; 2) Der cremige Joghurt reift unter schwachem Rühren im Tank, dabei wird zusätzlich Magermilchpulver als Stabilisator verwendet [Jan20].

Im Gegensatz zur industriellen Herstellung von Sauermilchprodukten sind der Prozess und die Anforderungen für die Joghurtherstellung zu Hause oder im Labor relativ einfach. Der Prozess der Rohmilchbehandlung kann hierbei durch die Verwendung von fertiger H-Milch aus dem Supermarkt übersprungen werden. Vor der eigentlichen Fermentation wird die Milch auf 30 bis 42 Grad Celsius vorgeheizt. In diesem Zustand werden

der Milch die Milchsäurebakterien hinzugegeben und untergemischt. Dieser Vorgang wird „Impfung“ genannt. Hierbei ist die joghurtartige Konsistenz noch nicht erreicht. Dazu wird die geimpfte Milch in Gläser oder Becher eines Joghurtbereiters gefüllt und warm gehalten. Die Inkubation erfolgt über 2 bis 8 Stunden. Dabei hält der Joghurtbereiter wie ein Brutschrank die Temperatur bei 40 bis 45 Grad Celsius [Jan20]. Dieser Vorgang wird Gärung genannt. Mit der Zeit verfestigt sich die Dickmilch zu Joghurt, der dann abgekühlt und bei niedriger Temperatur gelagert wird.

3 Stand der Forschung und Technik

Virtual Reality bietet eine für viele Anwendungsszenarien lohnenswerte Technologie, in diversen Bereichen. In diesem Kapitel werden der aktuellen Stand der Forschung und Technik beschrieben. Hierbei liegt der Hauptfokus der Literaturrecherche auf der Diskussion der Forschungsergebnisse von VR in der Bildung, Biotechnologie und Biotechnologie im Unterricht. Zum besseren Verständnis darüber wird die bestehende Literatur analysiert.

Es erfolgte eine systematische Literaturrecherche [KPB⁺ 10] mit den Suchinstrumenten Google Scholar, SpringerLink, ACM Digital Library, IEEE Xplore und ScienceDirect. Sie trägt dazu bei, die folgenden Forschungsfragen (RQ) zu beantworten:

- RQ1: Was sind die Auswirkungen der VR-Technologie auf den jeweiligen Lernprozess?
- RQ2: In welchen Szenarien im Bereich der Bildung und Biotechnologie wird die VR-Technologie bereits angewandt?
- RQ3: Welche Situation besteht derzeit beim digitalen Lehren an der Hochschule Anhalt?

3.1 Auswirkungen auf den Lernprozess mit VR-Technologie

Ein wichtiges Anwendungsgebiet für VR-Technologie ist die Digitalisierung der Aus- und Weiterbildung mit VR. Es werden bereits verstärkt unterschiedliche Informations- und Medientechnologien in Lehrprozessen eingesetzt [ZWMT18]. Die Einsatzmöglichkeiten von VR sind dabei vielseitig.

Bayron Chavez und Sussy Bayona [CB18] untersuchten im Rahmen ihrer Meta-Studie 30 Arbeiten, die zwischen 1999 und 2017 zum Thema „VR im Lernprozess“ veröffentlicht wurden. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Eigenschaften der Interaktion und Immersion die wichtigsten sind, mit denen die VR-Technologie den Lernprozess unterstützt. Durch den Einsatz einer virtuellen Lernumgebung kann eine Verbesserung des Lernerfolgs und eine Steigerung des Interesses am Lernen erreicht werden. Außerdem ermöglicht VR den Nutzern eine realitätsnähere Lernerfahrung als die klassische theoretische Vermittlung von Inhalten.

Guido Makransky et al. [MTM19] haben Forschungen zur Auswirkung von immersiver VR auf wissenschaftliche Laborversuche durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Nutzer beim Einsatz von VR motivierter und engagierter waren, aber weniger Lerninhalte aufnahmen als beim klassischen Laborversuch. Anhand der EEG-Ergebnisse konnte auch eine signifikant höhere kognitive Belastung festgestellt werden. Beim Lernen in VR werden die Lernenden teils stärker abgelenkt, was zu schlechteren Lernergebnissen führen kann.

Jaziar Radianti et al. [RMFW20] haben den aktuellen Stand der VR-Anwendungen in der

Hochschulbildung systematisch untersucht. Sie stellten fest, dass Lehrmethoden und Prinzipien des Lernens bei der Entwicklung von VR-Anwendungen oft nicht berücksichtigt werden. Bei der Bewertung von VR-Anwendungen im Bildungsbereich liegt der Fokus häufig auf der Benutzerfreundlichkeit und nicht auf dem gewünschten Lernerfolg.

Kai Buehler und Andreas Kohne [BK20] beschrieben, dass VR-Lernumgebungen die Lernenden durch Konfrontation mit einer Situation proaktiv zum Lernen anregen. Dabei kann auch die intrinsische Motivation des Lernenden und die Begeisterung für neue Themen geweckt werden. Aber im Moment ist die Anschaffung von VR-Geräten für die Lehre noch kostspielig und es mangelt an der Infrastruktur sowie an lernspezifischen, hochkarätigen Produkten und hochwertigen virtuellen Inhalten. Außerdem ist VR noch kein Ersatz für traditionelle Lehrmethoden.

Niedermeier und Müller [NMK19] haben eine Umfrage durchgeführt, um herauszufinden, was Studenten über VR/AR in der Lehre denken. Die Ergebnisse zeigen, dass VR und AR noch nicht Teil des pädagogischen Alltags sind. Das Thema VR und AR ist nicht neu, aber den Studenten fehlt es an Wissen über AR- und VR-basierte Lernszenarien. Nach Meinung der Studenten sind AR und VR als Ergänzung zum digitalen Lernbereich durchaus sinnvoll.

Zender et al. [ZWHS18] beschreiben die Chancen und Herausforderungen des Einsatzes von VR/AR beim Lehren und Lernen. Die Ergebnisse des erfolgreichen Einsatzes von VR/AR beim Lernen zeigen noch einen eher geringen Reifegrad. Die Entwicklung von VR/AR-Lernanwendungen sollte als technisch anspruchsvoll angesehen werden. Oft ist der Erfolg des Lernens keine technische Frage, sondern eine Planung und Umsetzung des Lehrens und Lernens. Daher wird die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit z. B. der Pädagogik, in den kommenden Jahrzehnten unerlässlich sein.

AlFarsi et al. [AMY20] beschreiben, dass die Grenzen des Einsatzes von AR/VR beim Lehren und Lernen nicht in der Innovation selbst liegen, sondern in der Art und Weise, wie die Innovation eingesetzt wird.

3.2 Aktueller Stand der Technik von VR im Bereich der Bildung bzw. der Biotechnologie

Angela Odame [Oda21] hat eine Studie durchgeführt, um die Wirksamkeit des Einsatzes von VR-Technologie für den Unterricht in der menschlichen Herzanatomie im Vergleich zu klassischen zweidimensionalen digitalen Lehrmethoden zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigten, dass immersive VR-Lehrmittel den Schülern ein insgesamt positiveres Lernerlebnis vermittelten. Es wurden jedoch keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Frage festgestellt, welche Lernmethode für das Lernen über das Herz effektiver war.

Benvegnù et al. [BFOG21] führten ein vergleichendes Experiment durch, in dem sie die Unterschiede zwischen virtueller Realität und traditionellen Trainingsmethoden bei der Ausbildung von Feuerwehrleuten verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass der VR Trainingsansatz in Bezug auf den Erwerb von Fähigkeiten und die Beibehaltung von Engage-

ment und Konzentration positiver bewertet wurde als der traditionelle Trainingsansatz.

Lerner et al. [LMS⁺20] entwickelten eine virtuelle Multi-User-Simulationsumgebung für die Aus- und Weiterbildung in der Notfallmedizin. Das Lehren in der virtuellen Realität wurde mit dem traditionellen Medientraining verglichen und die Ergebnisse zeigten, dass das Training in einer virtuellen Simulationsumgebung eine effektive Lehrmethode ist. Eingeschränkt wurde der Lerneffekt durch die in diesem Fall physikalisch weniger gute Simulation, so dass der Präsenzeffekt in der virtuellen Umgebung als nicht ausreichend empfunden wurde.

Zhang et al. [ZPCC19] haben BioVR entwickelt, eine VR-gestützte Plattform zur Darstellung von und Interaktion mit DNA/RNA-Sequenzen und Proteinstrukturen in einer virtuellen Umgebung. Forscher können genetische Genlocus (lat: Loci) von Interesse in der virtuellen Realität lokalisieren. Dies ermöglicht einen neuen Arbeitsablauf für Forscher.

Salvatore et al. [SVO⁺21] führten eine Studie durch, um die VR-Technologie bei der präoperativen Planung von Wirbelsäulenoperationen einzusetzen. Bisher wurden zweidimensionale Bilder der Anatomie direkt betrachtet. Mit der VR kann der Chirurg interagieren und das dreidimensionale anatomische Modell direkt betrachten. Ihre Folgestudie mit 30 VR-Gruppen zeigte, dass VR die Operationszeit und die Blutung signifikant reduziert und gleichzeitig die Zufriedenheit der Chirurgen mit dem Gesamtverlauf der Operation erhöht wurde. Darüber hinaus erwies sich das VR-Programm als reproduzierbar und kosteneffizient.

Guo et al. [GDZ] haben eine virtuelle Lehrumgebung für das Virtual Physical Sensors Lab entwickelt und erprobt. Das aktuelle Thema ist "SSensoren in Kraftfahrzeugen", bei dem zunächst die Grundlagen der Physik vermittelt werden. In einer Studie mit 145 Schülern in einer Berufsschule wurde festgestellt, dass VR die Lernergebnisse der Schüler in Bezug auf die räumliche Präsenz und die Prozessenerfahrung im Vergleich mit der zuvor benutzten Desktop-Applikation verbessert wurden.

Hönig et al. [HSH⁺21] haben einen Einsatz der Mixed-Reality-in-the-Loop Simulation (MRiLS) zur Schulung technischer Fachkräfte im Maschinen- und Anlagenbau vorgeschlagen. MRiLS wendet Mixed-Reality-Visualisierungs- und Interaktionstechnologie auf die Mechanik an. MRiLS ermöglicht die vollständige Integration von Menschen in die Simulationskreisläufe, und mehrere Benutzer können mit Maschinen auf der Grundlage interaktiver Abstraktionen interagieren, unabhängig vom Standort.

3.3 Zusammenfassung und Schwerpunktauswahl

In mehreren früheren Studien wurde festgestellt, dass die VR-Technologie das Interesse am Lernen erhöht und die Lernergebnisse verbessert hat. Die VR-Technologie kann komplexe und gefährliche Trainingsumgebungen simulieren und die gewünschten Szenarien rekonstruieren.

Es gibt auch viele Einschränkungen und Lücken beim derzeitigen Einsatz von VR-Technologie in der Bildung. Beispielsweise können VR-Bildungsumgebungen die Lernenden ablen-

ken und so zu schlechteren Lernergebnissen führen. Die bessere Integration von VR-Technologie in das Lehren und Lernen ist ein Thema, das dringend erforscht werden muss. Bei der Bewertung aktueller Anwendungen werden in der Regel nur technische Bewertungen berücksichtigt, anstatt sich auf die Lernergebnisse und die Gestaltung der Lerninhalte zu konzentrieren. Daher wird sich die Entwicklung dieser Anwendung auf die Zusammenarbeit mit Lehrern konzentrieren, um VR-Anwendungen zu entwickeln, die Lehrmethoden bezogen auf den jeweiligen Lehrinhalt berücksichtigen.

Obwohl VR-Technologien sich selbst zunehmend einer massentauglichen Reife nähern [KHHL21, p.9], ist die Nutzung von VR für das Lernen noch relativ unausgereift. Bei der Anwendung auf das Lehren und Lernen fehlt den Studenten oft das Verständnis für die Lernszenarien und virtuellen Interaktionen. Daher wird in diesem Projekt ein Trainingsraum für VR-Interaktionen als Ergänzung zum VR-Lernen zur Verfügung gestellt.

Insgesamt ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Disziplinen ein wichtiger Schwerpunkt für die Integration von VR in Bildungsanwendungen.

3.4 Situation beim digitalen Lehren an der Hochschule Anhalt

Die aktuellen digitalen Lehrmethoden an der Hochschule Anhalt basieren auf klassischen Medientechnologien [ANH21]. Als Folge der Corona-Pandemie verwenden die meisten Professoren Software wie Jitsi, Webex, Zoom usw. für den Online-Unterricht. Die digitale Lehre an der Hochschule Anhalt bietet vielfältige Lernangebote und Lernmöglichkeiten. Die Hochschule Anhalt untersucht derzeit das Konzept der hybriden Lernräume mit partizipativen Lernveranstaltung. Die interdisziplinären Ressourcen werden integriert, und damit eine Verbesserung der Lehre ermöglicht.

Dieses Projekt ist auch ein praktisches Beispiel für die Umsetzung dieses Konzepts. Prof. Dr. Jana Rödiger aus dem Fachbereich 7 und Prof. Dr. Johannes Tümler aus dem Fachbereich 6 versuchten, die VR-Technologie in die Lehre der angewandten Biotechnologie zu integrieren. Das Konzept des VR-Biotech-Hauses war damit geboren. Die Ergebnisse dieses Projekts werden dazu beitragen, die Lehre der angewandten Biotechnologie um eine neue Dimension zu erweitern und zeigen damit ein Beispiel für die Verbesserung eines Lehrprozesses mit VR auf.

Eine Literaturrecherche zeigt die vorhandenen Vorteile und Schwächen des VR-Einsatzes in der Bildung auf. Die VR-Anwendung kann die Lernergebnisse und das Interesse am Lernen zum Teil verbessern und die Motivation der Lernenden wecken. Es wird als eine gute Ergänzung zum digitalen Lernen gesehen. Diese interdisziplinäre Zusammenarbeit ist in den kommenden Jahrzehnten sehr wichtig, wenn VR in der Bildung eingesetzt wird. Gleichzeitig hat die Forschung aber auch gezeigt, dass VR die Lernenden ablenken kann, was unter Umständen zu schlechteren Lernergebnissen führen kann. Es mangelt an der Integration und Berücksichtigung interdisziplinärer Inhalte bei der Gestaltung von VR-Anwendungen. Lerntheorien und Lehrmethoden werden bei der Bewertung der Benutzerfreundlichkeit von VR-Anwendungen oft nicht berücksichtigt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass VR-Anwendungen im Bildungsbereich noch wenig ausgereift sind. Hier besteht Bedarf an einer besseren Gestaltung von Lerninhalten durch interdis-

ziplinäre Zusammenarbeit.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit bedeutet in diesem Projekt, dass wir engen Kontakt zu Lehrkräften aus dem Computerbereich und der Biotechnologie halten müssen, um die technischen und pädagogischen Inhalte der VR-Lehrprogramme zu gestalten. Dies wird zu einer besseren Integration von VR-Technologieanwendungen im Bildungsbereich führen. Außerdem sollten Gruppen von Anfängern in VR-Programmen so weit wie möglich berücksichtigt werden, um ihnen genügend Zeit zu geben, sich mit den VR-Szenarien und den Abläufen vertraut zu machen.

4 Biotech-Haus in VR am Beispiel Joghurtherstellung

In diesem Kapitel wird das gesamte Projekt vom Konzept bis zum Prototyp dargestellt. Die Anforderungen an die Funktionalitäten, an den zu entwickelnden Prototyp sowie an die Entwicklungsumgebung werden im Rahmen der Anforderungsanalyse beschrieben. Beginnend mit der Auswahl der Entwicklungstechnologien wird die ausgewählte Technik sowie die Werkzeuge näher beleuchtet. Anschließend wird der Prototyp definiert. Im weiteren Verlauf wird die Umsetzung der spezifizierten funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen an den Prototyp behandelt. Der gesamte Quellcode befindet sich auf dem beiliegenden Datenträger.

4.1 Agiles Projektmanagement: Vergleich zum traditionellen PM

Ein gutes Projektmanagement bildet die Grundlage für eine erfolgreiche Softwareentwicklung. Die Grundlagen zwischen traditionellem und agilem Projektmanagement (PM) werden beschrieben und die beiden Formen miteinander verglichen. In diesem Projekt wird aus später genannten Gründen das agile PM eingesetzt.

4.1.1 Phasen der Software-Entwicklung

In Abbildung 15 ist die zentralen Phasen der Software-Entwicklung zu sehen.

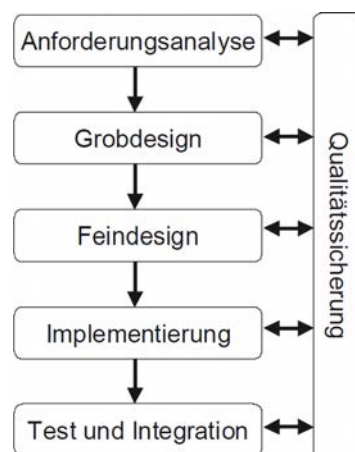


Abbildung 15: Entwicklungsphasen im Überblick, [Kle13, p. 27]

Projekte beginnen mit einer Anforderungsanalyse und umfassen dann eine Entwurfsphase (Grobdesign und Feindesign), eine Implementierungsphase sowie eine Test- und Integrationsphase.

4.1.2 Traditionelles Projektmanagement (TPM)

TPM Methoden gelten als „schwergewichtige“ Methoden. Eines der traditionellen Vorgehensmodelle ist Wasserfallmodell. Software-Projekte durchlaufen die fünf genannten Phasen von oben nach unten, weshalb die Methode als „Wasserfallmodell“ bezeichnet wird. Jede der fünf Phasen basiert auf den Ergebnissen der vorherigen Phase [Kle13, p. 28]. Das TPM basiert auf einer gründlichen Vorausplanung und Anforderungsanalyse, um Fallstricke vorherzusagen und den Entwicklungsprozess zu steuern [YHS] [BT05]. Diese Methodik erfordert auch eine umfassende Dokumentation, in der alle Details jedes Schrittes sorgfältig aufgezeichnet werden, um eine hohe Stabilität und eine genaue Kontrolle zu gewährleisten [YHS] [Boe02].

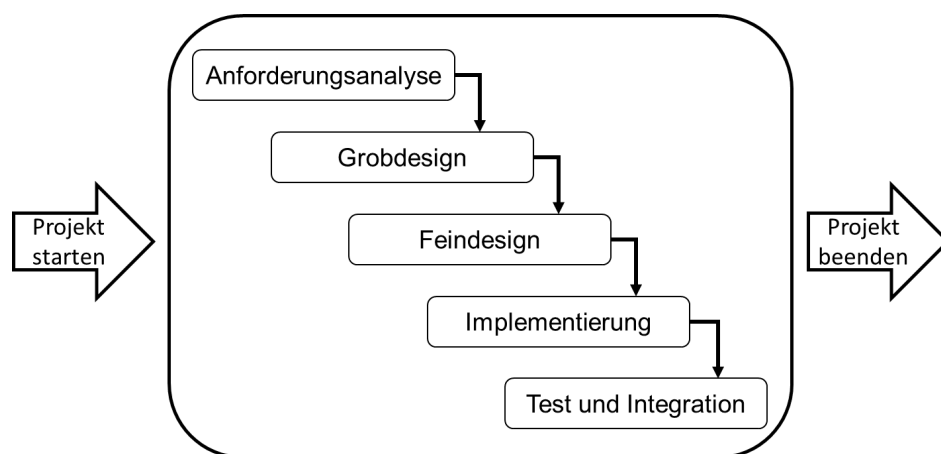


Abbildung 16: Methodik des traditionellen Projektmanagements (TPM) (Quelle: Eigener Entwurf nach [Sal14])

4.1.3 Agiles Projektmanagement (APM)

Das Manifest der agilen Methoden wurden 2001 veröffentlicht. Darin wird betont, dass der Mensch im Mittelpunkt des Projekts steht und damit die Individuen und deren Interaktion mehr als die Prozesse und die Werkzeuge gewichtet werden sollen. So können Informationen zwischen Projektbeteiligten schnell ausgetauscht werden [Kle13, p. 45].

APM bedeutet Zusammenarbeit mit dem Kunden, z. B. durch die gemeinsame Erstellung von User-Stories. Das Herzstück von APM ist nicht das Befolgen eines Plans, sondern das Reagieren auf Veränderungen. Dokumentation soll nur dann erstellt werden, wenn dies unbedingt erforderlich ist, vorzugsweise in enger Verbindung mit dem Programmcode [Kle13, p. 46]. Insgesamt steht die enge Zusammenarbeit mit dem Kunden im Vordergrund.

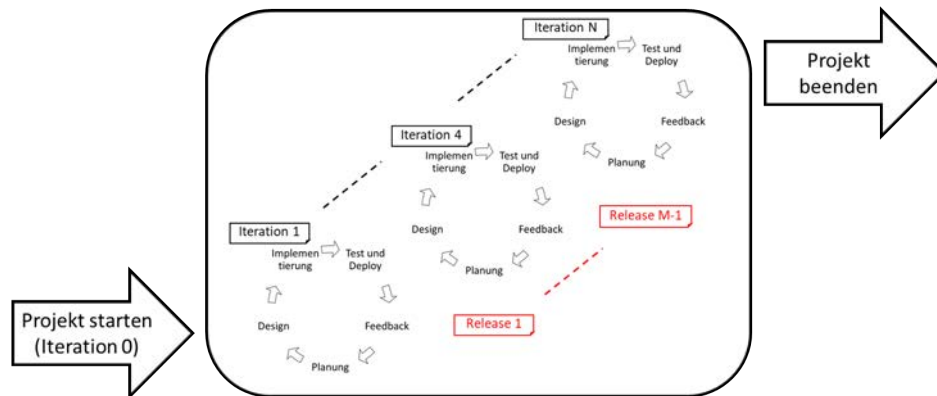


Abbildung 17: Methodik des agilen Projektmanagements (APM) (Quelle: Eigener Entwurf nach [Sal14] [Dav20])

4.1.4 Vergleich von APM und TPM

Die Unterschiede zwischen traditionellem und agilem Projektmanagement sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Unterschiede traditionelles und agiles Projektmanagement [Lin14] [Dec20]

Komponente	TPM	APM
Fundamentale Annahmen	Die Systeme sind vollständig antizipierbar sowie im Voraus spezifizierbar und können nach dieser Spezifikation erstellt und getestet werden.	Produkte werden in kleinen Teams durch Prinzipien der kontinuierlichen Designverbesserung mit raschen Tests und Kundenfeedback entwickelt.
Entwicklungsmodell	Lebenszyklusmodell (Wasserfall, Spirale etc.)	Viele Iterationen (Evolutionäres Delivery-Modell)
Kundenintegration	- Auftraggeber hat Fokus auf das finale Lieferobjekt - Einbindung über Lenkungsreis (Präsentation) - Normalerweise auf die Analysephase beschränkt	Starke Einbindung in das gesamte Projekt, auch in der Entwicklungsphase
Management-Stil	Prozessorientiert, Command-and-Control	Menschenorientiert, Leadership-and-Collaboration
Team	Oft mehr als 10 Personen	Im Normalfall weniger als 10 Personen, funktionsübergreifende Zusammensetzung
Organisationsstruktur und Prozesscharakter	Hohe Formalisierung	„One-size-fits-one“ (flexibel und partizipativ)

Tabelle 3 stellt die Unterschiede dar. Trotz der Unterschiede sind die zu durchlaufenden Entwicklungsphasen (Siehe Abbildung 15) dieselben. Im Vergleich ist APM für kleine Teams besser geeignet. Durch den kontinuierlichen Informationsaustausch hat das Entwicklungsteam zu jedem Zeitpunkt einen vollständigen Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand. Die enge Verknüpfung mit dem Kunden ermöglicht es, Risiken zu minimieren und Probleme zu identifizieren. Einer der wichtigsten Vorteile ist, dass das APM eine hohe Flexibilität bietet und auf alle Änderungen zu jeder Zeit schnell reagiert werden kann. In Tabelle 4 sind die wesentlichen Vor- und Nachteile des agilen Projektmanagements beschrieben.

Tabelle 4: Vorteile und Nachteile des agilen Projektmanagements [Dec20]

Vorteile	Nachteile
Hohe Transparenz	Nur bei hoher Verfügbarkeit des Entwicklungsteams möglich (mind. 50 % Verfügbarkeit)
Durch den schnellen, kontinuierlichen und effektiven Informationsaustausch hat das Team zu jedem Zeitpunkt einen vollständigen Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand.	Geringe Kontrolle
Hoher Vermeidungsgrad von Risiken und Problemen	Abhängigkeit der Ergebnisse vom selbstorganisierten Team
Hohe Flexibilität	Hohe Anforderungen an die Selbstständigkeit
Das Entwicklungsteam ist im Umgang mit Anforderungen flexibel. Änderungen sind zu jeder Zeit möglich und erwünscht.	Erfordert hohes Verantwortungsbewusstsein der einzelnen Teammitglieder
Risiken werden durch die frühe Abnahme und Einbindung der Inkremente in das Gesamtsystem früher erkannt	

Am Projekt des Biotechnologie-Hauses sind insgesamt fünf Personen beteiligt. Es findet ein mindestens wöchentlicher Austausch mit dem Kunden statt. Das Entwicklungsteam besteht derzeit aus weniger als zehn Personen (hier nur eine Person), deshalb mehr Flexibilität und rechtzeitiger Reaktion auf Änderungen bedarf. Außerdem erfordern die laufenden Projekte die Einarbeitung neuer Personen. Agile Methoden erleichtern die Arbeit. Neue Personen können den Prozess und die zukünftige Richtung des Projekts leichter erfassen. Aus diesen Gründen wurde ein agiler Projektmanagementansatz gewählt.

4.2 Anforderungsanalyse

Die VR-Anwendung „Joghurtherstellung in VR“ ist ein Teil des Gesamtprojektes „Biotech-Haus in VR“, in dem der Betrachter einen alltäglichen Tagesablauf simulieren und dabei die Biotechnologie des Alltags entdecken kann. Das Projekt wird im Rahmen der Vorlesung „Life Science Engineering“ eingesetzt, um den Studenten Biotechnologien näher zu bringen. Darüber hinaus soll die neue Technik helfen den Fachbereich interessanter für neue Schüler zu machen.

4.2.1 Funktionale Anforderungen

User Story ist eine intuitive und hilfreiche Methode, um die Anforderungen eines Projektes aus Nutzersicht zu erfassen. Es ist eine aus Nutzersicht verfasste Absichtserklärung und beschreibt, was eine Software für den Nutzer machen soll. Die Anforderungen der VR-Anwendung werden durch User Stories beschrieben und definiert.

Bei Projektstart wurde online mit dem Kunden über die Anforderungen der Applikation gesprochen. In Abbildung 13 im Kapitel 2 wird ein Beispiel für die Idee der Biotechnologie im Alltag dargestellt. Das Biotech-Haus ist eigentlich ein normales „Alltags-Haus“, an dem die Prozesse der Biotechnologie erklärt werden können. In dieser Arbeit werden die von Prof. Dr. Jana Rödiger und Dr. Dorit Beck beschriebenen Verfahren zur Joghurtherstellung [RB20] praktisch im simulierten Biotech-Haus umgesetzt.

Nachdem die Gespräche zwischen Nutzer und Entwickler über die Anforderungen der Anwendung abgeschlossen sind, wird die darauf aufbauende User Story erstellt. Am Anfang des Projekts sind viele Anforderungen noch recht vage. Erst im weiteren Projektverlauf werden alle Anforderungen konkretisiert.

Die Anwendung richtet sich vor allem an Studenten und Schüler. Sie umfasst vier wichtige Aufgaben: Die erste ist die Modellierung des Hauses. Zweite ist die Simulation der Joghurtherstellung. Die Dritte ist die Erstellung eines virtuellen Quizzes um ihr gelerntes Wissen abzufragen. Die Letzte ist ein Einführungstutorial-Raum für neue Benutzer ohne VR-Vorerfahrung.

Eine interaktive virtuelle Umgebung

Das Ziel dieses Projektes ist es, den Lernenden den Prozess der Joghurtherstellung mit Fokus auf die biotechnologischen Abläufe in einer virtuellen Welt, hier einer Küche, näher zu bringen. Eine entsprechende interaktive Umgebung für die Küche ist daher entscheidend für das Benutzererlebnis. Es hilft den Benutzern, schnell von der Realität in die virtuelle Küche zu wechseln und sich darin möglichst leicht zurechtzufinden.

Nach dem Öffnen der Küchentür kann der Benutzer die gesamte Küche direkt einsehen. Wenn der Benutzer die Kühlschranktür öffnet, sieht er Milch, Joghurt, Milchsäurebakterien und andere Materialien zur Joghurtherstellung. Auf der Arbeitsfläche stehen die Materialien für den Joghurt und Werkzeuge wie der Joghurtbereiter. Die für den Prozess wichtigen 3D-Objekte wie Milch und Thermometer können in die Hand genommen und

vom Benutzer in der VR betrachtet werden. Der Benutzer möchte Milch und Joghurt in der VR genießen. Diese Anforderung ist auch in dieser Form in dem Anwendungsfall enthalten.

Die Simulation der Joghurtherstellung

Die wichtigste Aufgabe ist die Joghurtherstellung zu simulieren. Dazu gehören die Vorbereitung der Materialien, die Bereitstellung der Werkzeuge, die Simulation des Prozesses und die Ermittlung der Ergebnisse. Die Abbildung zeigt einen Teil des Joghurtherstellungsprozesses, bei dem Milch und Milchsäurebakterien in einem Gefäß vermischt und umgerührt werden (Beispiel siehe Abbildung 18). Darüber hinaus wird in der virtuellen Küche eine Informationstafel aufgestellt, die den Benutzer über jeden Prozessschritt informiert.



Abbildung 18: Links: Milch und Milchsäurebakterien. Rechts: Milch und Milchsäurebakterien umrühren (Quelle: eigener Entwurf)

Das technische Verfahren der Joghurtherstellung wird in Kapitel 2 beschrieben. Die Schritte für diesen Vorgang sind:

„Gib die erwärmte Milch und die Milchsäurebakterien zunächst in eine Schüssel und vermische beides mit dem Stabmixer. Wenn die Milch aus dem Kühlschrank genommen wird, muss sie zunächst in der Mikrowelle erhitzt werden, da die Temperatur unter der erforderlichen Verarbeitungstemperatur liegt. Sobald der Mixvorgang abgeschlossen ist, wird die flüssige Mischung in eine kleine Flasche (~250 ml) gefüllt. Dann werden die Gefäße in den Joghurtbereiter gestellt. Lasst den Joghurtbereiter laufen und wartet dann eine Weile in der VR. Sobald der Joghurt fertig ist, erscheint eine Benachrichtigung und ihr könnt ihn genießen.“

Das Wissensquiz

Nachdem der Benutzer die Joghurtherstellung in der VR erlebt hat, soll ein eine Abfrage des Erlernten mittels eines Quiz erfolgen. Dafür wird ein virtuellen Quizz erstellt.

Das Joghurt-Quiz wurde von Dorit Beck entworfen. Es wurde für zwei Niveaus entwickelt: Anfänger und Experten. Für jedes Niveau wurden sieben Fragen erstellt.

Beispielsweise wurden die folgenden Fragen für das Anfängerniveau erstellt:

- Seit wann wird Joghurt hergestellt?
- Was versteht man unter Joghurtkulturen?
- Warum schmeckt Joghurt säuerlich?
- Milch ist flüssig. Warum ist dagegen Joghurt dickflüssig oder sogar stichfest?
- ...
- Warum ist Joghurt gesund?

Die konkrete Gestaltung des Wissensquiz wird in folgendem Abschnitt 4.5.7 beschrieben.

Der Einführungstutorial-Raum

Um unerfahrenen Studenten und Schülern eine Einführung zum Thema VR und dessen Benutzung zu geben, soll ein virtueller Einführungstutorial-Raum in der Applikation erstellt werden. In diesem Raum sollen alle Interaktionsmöglichkeiten erstmalig benutzt und erlernt werden können.

Es gibt drei wichtige Punkte, die Benutzer im Einführungstutorial-Raum lernen müssen.

- Wie kann man sich mit dem Controller in der VR bewegen?
- Wie greife ich Objekte mit dem Controller?
- Wie kann man die virtuelle Hand (Controller) zum Drücken von Tasten verwenden?

In Abbildungen 19 und 20 ist die gemeinsam mit dem Kunden erstellte User Story Map für die Anwendung zu sehen. Die Anforderungen sind in zwei Bereiche aufgeteilt. Zuerst erfolgt die Analyse der funktionalen Anforderungen der Anwendung. Daraufhin werden die Anforderungen der benötigten 3D-Modelle für die VR-Anwendung erstellt. Wichtig ist, dass von Anfang an festgelegt wird, was die Minimum Viable Product (MVP) ist. Die vollständige Abbildung ist im Anhang 67 angefügt.

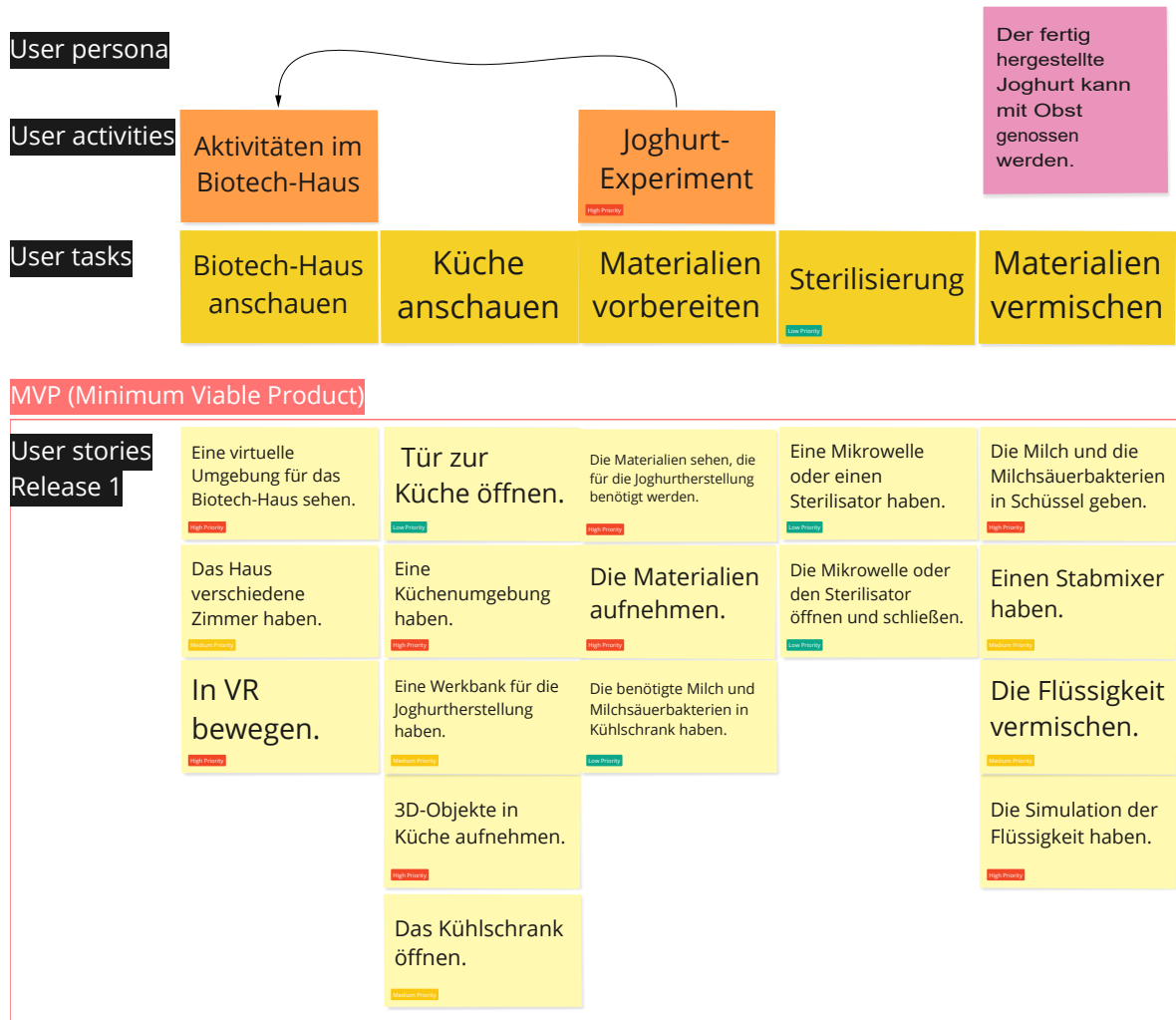


Abbildung 19: Ein Teil von User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“ (Das vollständige User Story Map sieht man im Anhang.) (Quelle: eigener Entwurf)



Abbildung 20: Die zu modellierenden 3D-Modelle für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“ (Quelle: eigener Entwurf)

Auf Basis der Priorisierung und der Schätzung (Siehe Abbildung 19 und Abbildung 20) werden vom Team viele User Stories in einen Sprint übernommen. Jeder Sprint dauert einen Monat. Die Arbeit wurde in vier Sprints aufgeteilt. Die zu implementierenden User Stories für einen Sprint werden in einem Sprint Backlog gesammelt [Dec20]. Tabelle 5 zeigt ein Teil der User Stories für jeden der vier Sprints. Die vollständige Tabelle ist im Anhang 13 angefügt.

Tabelle 5: User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“

Sprint1(1.M)	Sprint2(2.M)	Sprint3(3.M)	Sprint4(4.M)
Als ein Benutzer möchte ich 3D-Objekte in der Küche in die Hand nehmen können.	Als ein Benutzer möchte ich die Tür zur Küche öffnen können.	Als ein Benutzer möchte ich die Milch und den Joghurt aus dem Kühlschrank virtuell trinken können.	Als ein Benutzer möchte ich einen Trainingsraum zum Erlernen der Interaktion mit der virtuellen Welt haben.

Tabelle 5: User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“

Sprint1(1.M)	Sprint2(2.M)	Sprint3(3.M)	Sprint4(4.M)
Als ein Benutzer möchte ich die Milch und die Milchsäurebakterien in eine Schüssel geben können.	Als ein Benutzer möchte ich eine möglichst genaue Simulation der Flüssigkeiten haben.	Als ein Benutzer möchte ich eine Informationstafel in der Küche haben, worauf die Joghurtherstellungsprozesse beschrieben sind.	Als ein Benutzer möchte ich das Einführungsvideo mit Ton erleben.
Als ein Benutzer möchte ich kleine Flaschen von etwa 250 ml in der Küche zur Verfügung haben.	Als ein Benutzer möchte ich die Flüssigkeiten für die Joghurtherstellung vermischen können.	Als ein Benutzer möchte ich einen Thermometer haben.	Als ein Benutzer möchte ich einen Willkommen-Button haben.
Als ein Benutzer möchte ich einen Backofen oder Joghurtbereiter in der Küche zur Verfügung haben.	Als ein Benutzer möchte ich die abgefüllten Flaschen in den Joghurtbereiter stellen können.	Als ein Benutzer möchte ich die Temperatur der Milch testen.	Als ein Benutzer möchte ich die Anwendung erneut starten können.
Als ein Benutzer möchte ich in der Simulation Flüssigkeiten als solche erkennen können.	Als ein Benutzer möchte ich den fertigen Joghurt aus den großen Flaschen im Kühlschrank trinken können.	Als ein Benutzer möchte ich Temperaturwerte auf eine Anzeige ablesen können.	Als ein Benutzer möchte ich bei der Messung zwischen angemessenen und unangemessenen Temperaturen farblich unterscheiden können.

User Story ist die Anforderungsanalyse aus der Sicht des Benutzers. Das Ziel der Anwendungsfallmodellierung ist die Modellierung der Anforderungen eines Anwendungssystems. Es gibt zwei wesentliche Konzepte der Anwendungsfallmodellierung: Anwendungsfall (use case) und Akteur (actor) [Noa01]. Anwendungsfälle beschreiben alle möglichen Arten, wie der Benutzer mit dem System interagieren kann. Ein Teil des Anwendungsfalldiagramms für die VR-Anwendung sieht wie folgt aus (Das vollständige Anwendungsfalldiagramm 68 sieht man im Anhang):

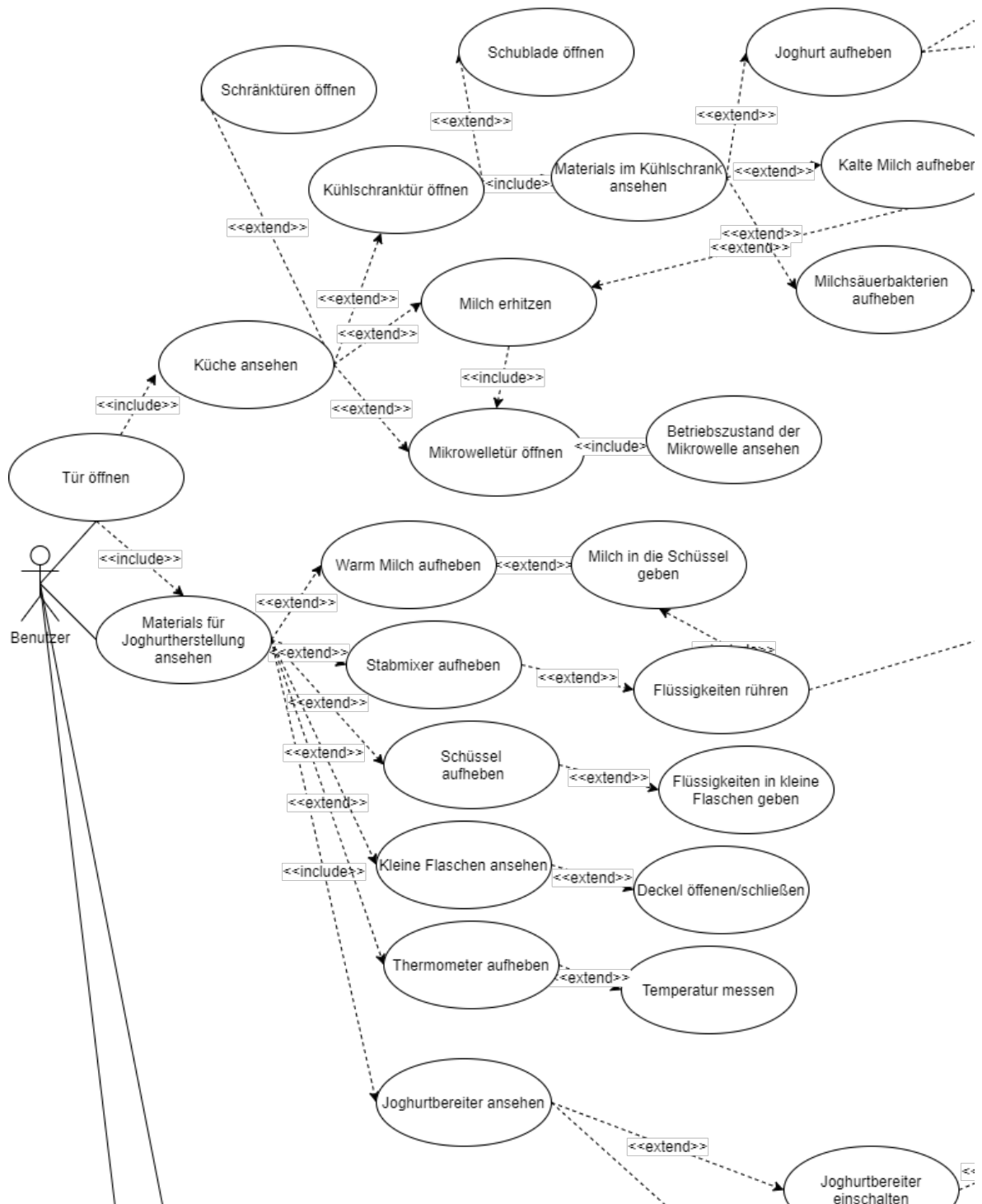


Abbildung 21: Ein Teil von Anwendungsfalldiagramm für die Anwendung „Biotech-Haus in VR“ (Quelle: eigener Entwurf)

4.2.2 Nicht-funktionale Anforderungen

Zuvor wurden die funktionalen Anforderungen an die Applikation beschrieben. Neben diesen müssen auch die nicht-funktionalen Anforderungen beschrieben werden:

- Die Anwendung soll auf OpenXR entwickelt und auf verschiedenen VR-Endgeräten getestet werden. (OpenXR s. 4.3.3)
- Das zu modellierende Haus soll auf Basis eines Durchschnittshaushaltes gestaltet werden.
- Die Anwendung soll eine Umgebung bereitstellen, die die Interaktion mit dem Benutzer ermöglicht.
- Die Anwendung soll eine physikalisch möglichst realistische Simulation bieten.
- Die Anwendung soll Informationen mit Hilfe von Farbe, Größe und Position der Objekte an den Benutzer übermitteln.
- Die Anwendung soll durch akustische Rückmeldungen das Eintauchen des Benutzers in die virtuelle Welt verbessern. Zum Beispiel entsprechendes Geräusch beim Eingießen von Wasser in ein Gefäß.
- Die Anwendung soll durch intuitive Bedienbarkeit eine hohe Benutzerfreundlichkeit gewährleisten.

4.3 Auswahl der Entwicklungstechnologien

Die Auswahl der Entwicklungstechnologien ist zu Anfang der Entwurfsphase entscheidend. Hier werden die verwendeten Entwicklungstechnologien beschrieben und die Gründe für ihre Auswahl genannt. Abschließend werden die Anforderungen an die Hardware und Software der Entwicklungsumgebung im Detail beschrieben.

4.3.1 Auswahl der Modellierungssoftware

Es gibt unterschiedliche 3D-Modellierungswerkzeuge auf dem Markt, wie SketchUp, Blender, Autodesk Revit, Autodesk Maya, Cinema4D usw. Im Vergleich zu anderen Programmen ist SketchUp ein einsteigerfreundliche 3D-Modellierungswerkzeug, die besonders gut für die Gestaltung von 3D-Gebäudemodellen ist. Aus diesem Grund wird SketchUp in diesem Projekt zur 3D Modellierung verwendet. In der Tabelle 6 sind die Unterschiede zwischen SketchUp und Blender zu sehen.

Tabelle 6: Unterschied zwischen SketchUp und Blender (Quelle: nach [XP20])

Features	SketchUp	Blender
Preis	Kostenlose SketchUp-Version (nur als Cloud-Angebot), SketchUp Pro-Version erfordert Lizenz (aber kostenlos für Studenten für ein Monat)	Kostenlos (Open-Source-Software)
Benutzergruppen	3D-Modellierer, Designer, Architekten	3D-Modellierer, Designer und Spieleentwickler
Einsatzbereich	Erstellung von Gebäudemodellen und Architekturentwürfen, bis hin zu Illustrationen und vollständigem Produktdesign	Erstellung von Animationsfilmen, Spezialeffekten, interaktiven Apps, Videospielen und 3D-Druck
Funktionen	3D-Modelling, Texturierung und Bearbeitung von Glaselementen, Rendering	3D-Modelling, Texturierung und Bearbeitung von Rastergrafiken, UV-Unwrapping, Flüssigkeits- und Rauchsimulation, Bildhauerei, Animation, Camera-Tracking, Rendering, Videoschnitt und Videobearbeitung
3D-Modell-Bibliothek	Ja, 3D Warehouse	Nein
Einsteigerfreundliches Programm	Ja	Nein

4.3.2 Auswahl des Entwicklungswerkzeugs

Unter einer Spiele-Engine versteht man ein Computerprogramm, das bei der Entwicklung von Spielen für eine bestimmte Plattform eine Hilfe bietet. Weit verbreitete Spiele-Engines sind derzeit die Unity Engine von Unity Technologie, die Unreal Engine (UE) von Epic Games sowie die CryEngine des deutschen Entwicklerstudios Crytek. Die Spiele-Engines bieten verschiedene Funktionen an und haben unterschiedliche technische Eigenschaften.

Für die technische Umsetzung der Applikation wurden die Vor- und Nachteile von Unity und der UE verglichen. Diese beiden sind die aktuell am Markt für VR-Entwicklung meist genutzten Engines. Tabelle 7 zeigt die Unterschiede zwischen Unity und der UE in Bezug auf Funktionalität, Programmiersprache, Preis, Lernfreundlichkeit usw.

Tabelle 7: Unterschiede zwischen Unity Engine und Unreal Engine

Unterschiede zwischen Unity Engine und Unreal Engine (Quelle: nach [Sch17] [Pro20] [Gaj21])

Features	Unity Engine	Unreal Engine
Tutorials und Dokumente	Viele Tutorials und Dokumente online verfügbar (insbesondere für Entry-Level-Entwickler)	Grundlegende Tutorials und Dokumente online verfügbar
Programmiersprache	C# und JavaScript-Kodierung	C++-Kodierung und Blaupausen (visuelle Programmierung)
Preis	Unity Free (kostenlos), Unity Pro (30 Tage kostenlos, danach ca. 1.800,- USD/Jahr)	kostenlos
Unterstützte Plattformen	Unterstützt 28 Plattformen (iOS, Oculus, Windows Mixed Reality und andere)	Über 15 unterstützte Plattformen
Assets Stores	ca. 31.000 3D-Assets	ca. 10.000 3D-Assets
Physik Simulation	Ja	Ja
Renderingverwaltung	Ja	Ja
Laden von Inhalten	Assetbundles vorhanden	Gesonderte Implementierung nötig
Quellcode	Proprietär	Open-Source
Verwendete VR-Brille Kompatibel	Ja	Ja
Einsteigerfreundliches Programm	Ja	Nein

Unity ist eine plattformübergreifende echtzeitfähige Entwicklungsumgebung für die Erstellung von visuellen 2D-, 3D-, VR- und AR-Anwendungen [BBB⁺17]. Mit Unity entwickelte Anwendungen können für Desktop, Mobile, Web, Konsole, VR und AR-Umgebungen exportiert werden. Als Echtzeitlösung wird Unity in den Bereichen Spiele, Filme, Automotive usw. verwendet.

Antonín Šmíd [Šmí17] hat die Performance eines Pac-Man-Spiels, jeweils entwickelt in Unity und UE auf mehreren Plattformen in Benchmarks verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass die Performance der beiden Engines beinahe identisch ist. Weil in Unity höhere Programmiersprachen verwendet werden können, ist die Projektentwicklung jedoch deutlich effizienter. Darüber hinaus bietet Unity das nutzerfreundlichere Interface und kann ohne Kompilierzeiten direkt ausgeführt werden [Pav21].

Im Vergleich zu UE ist Unity einsteigerfreundlich und verfügt über eine große Anzahl von Tutorials und Dokumentationen. Unity unterstützt insgesamt 28 Plattformen, mehr als UE und verfügt über eine umfangreiche Bibliothek an 3D-Ressourcen [Gaj21]. Aus diesen Gründen ist Unity für eine Vielzahl an Projekten im xR-Labor einsetzbar und wurde auch für dieses Projekt als Entwicklungsumgebung gewählt. Es wurde die Version 2020.3.2.f1. verwendet.

4.3.3 OpenXR

OpenXR ist ein offener, gebührenfreier Standard der Khronos Group. Mit Hilfe von OpenXR wird die Entwicklung für Extended Reality (xR) (VR, AR und Mixed Reality (MR)) vereinheitlicht [SG19].

Die Idee hinter OpenXR ist es, die Fragmentierung des xR Marktes zu verhindern [SUBBG19]. Aktuell gibt zahlreiche verschiedene APIs, insbesondere auf verschiedenen Plattformen. Beispiele sind: Google ARCore SDK und Vuforia für AR Android; Google Daydream für VR Android; Apple ARKit SDK für AR iOS; Windows Microsofts Mixed Reality Toolkit (MRTK), Oculus SDK, SteamVR, Magic Leap SDK, PS4 VR SDK, Virtual Reality Toolkit (VRTK) und OpenVR.

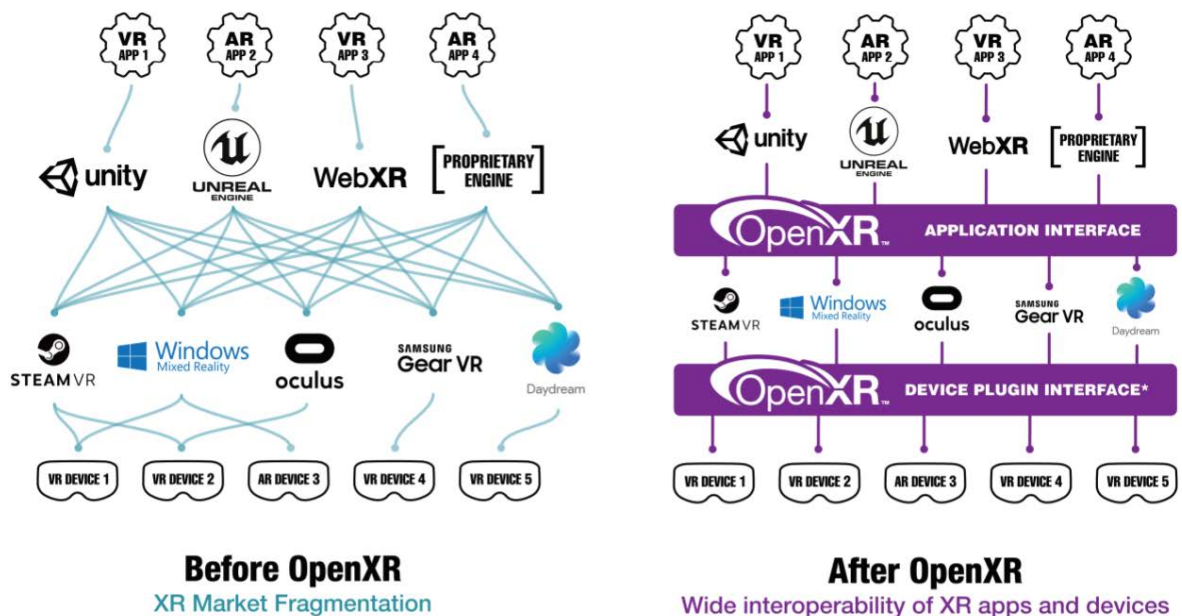


Abbildung 22: OpenXR bietet eine einzige plattformübergreifende, leistungsstarke API für eine Vielzahl von Anwendungen und konformen Geräten, um das Problem der XR-Fragmentierung zu lösen [Ins19]

Abbildung 22 zeigt die Fragmentierung der Entwicklungslandschaft vor und nach der Einführung von Open-XR anhand verbreiteter Applikationen und dafür verwendbarer Toolkits. Open-XR hat heute bereits einen Großteil des Fragmentierungsproblems gelöst [SUBBG19]. Durch die vereinfachte Implementierung und das Deployment der Anwendungen auf unterschiedlichen xR-Plattformen, konnte eine starke Vereinheitlichung erreicht werden.

Unity Engine begann Ende 2020 mit der Unterstützung mehrerer OpenXR-Plattformen. Ergänzt mit der Option von SteamVR, was eine zusätzliche Konfiguration eines gesonderten SteamVR Plugins für Unity erfordert.

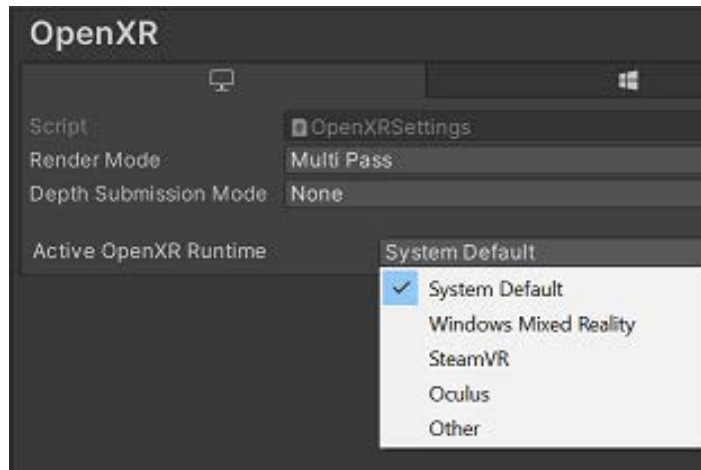


Abbildung 23: Die Laufzeitumgebung der von OpenXR unterstützten Plattformen in Unity. (Quelle: Unity)

4.3.4 XR Interaktion Toolkit: Vergleich aktueller Toolkits

XR Interaction Toolkit (XRIT) ist ein offizielles Paket von Unity, das Mittel zur Entwicklung von VR-Anwendungen ohne die Verwendung von Drittanbieter-Paketen bereitstellt, wie bspw. die zuvor beschriebenen anderen Toolkits. Es kann als ein komponentenbasiertes Interaktionssystem für die Erstellung von VR- und AR-Erlebnissen verstanden werden. Es ist eine Sammlung von Skripten, Assets, Einstellungen und Beispielen, die die Entwicklung von Anwendungen für unterschiedliche VR-Geräte erleichtert [LW19]. Um eine Anwendung für die VR-Geräte zu erstellen, müssen spezielle Einstellungen in Unity vorgenommen und Visual Studio für das Deployment auf der Hardware verwendet werden. XRIT enthält eine Reihe von Komponenten, die die folgenden Interaktionsaufgaben unterstützen [Uni21b]:

- Plattformübergreifende XR-Controller-Eingabe
- Grundlegendes Hovern, Auswählen und Greifen von Objekten
- Haptisches Feedback durch XR-Controller
- Visuelles Feedback (Tint/Line Rendering), um mögliche aktive Interaktionen anzuzeigen
- Grundlegende Canvas UI-Interaktion mit XR-Controllern
- Ein VR-Kamera-Rig für stationäre und raumbezogene VR-Erlebnisse

Tabelle 8 bietet einen Überblick über einige der wichtigsten Toolkits für die VR-Entwicklung. Manche davon werden von Unternehmen für ihre eigenen Produkte zur Verfügung gestellt, wie z. B. OculusVR [Ocu21b] für Oculus, SteamVR [Sof21] für SteamVR und MRTK [Mic21] für Microsoft. VRTK [VRT21] ist eine Open Source Software, daher ist es plattformunabhängig.

Tabelle 8: Überblick über einige der wichtigsten Toolkits für die VR-Entwicklung (Quelle: nach [Jur21] [Uni21b] [Wor21] [Sof21] [Ocu21b] [VRT21] [Mic21])

Toolkits	Unternehmen	Beschreibung
OpenVR	Valve	OpenVR ist ein Software Development Kit (SDK) und eine API, die direkten Zugriff auf die VR-Hardware mehrerer Anbieter ermöglicht, ohne vorauszusetzen, dass die Anwendungen spezielle Kenntnisse über die Ziel-Hardware haben.
SteamVR Unity Plugin	Valve	SteamVR Unity Plugin hilft dabei, SteamVR reibungslos mit Unity zu verbinden. Es verwaltet drei Hauptaufgaben für den Entwickler: das Laden von 3D-Modellen für VR-Controller; die Verarbeitung von Eingaben von diesen Controllern und das Abschätzen der Handbewegung des Benutzers bei Verwendung des Controllers.
MRTK	Microsoft	MRTK-Unity ist ein von Microsoft vorangetriebenes Projekt, das einen Satz von Komponenten und Funktionen bereitstellt, der zum Beschleunigen der Entwicklung von plattformübergreifenden MR-Anwendungen in Unity dient.
VRTK	Open Source Software	VRTK - VR Toolkit ist eine kostenlose, Unity-unterstützte Ressource für die Entwicklung von VR-Anwendungen, mit der in kurzer Zeit eine Vielzahl von Interaktionen erstellt werden kann. Das beinhaltet die Bewegung des Spielers und die Aufnahme und Verwendung von Objekten, ohne umfangreichen Code schreiben zu müssen, was Zeit bei der Spieleentwicklung spart.
Oculus Integration SDK	Facebook	Oculus Integration SDK für Unity bietet die Unterstützung für die Entwicklung von Oculus-Anwendungen in Unity.
XR Interaction Toolkit	Unity	XR Interaction Toolkit ist ein hochrangiges, komponentenbasiertes Interaktionssystem zum Erstellen von VR- und AR-Erlebnissen. Es stellt ein Framework bereit, das 3D- und UI-Interaktionen über Unity-Eingabeereignisse verfügbar macht.

Derzeit sind MRTK und XR Interaction Toolkit mit den beliebtesten VR-Geräten auf dem Markt kompatibel. MRTK und XR Interaction Toolkit bieten aktuell die höchste plattformübergreifende Unterstützung. Daher sind sie oftmals die bevorzugte Wahl für die Entwicklung von xR. Da dieses Projekt hauptsächlich auf VR und nicht auf AR oder MR abzielt, wurde XR Interaction Toolkit als Entwicklungswerkzeug ausgewählt.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit ist die Version 1.0.0-pre.3 von März 2021 die aktuellste Version von XRIT [Uni21b]. Diese Version in Kombination mit dem SteamVR Unity Plugin unterstützt gleichzeitig auch die Oculus- und SteamVR-Plattform.

4.3.5 Andere Tools

Darüber hinaus gibt es einige Tools beziehungsweise Webseiten, die für andere Zwecke geeignet sind, z. B. Powerpoint, Google Translate und Miro. Speziell für Ton-Effekte wird mp3cut.net eingesetzt. Tabelle 9 zeigt zusätzlich verwendete Tools und beschreibt ihre Verwendung in diesem Projekt.

Tabelle 9: Überblick über zusätzlich verwendete Tools

Name	Unternehmen	Zweck
Powerpoint	Microsoft	Erstellung des Einführungstutorial-Videos
Google Translate	Google	Erstellung des Voiceover für das Einführungstutorial-Video
mp3cut	123APPS	Bearbeitung der Ton-Effekte für die gesamte Anwendung
Miro	Miro	Visual Collaboration Platform zur Unterstützung des Projektmanagements

4.3.6 Anforderungen der Entwicklungsumgebung

Die Anforderungen an die Entwicklungsumgebung für dieses Projekt werden im Folgenden beschrieben. Wie Tabelle 1 zeigt, ist die Autostereoskopie-Technologie zu teuer um sie in Schulprojekten einzusetzen. Deshalb wird in diesem Projekt eine VR-Anwendung entwickelt, die mit einem HMD arbeitet. Es wird noch ein ausreichend leistungsstarker PC benötigt. Tabelle 10 zeigt die benötigte Konfiguration. Zum Betrieb der Software wird auch ein leistungsfähiger PC benötigt, der jedoch nicht dieselbe Konfiguration aufweisen muss wie der, auf dem die Software entwickelt wird, sondern lediglich die Mindestanforderungen an die Konfiguration erfüllt.

Tabelle 10: PC-Anforderungen des HP Reverb VR Headset und Oculus Link an den verwendeten PC, sowie die aktuelle Laborkonfiguration (Quelle: Oculus und HP)

Komponente	Mindestanforderungen	Konfiguration Labor-PC
Processor	Intel Core i5, i7, Intel Xeon E3-1240 v5, gleichwertig oder besser. AMD Ryzen 5 Äquivalent oder besser	Intel Core i7-8700
Grafikkarten	NVIDIA GTX 1080 (oder höher), NVIDIA GeForce RTX 20-series (all) oder 30-series (all)	NVIDIA RTX 2080
Speicher	8GB RAM oder mehr (Empfohlen 16GB RAM oder mehr)	16GB RAM
Betriebssystem	Windows 10 oder höher	Windows 10
USB-Anschlüsse	1x USB port (Oculus) 1x USB 3.0 Typ C (HP)	1x USB port (Oculus) 1x USB 3.0 Typ C (HP)

Neben der Hardware zeigt Tabelle 11 die verwendete Software und Tools, die in Unterkapitel 4.3.5 beschrieben wurden.

Tabelle 11: Überblick über die verwendete Software und Tools

Software/Tool	Version
SketchUp Pro	2021.1.1
Unity Engine	2020.3.2f1
XR Interaction Toolkit (XRIT)	v1.0.0-pre.3
SteamVR Unity Plugin	v2.7.3 (SDK 1.14.15)
Microsoft Visual Studio Community 2019	16.10.3

4.4 Entwurf

In den vorherigen Unterabschnitten wurde die Methodik des PMs, die Anforderungsanalyse und die Auswahl der Technik erläutert. In diesem Unterabschnitt wird die Gestaltung der virtuellen Umgebung vorgestellt, die von der ersten Konzeption bis zur fertigen Anwendung gemacht wurde.

4.4.1 Architektur

Die VR-Lösung umfasst die folgenden Komponenten: Ausgabe- und Eingabegeräte wie Tracking-Sensoren, VR-Brillen und Controller und die VR-Anwendung. Die zu implementierende Softwarearchitektur kann wie in Abbildung 24 beschrieben werden.

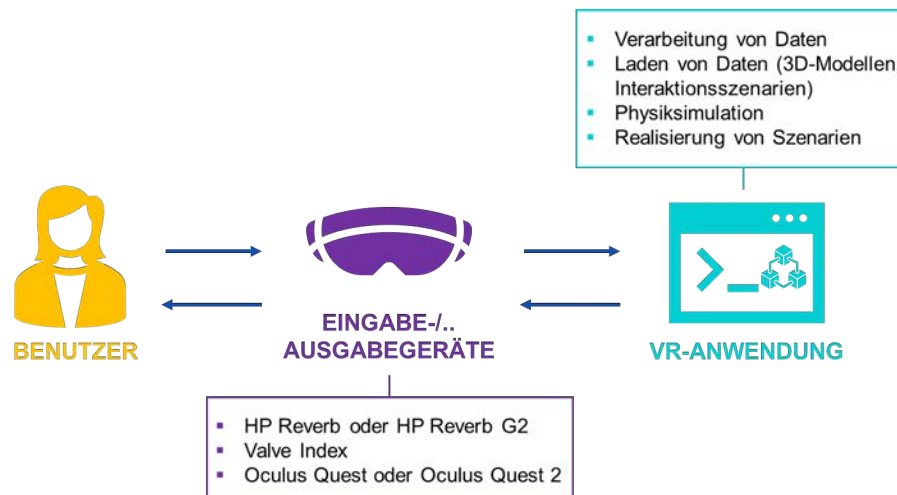


Abbildung 24: Architektur der verwendeten VR-Lösung (Quelle: Eigener Entwurf nach [Shi21])

Es sollen mindestens folgenden VR-Headsets unterstützt werden:

- **HP Reverb oder HP Reverb G2:** Gehören zu den PC-VR-Systemen. Beide Systeme sind kabelgebunden und verwenden einen PC als Rechner und zusätzliche Eingabegeräte wie Hand-Controller oder Kameras für das Tracking, wodurch sie höhere Leistungsfähigkeit, bessere Auflösung und vielfältigere Interaktionsmöglichkeiten bieten [Shi21].
- **Valve Index:** Gehört zu den PC-VR-Systemen. Es ist ein professionelles und vergleichsweise teures VR-Headset.
- **Oculus Quest oder Oculus Quest2:** Gehören zu den All-in-one VR-Systemen, welche kabellose Freiheit und Tracking gepaart mit hoher Leistungsfähigkeit ohne externe Sensoren bieten.

Die oben erwähnten VR-Headsets verfügen alle über einen eigenen Controller, der die Interaktion mit der virtuellen Umgebung durch Handbewegungen ermöglicht. Eine VR-Anwendung wird als Kernmodul einer VR-Lösung betrachtet und ist für folgende Aufgaben verantwortlich: Verarbeitung von Eingabedaten, Generierung von Ausgabedaten, Erstellung von 3D-Modellen für benötigte Objekte und Implementierung interaktiver Szenarien. Bei der Erstellung einer immersiven 3D-Umgebung sollte die User Experience (UX) im Vordergrund stehen. Eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Virtual Reality-Anwendungen mit der Unity Engine spielen Programmiersprachen wie C# und JavaScript, mit deren Hilfe Funktionen und Interaktionen einer Anwendung implementiert werden [Shi21].

4.4.2 Modellierung

Als Grundlage für das 3D-Gebäudemodell des Biotech-Hauses wurde das Modell eines bereits zuvor in einem anderen Projekt entwickelten Gebäudes verwendet [Hua21]. In

Zukunft werden nicht nur Joghurtherstellung, sondern auch verschiedene andere Bereiche der Biotechnologie im Biotech-Haus eingesetzt werden. Wie Tabelle 2 zeigt, muss das Haus neben der Küche auch Wohnbereiche wie Bad, Schlafzimmer und Wohnzimmer umfassen. Zur Vollständigkeit wird im Folgenden der Entwurfs- und Modellierungsprozess des Hauses ausführlich beschrieben. Für die Joghurtherstellung wurde nur die Inneneinrichtung der Küche und die Gestaltung des Trainingsraums im Flur in Betracht gezogen.



Abbildung 25: Grundriss des verwendeten Gebäudemodells [Pra21b]

Die Gestaltung des Biotech-Hauses basiert auf einem angenommenen Durchschnittshaushalt. In Abbildung 25 ist der Grundriss zu sehen. Er umfasst den in Abschnitt 2.2.1 erwähnten Hausbereich: Eine Küche, ein Wohnzimmer, zwei Schlafzimmer sowie ein Badezimmer. Darüber hinaus verfügt das Haus über eine Diele, ein Arbeitszimmer, einen Abstellraum und eine Terrasse.

Wichtig bei der Modellierung in SketchUp ist die Beachtung der folgenden zwei Punkte: Da Unity standardmäßig im metrischen System rechnet, sollten in SketchUp erstellte Modelle ebenfalls auf metrischen Einheiten beruhen. Zweitens wird jede Gruppe und jede Komponenteninstanz in SketchUp als Knoten in der hierarchischen Ansicht von Unity angezeigt [Uni18]. Dies hilft bei der Verwaltung der erstellten Objekte.

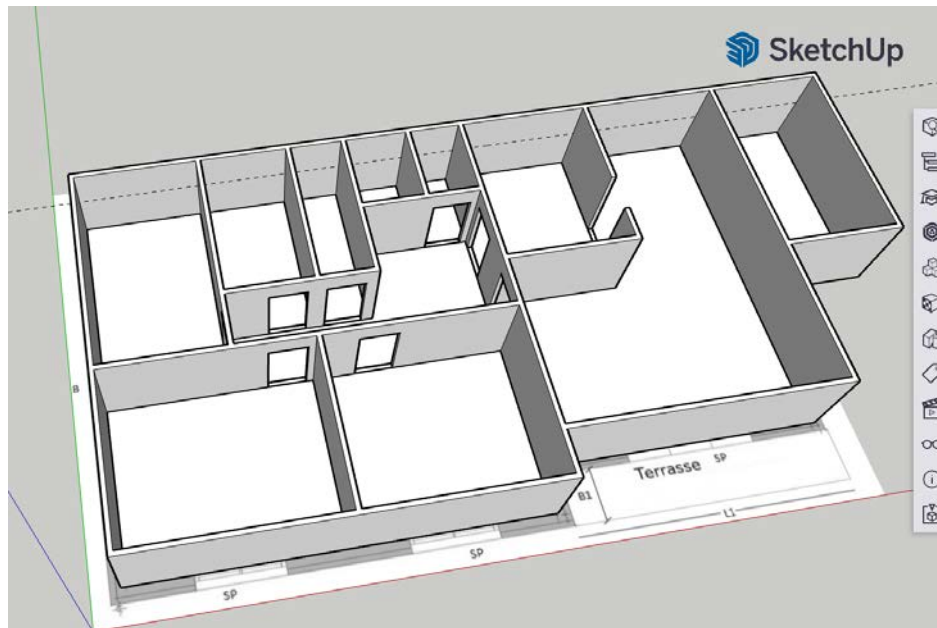


Abbildung 26: Das modellierte 3D-Haus aus 2D-Grundriss (Quelle: Eigener Entwurf)

Das Modell des 3D-Hauses wird mit SketchUp aus diesem Grundriss modelliert, wie auf der Abbildung 26 zu sehen ist. Durch die Extrusion des Grundrisses wurde das grobe Gebäudemodell erstellt. Das Modell umfasst verschiedene Räume, die nach dem ursprünglichen Maßstab des Grundrisses aufgeteilt sind. Die Hausbereiche sind zu Anfang noch unbefüllt. Danach können dem Gebäude durch die Verwendung der SketchUp-Zeichentools weitere Details hinzugefügt werden.

SketchUp besitzt eine Bibliothek mit Texturen, die in verschiedenen Kategorien vorliegen (z. B. Dachziegel, Mauertexturen usw.) und für die Texturierung unterschiedlicher Oberflächen verwendet werden können. Mit der Bibliothek wurden zunächst die entsprechenden Texturen für Wände und den Boden erstellt [Gun13].

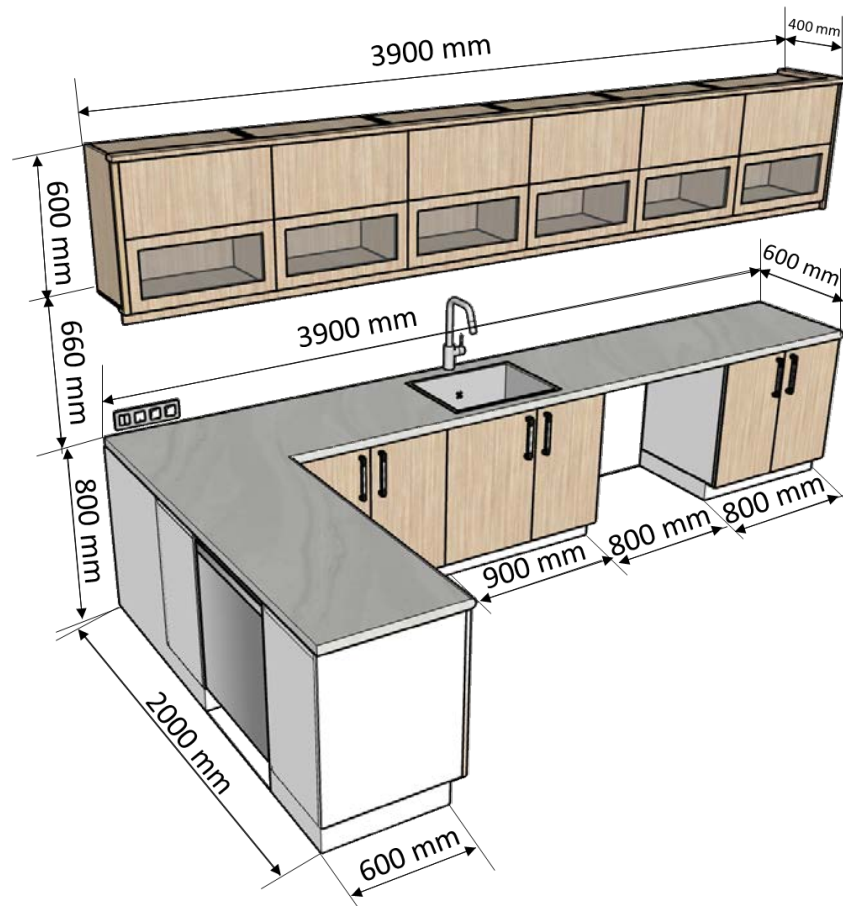


Abbildung 27: Die Einbauküche mit Dimensionierung (Quelle: Eigener Entwurf)

Die weiteren Möbel für den Küchenbereich wurden ebenfalls mit SketchUp modelliert. Abbildung 27 zeigt den Entwurf der Einbauküche. Zudem wurden die Oberschränke, die Unterschränke, die Spüle, die Arbeitsplatte, der Tisch und die Türrahmen selbst erstellt. Die untere Hälfte der Oberschränktüren wurde aus Glas gestaltet, sodass die darin aufbewahrten Gegenstände zu sehen sind. Die Spülmaschine ist auf der linken Seite platziert. Auf der rechten Seite der Spüle ist Platz für einen Backofen mit Kochfeld vorgesehen. Damit entspricht die Küche etwa einer deutschen Durchschnittsküche.

Für die Joghurtherstellung werden die Arbeitsplatte, der Tisch, der Kühlschrank und die Mikrowelle verwendet. Alle anderen Küchenelemente dienen lediglich der Verbesserung der Immersion. Eine grundlegende Küchenumgebung vermittelt dem Benutzer ein Gefühl des Eintauchens.



Abbildung 28: Möbeldesign: Glatter Schnitt der Arbeitsplattenkante und Schränke mit je zwei Ablageebenen (Quelle: Eigener Entwurf)

Auf Abbildung 28 ist das Modellierungsdesign der Küchenmöbel zu sehen. Die Arbeitsplattenkanten sind zur Oberseite halb abgerundet und zur Unterseite flach. Alle Schränke bieten zwei Ablageebenen und wurden maßlich individuell dem Raum angepasst.

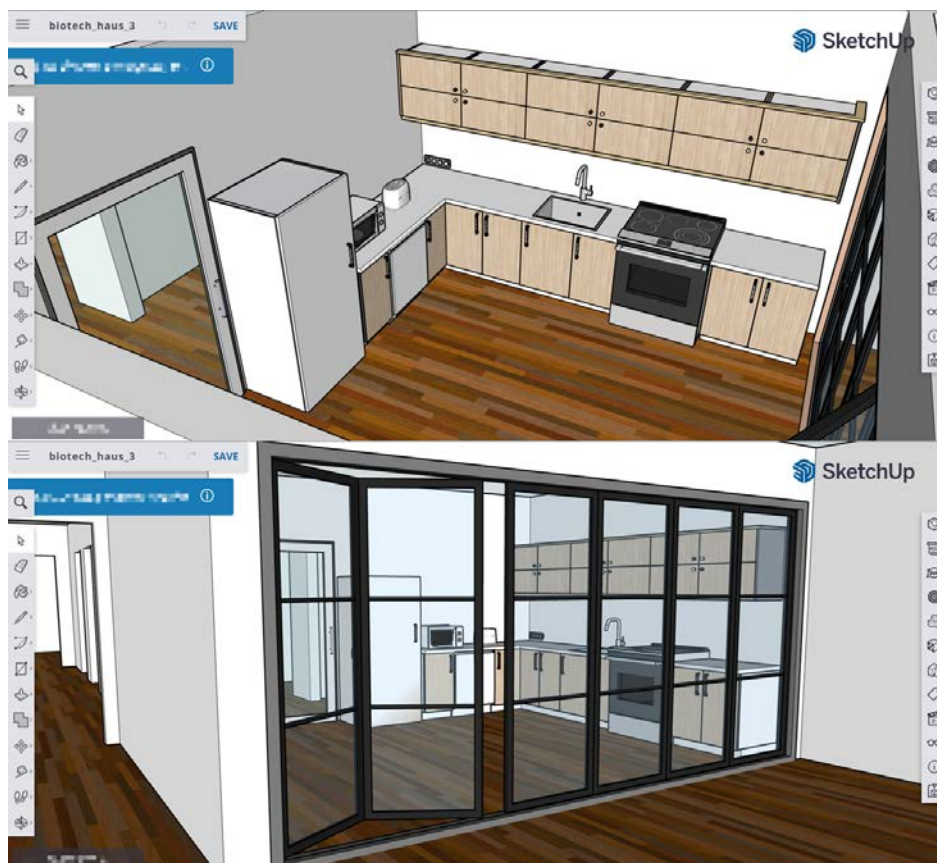


Abbildung 29: Das modellierte 3D-Haus aus dem ausgewählten Grundriss, Oben: eine axonometrische Ansicht der Küche, Unten: ein Blick auf die Küche vom Wohnzimmer aus, durch die beweglichen Glastüren (Quelle: Eigener Entwurf)

Eine ausgestattete Küche umfasst meist Oberschränke und Unterschränke, einen Kühlschrank, eine Spüle, eine Mikrowelle, einen Backofen und ein Kochfeld. Abbildung 29 zeigt die Inneneinrichtung der Küche in SketchUp.



Abbildung 30: Importiertes Modell des 3D-Hauses in Unity. FBX-Datei exportiert aus SketchUp. (Quelle: Eigener Entwurf)

In SketchUp erstellte Modelle wurden im FBX-Dateiformat in Unity importiert. Das in Unity importierte Modell des Hauses ist in Abbildung 30 dargestellt. Da eine Längeneinheit in SketchUp zu Beginn der Modellierung auf einen Meter eingestellt wurde, kann das Modell beim Import in Unity leicht in seinem ursprünglichen Maßstab angezeigt werden.

Modellierung von anderen 3D-Objekten

Die Erstellung virtueller Küchenszenen und die Joghurtherstellung erfordern die Unterstützung einer Vielzahl von 3D-Modellen, z. B. einen Kühlschrank, eine Mikrowelle, Getränken im Kühlschrank, einen Joghurtbereiter usw. (siehe Unterkapitel 4.5.6).



Abbildung 31: Links: 3D-Modell des Joghurtbereiters, Rechts: 3D-Modell des Thermometers (Quelle: Eigener Entwurf)

Das 3D-Modell für den Joghurtbereiter und das Thermometer wurden mithilfe von Sketch-Up modelliert (siehe Abbildung 31).



Abbildung 32: Andere Modelle. Von links nach rechts: katzenförmigen Blöcke, ein Tisch und eine rote runde Taste für den Einführungstutorial-Raum, ein PC-Bildschirm, eine grüne Taste, zwei Schalter für Licht und Tür (Quelle: Eigener Entwurf)

Abbildung 32 zeigt die 3D-Modelle, die direkt mit Unity erstellt wurden. Die Tasten sind alle von der ersten erstellten „Base Button“ abgeleitet. Wenn eine Taste gedrückt wird, löst sie ein Ereignis aus, z. B. um einen Ton zu erzeugen oder ein anderes Objekt zu aktivieren.



Abbildung 33: Andere 3D-Objekte: Kühlschrank, Mikrowelle, Backofen, Pflanzen und Gegenstände im Kühlschrank (Quelle: Eigener Entwurf)

Die anderen Modelle wurden teilweise aus dem kostenlosen Unity-Asset-Store direkt übernommen, teilweise den Anforderungen entsprechend modifiziert ([Tec21], [Vox19], [Stu21], [enD19], [Wiz19], [Lab20]). Abbildung 33 zeigt die anderen Modelle wie Kühlschrank, Mikrowelle, Backofen usw.

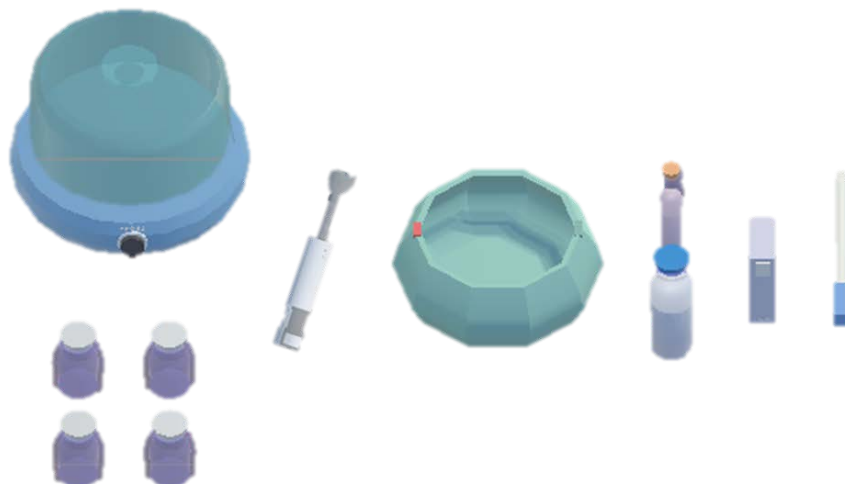


Abbildung 34: Alle Materialien, die zur Joghurtherstellung verwendet werden, von links nach rechts: Joghurtbereiter, kleine Flaschen zum Abfüllen, Mixer, Schüssel, Milchsäurebakterien, Milch, modernes Digitalthermometer, klassisches Thermometer (Quelle: Eigener Entwurf)

Abbildung 34 zeigt die Modelle, die in der Küche für die virtuelle Joghurtherstellung zur

Verfügung stehen.

4.4.3 Interaktion

Eine virtuelle Welt interaktiv für den Benutzer zu gestalten bedeutet, ihm die Möglichkeit zu geben, mit dieser Umgebung in Echtzeit zu interagieren [DGO⁺19]. Es handelt sich um den Informationsaustausch zwischen dem menschlichen Benutzer und dem Computer, der den virtuellen Anteil der Umgebung liefert (Mensch-Maschine-Interaktion (MMI)).

Gutes MMI Design umfasst gute Bedienbarkeit und aufgabenangemessene Funktionalität (Usability) und während der Benutzung ein emotional ansprechendes Benutzungserlebnis (User Experience) [RG13]. In dieser Arbeit wird die Bedienbarkeit anhand der Parameter Effektivität, Effizienz und Nutzerzufriedenheit durch gezielte Fragen in den Expertenbefragungen bewertet. Die Interviewfragen sind aus UX Studien wie User Experience Questionnaire (UEQ) [SOS13], Usability Scale (SUS) oder dem Technology Acceptance Model (TAM) abgeleitet. Die Gestaltung der „besten“ Interaktion bedeutet, die Interaktion maximal natürlich zu gestalten. Das bedeutet zum Beispiel, dass Entfernungen die beim Laufen in der Realität zurückgelegt werden, in der virtuellen Welt dem gleichen Maßstab entsprechen. Daraus folgt auch, dass Objekte nur in Armreichweite manipuliert werden können [RG13].

Das Interaktionsdesign im VR-Bereich muss sich von klassischen Benutzerschnittstellen unterscheiden. Idealerweise haben Entwickler einer VR-Anwendung schon Erfahrung mit der Entwicklung von klassischen Schnittstellen [WFF86]. Für VR-Applikationen sind Interaktion und Funktionalität untrennbar miteinander verbunden. Daher werden das Interaktionsdesign und die Implementierung der Funktionalität zusammen im folgenden Unterkapitel 4.5 beschrieben.

4.5 Implementierung

Dieses Unterkapitel folgt dem Entwicklungsablauf, indem es zunächst das Importieren des Modells und das Einstellen von Szenen vorstellt, dann das grundlegende Interaktionsdesign in Bezug auf Fortbewegungstechniken und Manipulation von Objekten beschreibt und schließlich die Implementierung spezifischer Funktionen und Interaktionen nach Funktionen behandelt.

4.5.1 Importieren des Modells

Für die technische Umsetzung wurde zuerst in Unity ein neues Projekt erstellt. Die ausgewählten Entwicklungswerkzeuge, XR Interaction Toolkit und das SteamVR Plugin, wurden dann hinzugefügt. Anschließend wurde die entsprechende Entwicklungsumgebung konfiguriert.

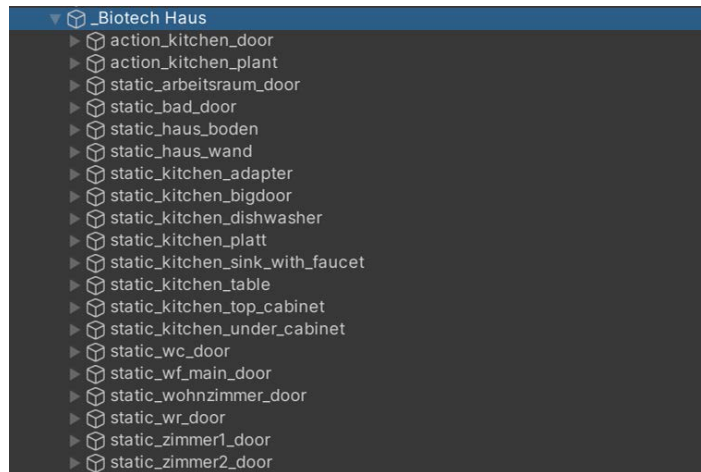


Abbildung 35: Hierarchie der importierten Modelle in Unity. Jeder Knoten ist ein unabhängiges 3D-Objekt, wie Türen, die Spüle und Schränke.

Als nächstes wurde das 3D-Hausmodell in Unity importiert. Bei der Modellierung wurden alle Wände zu einer Komponente gruppiert. Dabei ist der Boden eine Komponente, die oberen Schränke sind eine Komponente, die unteren Schränke sind eine Komponente, die Werkbank ist eine Komponente und so weiter. So hat das Modell in Unity eine gute hierarchische Struktur, wie in Abbildung 35 dargestellt.

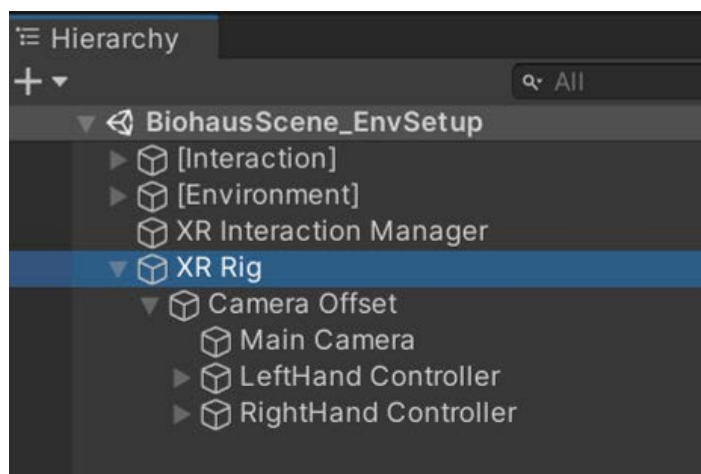


Abbildung 36: XR Rig nach dem Hinzufügen zur Szene (Quelle: Eigener Entwurf)

Das *XR Rig* repräsentiert den Benutzer in der Szene. Der *Camera Offset* bestimmt die Höhe des Sichtwinkels des Benutzers. Die *Main Camera* enthält die Kamera mit integrierter Bewegungsverfolgung. Abbildung 36 zeigt die Hierarchie des *XR Rig*.

Dann wurde eine realistische Lichtsimulation in Unity für die Szenen durchgeführt. Die Voraussetzung für eine realistische Beleuchtung beginnt bei der Lichtquelle, dem Hauptstrahler. Die Angabe der emittierten Strahlung muss physikalischen Größen folgen [LK21]. Unity bietet vier Arten von Standardquellen an: Point Light (Punktlichtquelle), Spot Light, Area Light und Directional Light [Uni21a].



Abbildung 37: Lichtsimulation für die Szenen in Unity (Quelle: Eigener Entwurf)

Wie in Abbildung 37 zu sehen ist, wurden in diesem Projekt fünf Punktquellen als Simulation der Beleuchtung im Flur, in der Küche und im Wohnzimmer eingerichtet. Andere Räume wurden zu diesem Zeitpunkt nicht in Betracht gezogen.



Abbildung 38: Das 3D-Haus aus der Perspektive eines VR-Headsets (Quelle: Eigener Entwurf)

Nachdem das Programm ausgeführt wurde, zeigt das Display die gerenderte Szene aus Sicht der VR-Brille. Abbildung 38 zeigt ein Beispiel für eine gerenderte Szene. Der Benutzer hat das Gefühl, dass er sich schon in der virtuellen Umgebung befindet. Er kann den Kopf drehen, um sich umzusehen und sich frei in der Realität bewegen, durch das Fehlen des Controllers aber noch nicht voll mit der virtuellen Welt interagieren.

4.5.2 Bewegungskontrolltechniken

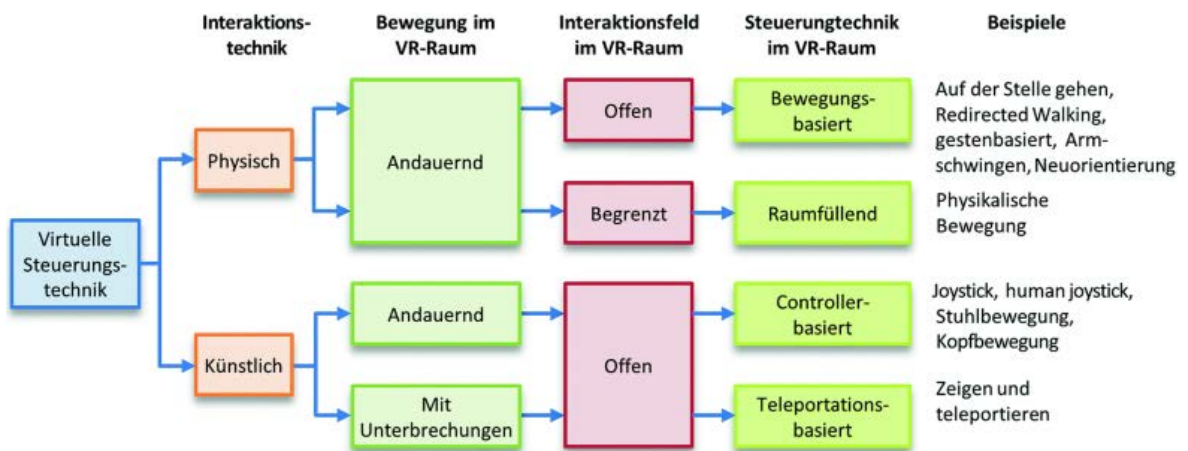


Abbildung 39: Kategorisierung von Techniken der Bewegungskontrolle in virtuellen Welten [RG13]

Bewegungskontrolltechniken in VR können nach Abbildung 39 in vier Kategorien unterteilt werden: Bewegungs-basiert, Raumfüllend, Controllerbasiert und Teleportationsbasiert [Bol17].

Mittels des Entwicklungstools sind die Bewegungskontrolltechniken im Allgemeinen leicht zu realisieren. XR Interaction Toolkit bietet controllerbasierte Systeme für kontinuierliche Bewegung, Teleportation und Snap-Turn. Bei der Teleportation kann ein Benutzer sich abrupt an eine beliebige Stelle bewegen.

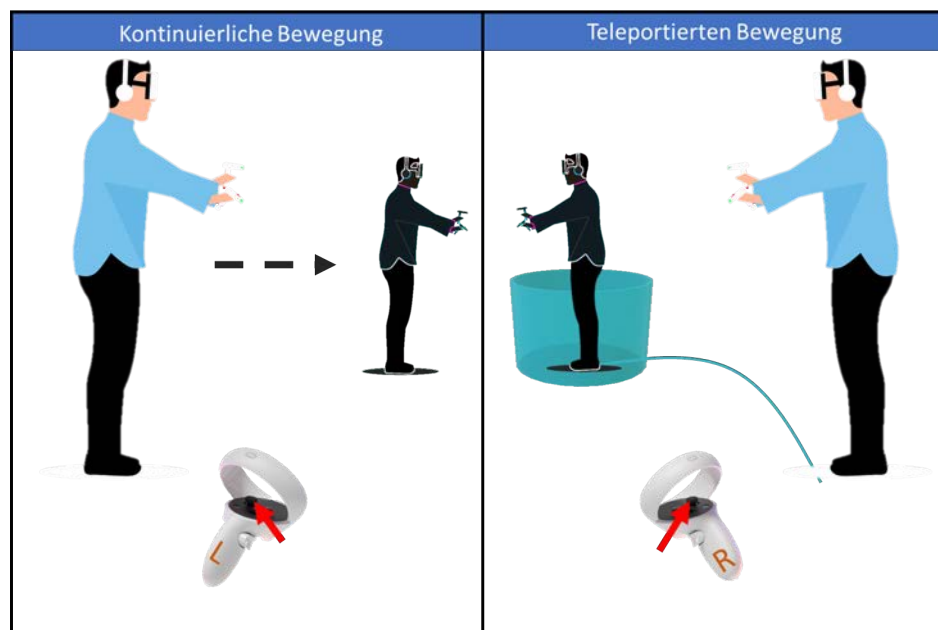


Abbildung 40: Links: Linke Hand mit kontinuierlicher Bewegung. Rechts: Rechte Hand mit Teleportationsbewegung (Quelle: Eigener Entwurf)

Zu Beginn dieses Projekts wurden die kontinuierliche Bewegung und die Teleportation umgesetzt. Wie in der Abbildung zu sehen ist, realisiert die linke Hand die kontinuierliche Bewegung und die rechte Hand die Transferbewegung.

Samira und Layla [YA20] fanden heraus, dass die Leute mehr Zeit brauchten und stärker unter der VR-Krankheit (Motion Sickness) litten, wenn VR mit nicht teleportierten Bewegungen erlebt wurde. Das gleiche Problem bestand ebenfalls bei diesem Projekt. In Studien von Langbehn et al. [LLS18], die verschiedene Methoden wie Teleportation, Joystick und Redirected Walking für Room-Scale-VR vergleichen, wurde festgestellt, dass Teleportation intuitiver und benutzerfreundlicher ist als andere Methoden, während die Nutzung von Joysticks häufig zu Motion Sickness führt. Außerdem gibt es Kompensationsmethoden, mit denen Motion Sickness verringert werden kann. Z. B. verringert sich in Google Earth VR beim Bewegen das Sichtfeld, sodass die Personen weniger von der virtuellen Welt sehen. Dieser Effekt wirkt sich nachweislich positiv auf das Empfinden der Nutzer aus. Auch die Art der Bewegung beeinflusst die Akzeptanz des Nutzers. Dies wird in der Theorie des Uncanny Valley-Effekts im Abschnitt 2.1.6 näher betrachtet.

Auf diesen Gründen wurde die kontinuierliche Bewegung der linken Hand deaktiviert und stattdessen das gleiche Teleportationsystem wie bei der rechten Hand eingesetzt. Teleportationsbewegungen werden von beiden Controllern umgesetzt, denn wenn der Benutzer ein Objekt mit einem Controller ergreift, dann kann die Bewegung mit dem anderen Controller durchgeführt werden.



Abbildung 41: Die Teleportation. Dabei kann ein Benutzer sich abrupt an die Stelle des blauen Kreises bewegen. (Quelle: Eigener Entwurf)

Die Teleportationsmethode in Kombination mit Walking bei raumfüllendem VR wurde im Projekt verwendet (siehe Abbildung 41). Dadurch sind die exakte Bewegung im direkten Umfeld der Nutzerposition und das Bewegen über große Entfernungen möglich. Im nächsten Schritt wurde zusätzlich Snap-Turn für die Darstellung einer Sichtfelddrehung (Körperdrehung) implementiert.

4.5.3 Virtuelle Hand: Manipulation von Objekten

Manipulation von Objekten in VR-Umgebungen ist definiert als die interaktive Änderung von Objektparametern, wie z. B. dessen Ort, dessen Orientierung im Raum, dessen Größe, dessen Gewicht, dessen Geschwindigkeit usw. [RG13]. Die Manipulation muss auf den physikalischen Gesetzen der realen Welt basieren. Das bedeutet, dass sich virtuelle Objekte möglichst wie reale Objekte verhalten sollen und dass sich Manipulationsaktionen des Benutzers auch dementsprechend an den Aktionen in der realen Umgebung orientieren sollten [RG13]. Für manche spezielle Funktionalitäten können Interaktionstechniken verwendet werden, die mit realen Objekten nicht möglich sind.

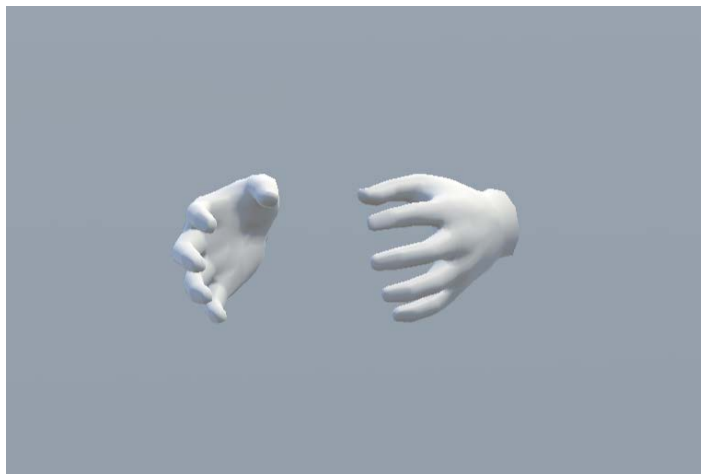


Abbildung 42: Modell der virtuellen Hände (Quelle: Eigener Entwurf)

Die virtuellen Hände (siehe Abbildung 42), die in der CustomHands-Beispielszene [Ocu21a] zu finden sind, helfen dabei, dass der Benutzer mit virtuellen Objekten in einer Form interagiert, die auf der Interaktion mit realen Objekten basiert. Die Interaktionen orientieren sich dann an Alltagserfahrungen, daher sind sie leicht zu erlernen und erscheinen dem Benutzer „natürlich“.

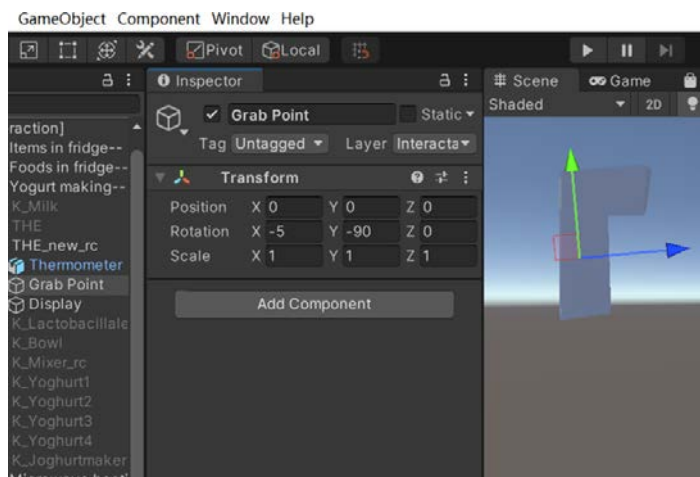


Abbildung 43: Beispiel: die Griffpunkte eines Modells (Quelle: Eigener Entwurf)

Das Greifen von Objekten in der virtuellen Realität erfordert die Einstellung des richtigen Winkels und der richtigen Position, wobei die Greifpunkte für die linke und rechte Hand häufig unterschiedlich sind. Abbildung 43 zeigt als Beispiel die Griffpunkte eines Modells. In diesem Projekt wird aus Zeitgründen für jedes virtuelle Objekt nur der richtige Greifpunkt der rechten Hand festgelegt. Wenn Benutzer Objekte mit der linken Hand greifen, werden sie in einem falschen Winkel angefasst, was den Realismus der Interaktion verringert. Dies wird in einer zukünftigen Arbeit in diesem Projekt berücksichtigt werden.

Ein weiteres Problem ist, dass sich die Handform beim Greifen eines Objekts nicht gut an die verschiedenen Formen des Objekts anpasst. Im Rahmen dieser Arbeit wurde als neue Möglichkeit zur Vermeidung der unerwünschten Nebeneffekte untersucht, ob das Verstecken der Hand einen positiven Effekt hat. Durch Tests im Labor mit mehreren Personen wurde dies bestätigt und daher für das Projekt übernommen. Die virtuelle Hand wird beim Greifen von Objekten automatisch versteckt, was den Realismus der Interaktion zudem verbessert.

Ramsamy et al. [RHJA06] hat aufgezeigt, dass neben den visuellen und auditiven Kanälen zusätzliche Modalitäten wie Haptik das Gefühl der Präsenz erhöhen können. Daher wurde ein haptisches Feedback beim Greifen von Objekten implementiert. Damit kann der Benutzer einen Gegenstand bewusst ergreifen.

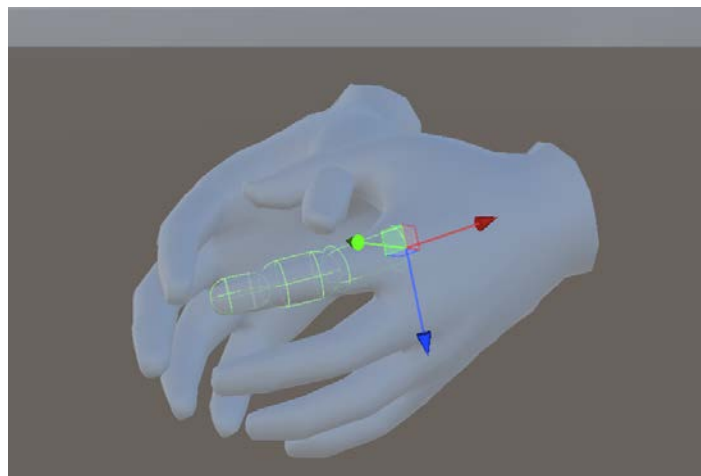


Abbildung 44: Beispiel: Modell des Kollisionskörpers am Zeigefinger (Quelle: Eigener Entwurf)

Außer den grundlegenden Greifinteraktionen ist in der VR auch das Drücken von Tasten und Schaltern mit der virtuellen Hand erforderlich. Die virtuelle Hand "geht automatisch durch Objekte hindurch, da sie standardmäßig keine kollidierenden Körper hat. Um die Interaktionsfunktion des Drückens einer Taste zu erreichen, wird der Zeigefinger der virtuellen Hand wie im Folgenden beschrieben implementiert. Am Zeigefinger der jeweils linken und rechten virtuellen Hand wird ein Kollisionskörper instanziiert, wenn sich die Hand in der Nähe der Tast-Objekte bewegt, wie in der Abbildung 44 gezeigt. Das heißt, der Kollisionskörper ist in der Szene nur in der Nähe von Tast-Objekten sichtbar, wenn die virtuelle Hand die Tast-Objekte verlässt, wird der Kollisionskörper versteckt.

4.5.4 Physikalische Simulation von Objekten

Neben der virtuellen Hand ist die physische Simulation von Objekten der Schlüssel zu einer natürlichen Interaktion. Eine der Herausforderungen bei der Entwicklung ist die Simulation realer Physik mit Unity.

Unity verfügt über ein eigenes eingebautes Physiksystem, das das Verhalten eines Objekts unter dem Einfluss der Schwerkraft steuert. Virtuelle Objekte haben normalerweise eine „Collider“-Komponente (Kollisionskörper) und eine „Rigidbody“-Komponente. Ein Collider registriert Kollisionen mit einem Objekt. Ein Rigidbody kontrolliert die Position des Objekts über das Physiksystem ?? . Objekte können entweder „use gravity“ oder „is kinematic“ sein. Wenn ein Objekt als „use gravity“ spezifiziert ist, wird es durch das Physiksystem beeinflusst. Bei als „is kinematic“ spezifizierten Objekten wird die Schwerkraft nicht berücksichtigt, es gilt nur die einwirkende kinematische Kraft.

Simulation zum Öffnen u. Schließen von Türen

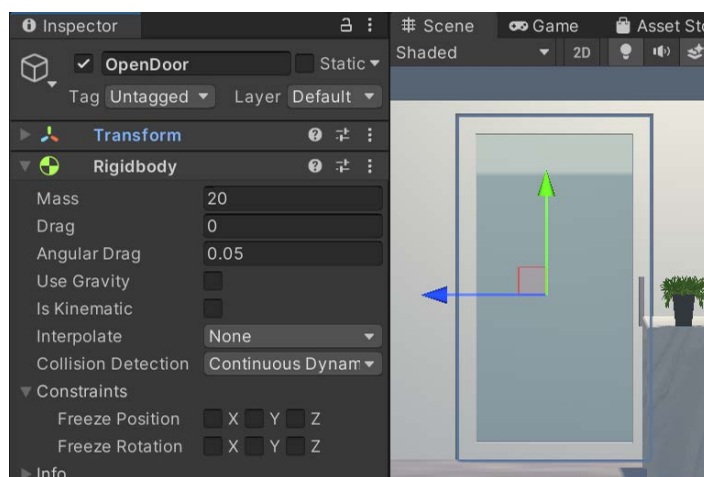


Abbildung 45: Beispiel einer Simulation der realen physikalischen Parameter einer Tür (Quelle: Eigener Entwurf)

Abbildung 45 zeigt beispielhaft eine Simulation der realen physikalischen Parameter einer Tür. Dazu gehören das Gewicht, die Position, die Größe und die externen Kräfte, die auf die Tür einwirken, wenn sie geöffnet und geschlossen wird. Die Küchentür, die Küchenschranktür und Schranktüren wurden nach realen physikalischen Parametern simuliert. Diese Einstellungen ermöglichen das natürliche Öffnen und Schließen von Türen in der VR.



Abbildung 46: Türen öffnen in einer virtuellen Umgebung (Quelle: Eigener Entwurf)

In der Praxis ist die Küchentür jedoch nicht so leicht zu bedienen, wie man es erwarten würde (siehe Abbildung 46), da der Benutzer anfangs nicht weiß, wie er den Controller bedienen soll, um den Türgriff zu halten. Deshalb wurde neben der Küchentür ein einfacher Taster zum automatischen Öffnen und Schließen angebracht.

Simulation von Flüssigkeiten

Ein schwieriger Punkt bei der Entwicklung ist die Simulation und Darstellung von Flüssigkeiten. Ein erfolgreiches Spielebeispiel ist Half-Life, dessen Entwickler Pixel-Shader zur Simulation von realistischen Wasser verwendeten. Han et al. [YWY18] entwickelten ein dynamisches Wasseroberflächenmodell, das auf dem Unity3D Shader basiert. Die Shader-Lösung erhöht die Komplexität, hätte zu viel Zeit gefordert, deswegen wurde es in diesem Projekt nicht implementiert. Stattdessen wurde eine sehr einfache Pseudo-Flüssigkeitssimulation implementiert.

Flüssigkeiten sind im Leben überall zu finden. Es ist zu beobachten, dass das Wasser aus einem Wasserhahn nicht sofort nach dem Aufdrehen fließt, sondern angefangen mit einem Tropfen Wasser über viele Tropfen erst zu einem Wasserstrahl wird. Inspiriert von dieser Idee, wurden Flüssigkeiten in diesem Projekt ebenso simuliert:

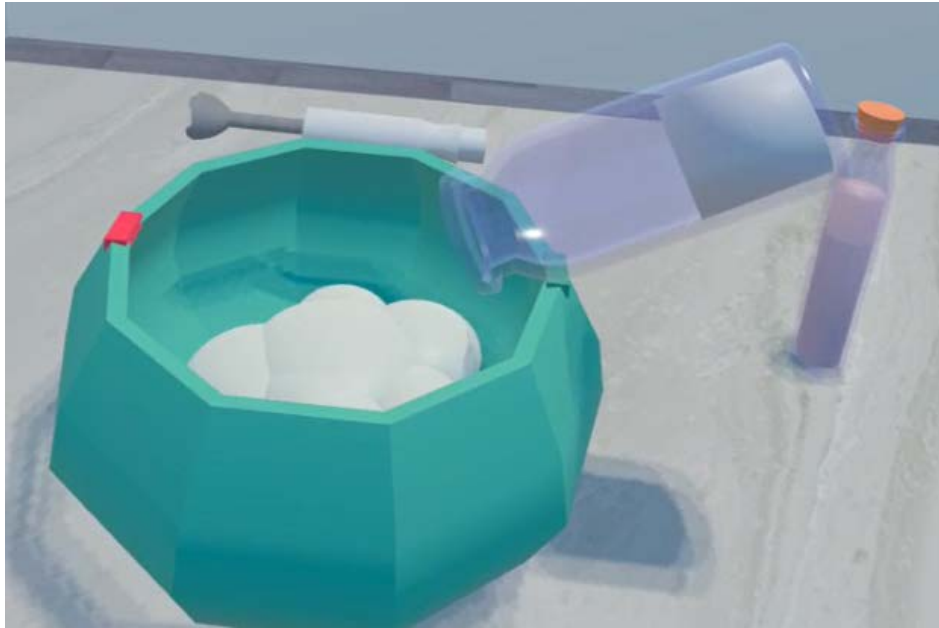


Abbildung 47: Simulation von Flüssigkeiten (Quelle: Eigener Entwurf)

Die Schüssel ist bereits mit Wassertropfen in verschiedenen Positionen und Größen bestückt. Sie sind anfangs in der Szene nicht sichtbar. Wenn sich die Milchflasche der Schüssel nähert, werden die Tröpfchen nacheinander in einer programmierten Reihenfolge zeitgesteuert aktiviert und sichtbar gemacht. Genauso werden Flüssigkeiten beim Ausgießen aus einer Flasche simuliert. Nach und nach werden die Tropfen in der Flasche ausgeblendet, so dass der Eindruck entsteht, die Flüssigkeit in der Flasche würde weniger werden.

Probleme bei der physikalischen Simulation

In diesem Projekt wurde versucht, realistische physikalische Werte für alle virtuellen Objekte festzulegen, wie Größe, Masse, Bewegungskräfte usw. Obwohl das Physiksystem in den meisten Fällen wie erwartet funktioniert, kann es vorkommen, dass sich virtuelle Objekte unvorhersehbar bewegen, wenn sie nahe beieinander liegen (siehe Abbildung 48).



Abbildung 48: Probleme bei der physikalischen Simulation (Quelle: Eigener Entwurf)

Dies kann auf Kollisionsberechnungen zurückzuführen sein, wenn mehrere Kollider miteinander kollidieren. In einigen Fällen kann die virtuelle Hand mit einem darin befindlichen Objekt andere Objekte durchdringen. Das ist in der Realität nicht möglich. In diesen Fällen können unerwünschte physikalische Effekte in Form von Steckenbleiben von Objekten ineinander, oder unerwünschtes Wegdrücken kollidierender Objekte ausgelöst werden. Um das Problem des Wegdrückens zu lösen, wurden alle virtuellen Objekte, die mit der Hand gegriffen werden können, auf ein viel niedrigeres virtuelles Gewicht als das tatsächliche Gewicht eingestellt. Dadurch ist die kinetische Kraft, die bei einem Zusammenstoß wirkt, wenig stark. Das schwerere Kollisionsobjekt wird dadurch scheinbar nicht, oder nur wenig verschoben. Das Problem des Steckenbleibens von Objekten ineinander erfordert komplexere Lösungsansätze und wurde hier nicht weiter verfolgt.

Eine weitere Herausforderung war die zufällige Auswahl von Objekten aufgrund der Größe der Kollisionsobjekte. Wenn sich der Controller zum Beispiel in der Nähe des Flaschenverschlusses befand, passierte es häufig, dass die gesamte Flasche und nicht nur der anvisierte Flaschenverschluss gegriffen wurde. Um die Möglichkeit zu verringern, dass versehentlich das falsche Objekt ausgewählt wird, wurde die Größe der Objekt-Kollisionskörper entsprechend angepasst, meist verkleinert.

4.5.5 Eine interaktive virtuelle Umgebung

Zunächst ist eine geeignete virtuelle Umgebung zu entwickeln, in der verschiedene Arten von Interaktionstechniken implementiert werden können. Hier gehören dazu z. B. Kühlschränke- und Schranktüren, die sich öffnen lassen, Schubladen, die sich aufziehen lassen, ein Backofen, eine Mikrowelle und Lichter, die sich ein- und ausschalten lassen (Beispiele siehe Abbildung 49).



(a) Kühlschranktür öffnen



(b) Mikrowellentür öffnen



(c) Schranktür öffnen



(d) Backofentür öffnen

Abbildung 49: Beispiele der Interaktionen in der virtuelle Küche. (Quelle: Eigener Entwurf)

4.5.6 Die Simulation der Joghurtherstellung

Die Funktionen der Simulation der Joghurtherstellung wurden schon in Unterkapitel 4.2 festgelegt. Dafür wurden alle Materialien, die zur Joghurtherstellung verwendet werden, zunächst gestaltet und modelliert. Dies wurde schon in Unterkapitel 4.4 beschrieben.



Abbildung 50: Die Materialien zur Joghurtherstellung (Quelle: eigener Entwurf)

Alle vorbereiteten 3D-Modelle der Materialien, die zur Joghurtherstellung verwendet werden, sind in Abbildung 50 dargestellt.

Um alle notwendigen Funktionalitäten zu finden und zu implementieren, wurde ein Flussdiagramm für den Joghurtherstellungsprozess erstellt (siehe Abbildung 51).

Joghurtherstellungsprozess

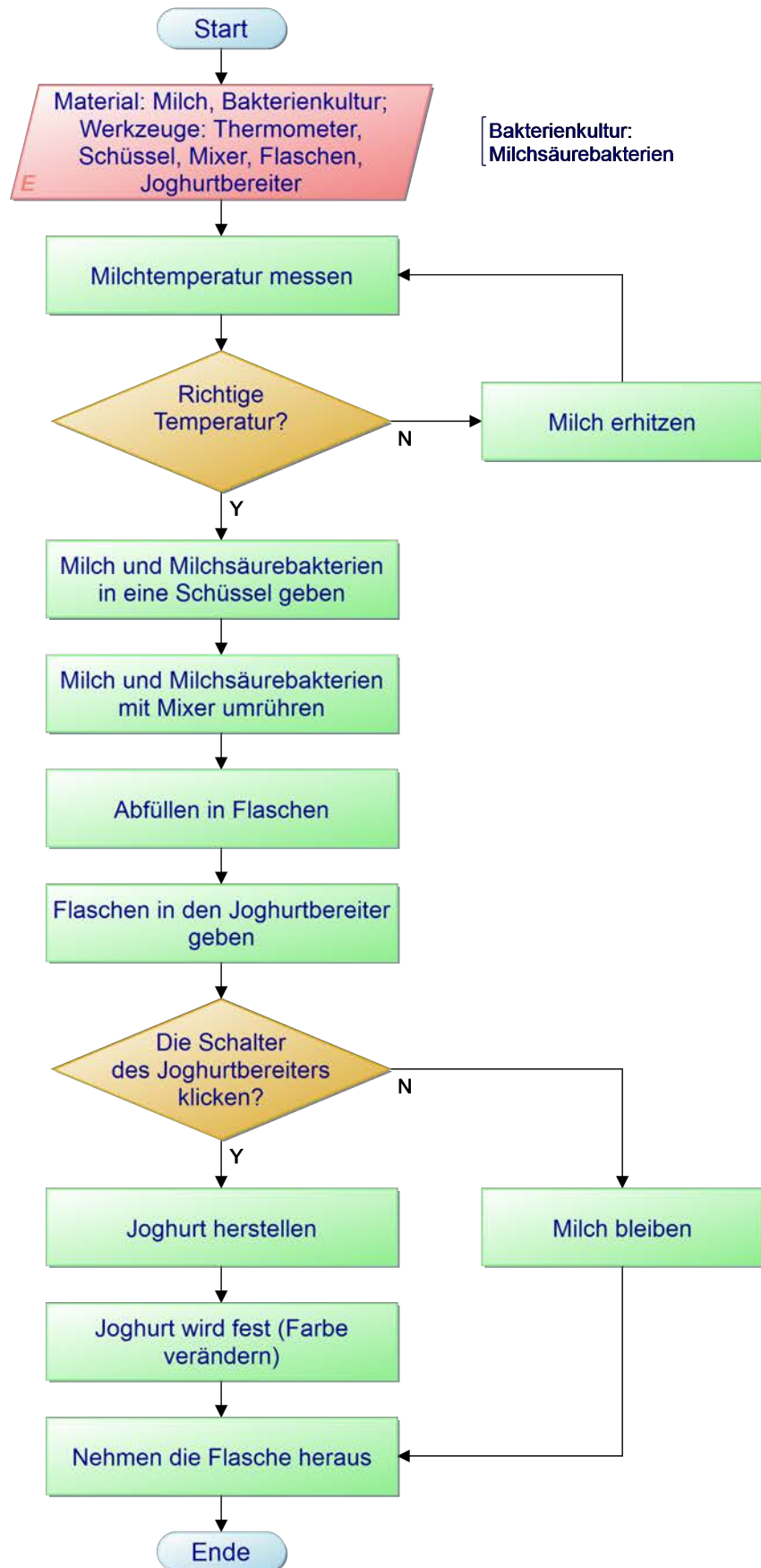


Abbildung 51: Flussdiagramm des Joghurtherstellungsprozesses (Quelle: eigener Entwurf)

Informationstafel für den Joghurtherstellungsprozess

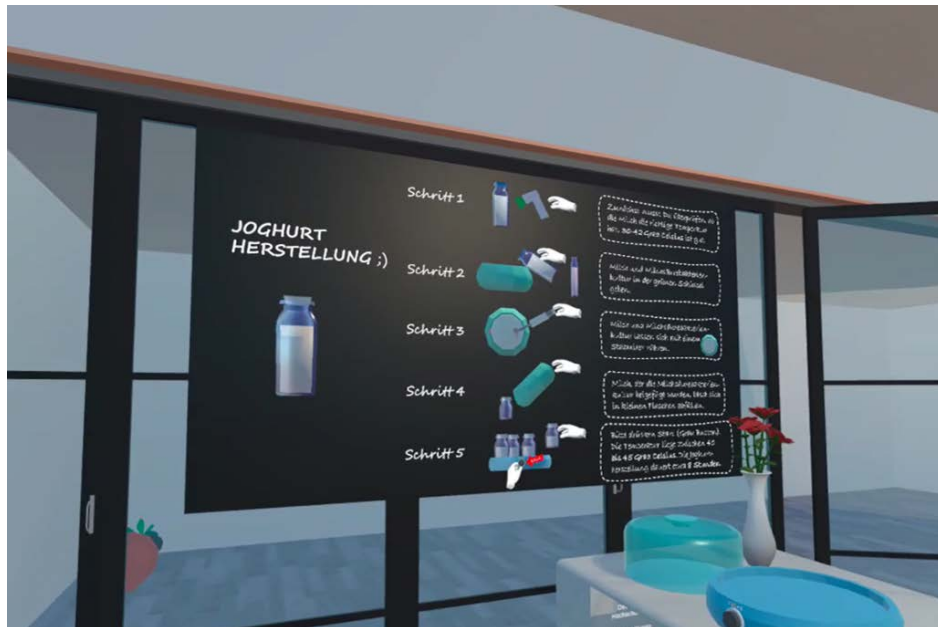


Abbildung 52: Informationstafel für den Joghurtherstellungsprozess (Quelle: Eigener Entwurf)

Eine Informationstafel wurde implementiert, um dem Benutzer eine klare Vorstellung von den Schritten der Joghurtherstellung zu vermitteln. Es zeigt eine grafische Darstellung des im jeweiligen Prozessschritt benötigten Objektes und eine grafische und textliche Erklärung für jeden Schritt.

Messung der Milchttemperatur

„Zunächst musst Du überprüfen, ob die Milch die richtige Temperatur hat, 30-42 Grad Celsius ist ideal.“



Abbildung 53: Messung der Milchttemperatur (Quelle: eigener Entwurf)

Als erstes muss die Temperatur der Milch gemessen werden. Das Thermometer muss auf die Flasche gelegt werden, um die Temperatur abzulesen. Wenn die Temperatur unter 30 Grad Celsius liegt, leuchtet der gesamte Bildschirm rot und zeigt damit an, dass die Temperatur zu niedrig ist, um Joghurt herzustellen (siehe Abbildung 53). Die ideale Temperatur von Milch zur Joghurtherstellung liegt zwischen 30 und 42 Grad Celsius.

Erhitzen der Milch in der Mikrowelle



Abbildung 54: Erhitzen der Milch in der Mikrowelle (Quelle: eigener Entwurf)

Wenn die Milch aus dem Kühlschrank genommen wird und bei der Messung eine Temperatur unter 30 Grad angezeigt wird muss die Milch in der Mikrowelle erwärmt werden.

In der Realität dauert es bei 600 bis 700 Watt ca. ein bis zwei Minuten, bis die Milch die gewünschte Temperatur erreicht hat. In der virtuellen Realität dauert es nur 3 Sekunden. Die Milch wird auf 30 bis 42 Grad Celsius erhitzt (siehe Abbildung 54).

Das Display leuchtet grün, wenn die Mikrowelle eingeschaltet ist und das Display zeigt an, wie viel Zeit noch verbleibt. Die Milch wird dann herausgenommen. Die Temperatur muss erneut gemessen werden. Wenn der gesamte Bildschirm grün leuchtet, dann ist die Temperatur der Milch für die Joghurtherstellung geeignet.

Zugabe von Milchsäurebakterien zur Milch

„Die Milch und Milchsäurebakterienkultur in die grüne Schüssel geben und mit einem Stabmixer verrühren.“ Als nächstes wird eine ganze Flasche Milch in eine grüne Schüssel

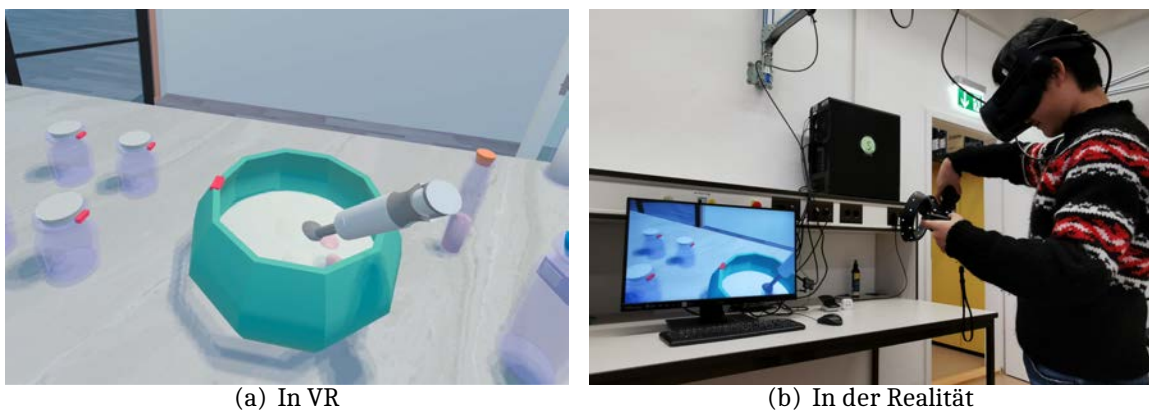


Abbildung 55: Zugabe von Milchsäurebakterien zur Milch und Umrühren mit einem Stabmixer (Quelle: eigener Entwurf)

gegossen und die Milchsäurebakterien dazugegeben (siehe Abbildung 55). Beides mit einem Stabmixer gleichmäßig vermischen, bis das Ende des Mischvorgangs visuell erkennbar ist.

Abfüllen in kleine Flaschen

„Jetzt die Milch, der die Milchsäurebakterienkultur beigefügt wurden, in kleine Flaschen abfüllen. Beim Abfüllen darauf achten, dass jeweils der rote Punkt auf der Flasche und der Schüssel zueinander ausgerichtet sind.“ Die gemischte Flüssigkeit wird dann in vier kleine Flaschen (~250 ml) abgefüllt. Aufgrund der Beschränkungen der Programmierimplementierung wird der Benutzer hier aufgefordert, den roten Punkt auf der grünen Schüssel mit dem roten Punkt auf den Fläschchen auszurichten (siehe Abbildung 56). Dieser rote Punkt ist ein Kollisionserkennungspunkt. Sobald die Abfüllung von vier Flaschen abgeschlossen ist, ist auch die Schüssel leer und es ist keine Flüssigkeit mehr sichtbar. Es könnte jetzt ein neuer Mischvorgang gestartet werden. Der Benutzer kann sich auch dafür entscheiden, nicht die gesamte Flüssigkeit aus der Schüssel auszugießen. In diesem Fall wird mit der Mengen an zuvor abgefüllten Flaschen fortgefahren.

Verwendung des Joghurtbereiters

„Stelle jetzt die Flaschen in den Joghurtbereiter und drücke den grauen Startknopf. Der

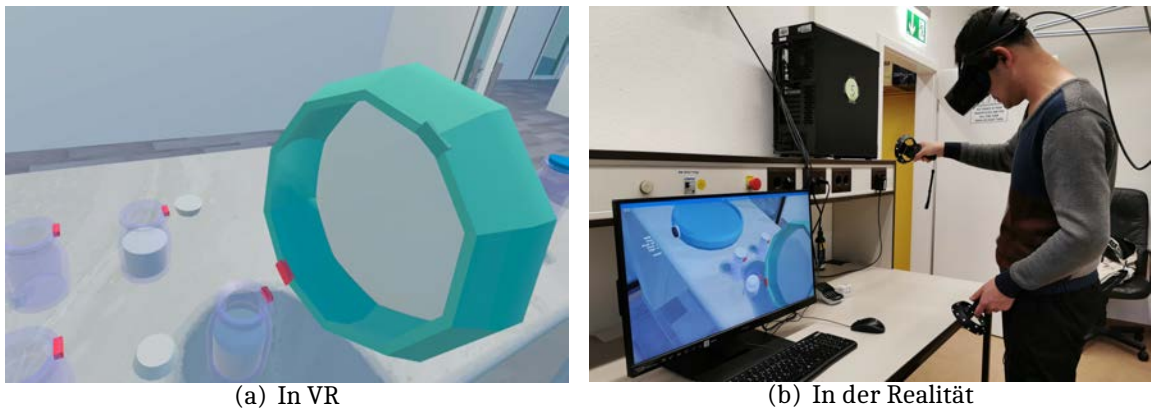


Abbildung 56: Abfüllen in kleine Flaschen (Quelle: eigener Entwurf)

Joghurtbereiter hält jetzt die Temperatur zwischen 40 bis 45 Grad Celsius. Die Joghurtherstellung dauert etwa 8 Stunden.“

Die Flaschen mit der „geimpften“ Milch werden in den Joghurtbereiter gestellt. Die Inkubation erfolgt über 2 bis 8 Stunden bei einer Temperatur von etwa 43 Grad Celsius. In der virtuellen Realität dauert der Prozess nur 8 Sekunden.

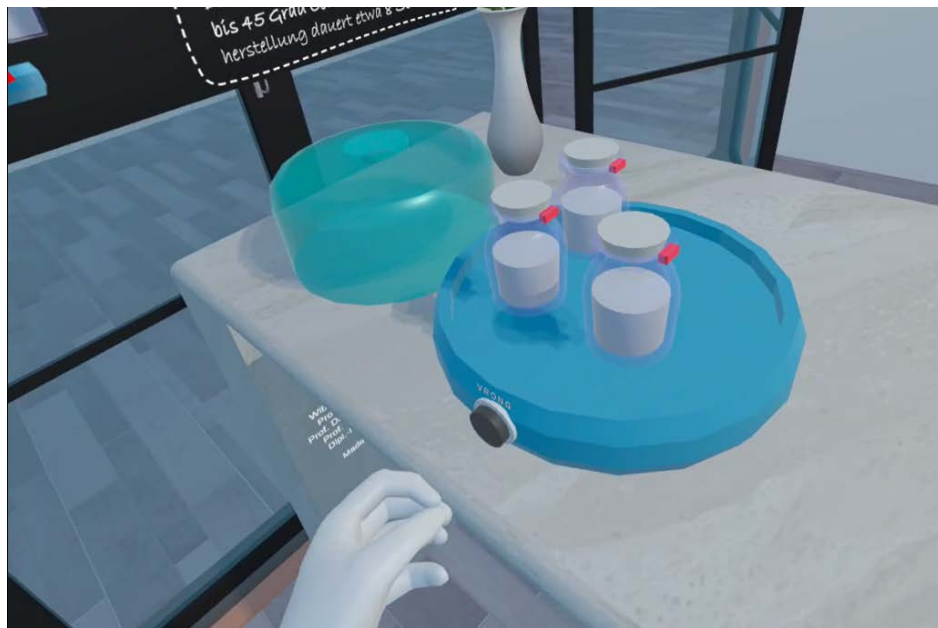


Abbildung 57: Einschalten des Joghurtbereiters durch Drücken der Starttaste (Quelle: eigener Entwurf)

Die Abbildung 57 zeigt das Einschalten des Joghurtbereiters durch Drücken der Taste mit der virtuellen Hand.

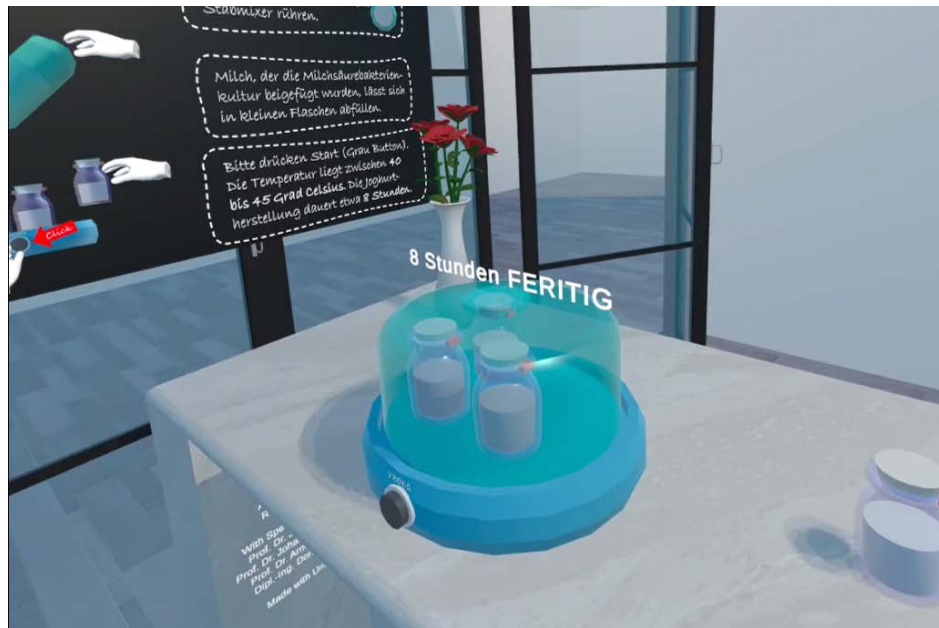


Abbildung 58: Display auf dem Joghurtbereiter (Quelle: eigener Entwurf)

Über dem virtuellen Joghurtbereiter befindet sich ein Display, das den Betriebsstatus des Joghurtbereiters und die verbleibende Zeit anzeigt (siehe Abbildung 58).

Genießen von Joghurt



Abbildung 59: Genießen von Joghurt (Quelle: eigener Entwurf)

Anschließend werden alle Joghurtproben im Kühlschrank bis zum Verzehr abgekühlt. Benutzer können in der virtuellen Realität den Joghurt so trinken, wie sie es aus der Realität kennen. Einfach die Flasche mit der Hand zum Mund führen (siehe Abbildung 59).

Design und Implementierung von Toneffekten

Für eine natürlichere Interaktion und bessere Immersion werden Aktionen und Vorgänge in der virtuellen Realität von entsprechenden Geräuschen begleitet. Zum Beispiel das Geräusch der eingeschalteten Mikrowelle, das Geräusch des laufenden Joghurtbereiters oder das Schluckgeräusch beim Trinken des Joghurts.

4.5.7 Das Wissensquiz und Menünavigation

Menünavigation

Menünavigation ist eine der wesentlichen und grundlegenden Aufgaben bei der Interaktion eines Benutzers mit einer virtuellen Welt. Diese Aufgabe ist für den Benutzer in einer 3D-Umgebung erheblich schwieriger zu bewältigen als in einer 2D-Umgebung.

In diesem Projekt wurden zwei verschiedene Lösungen für das „Wissensquiz“ implementiert, um eine natürlichere Interaktion mit virtuellen Menüs zu erreichen. Die Menünavigation über die Kopfbewegungssteuerung wurde für dieses Projekt als Lösung ausgewählt. Die Begründung hierfür wird im Folgenden beschrieben.

- **Steuerung durch Controller:** Ein Menü wird über eine Taste auf dem Controller geöffnet. Danach wird die Option im Menü über die Tasten des Controllers ausgewählt (siehe Abbildung 60).



Abbildung 60: Menüsteuerung durch Controller. (Quelle: Eigener Entwurf)

- **Steuerung durch Kopfbewegung:** Ein Menü wird über Betätigen einer Taste auf einem virtuellen Tisch geöffnet. Durch Kopfbewegung wird ein roter Ring über das Menüfenster bewegt (siehe Abbildung 61). Wenn der rote Ring über der gewünschten Menüoption steht und dort zwei Sekunden gehalten wird, wird die Option automatisch ausgewählt.



Abbildung 61: Menüsteuerung durch Kopfbewegung. (Quelle: Eigener Entwurf)

Die Verwendung von Tasten auf dem Controller zur Menünavigation ist eine überholte zweidimensionale grafische Lösung. Ein durch den Controller aufgerufenes Menüfenster wird oftmals an einem unerwarteten, schlecht zu kontrollierendem Ort in der Szene dargestellt. Dadurch wird die Immersion unterbrochen. Die Kopfbewegungssteuerung simuliert den Prozess des Lesens einer Frage durch einen Menschen. Für das Auswählen eines Menüpunktes wurde eine Kopf-Haltezeit des Benutzers von zwei Sekunden eingestellt. Durch Tests im Labor mit mehreren Personen, konnte diese Steuerungsmethode als praktikabelste Methode bestätigt werden. (Der hierzu verwendete Code basiert auf einem zur Verfügung gestelltem Beispielcode.)

Entwurf und Implementierung von Joghurt-Quiz

Wie bereits erwähnt, werden Kopfbewegungen als Interaktionen für das Quizmenü verwendet. Wenn der Benutzer auf die Quiz-Taste auf dem Tisch klickt, erscheint ein 3D-Computer in der virtuellen Realität, auf dessen Bildschirm die Quizfragen an den Benutzer gestellt werden.

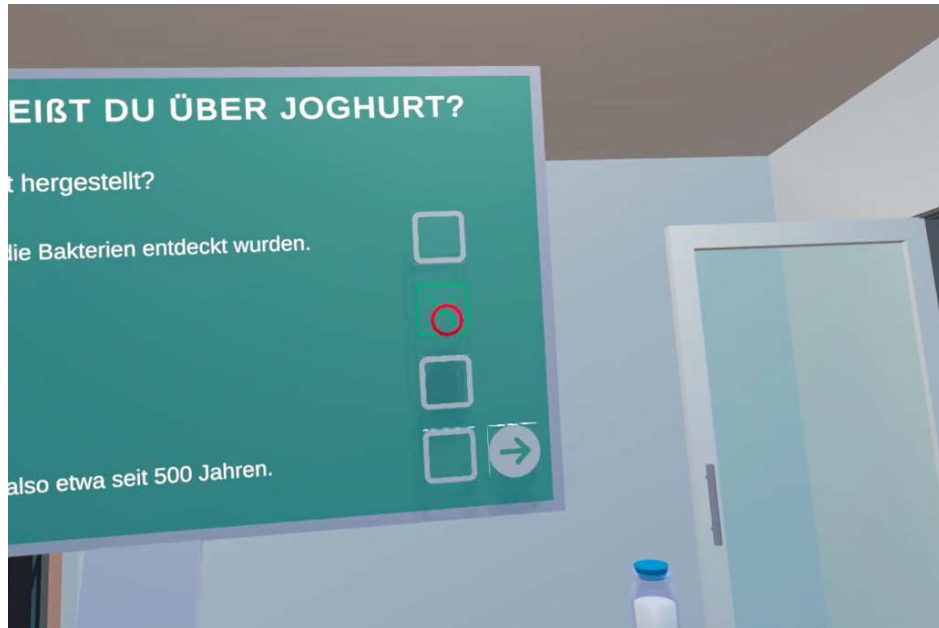


Abbildung 62: Option auf dem Quizmenü auswählen (Quelle: eigener Entwurf)

Mit einer Kopfbewegung kann der Benutzer den roten Ring zu der Option schwenken, die er auswählen möchte. Wenn er ihn zwei Sekunden lang hält, erkennt das System automatisch die Absicht des Benutzers und bestimmt diese Option für ihn (siehe Abbildung 62).

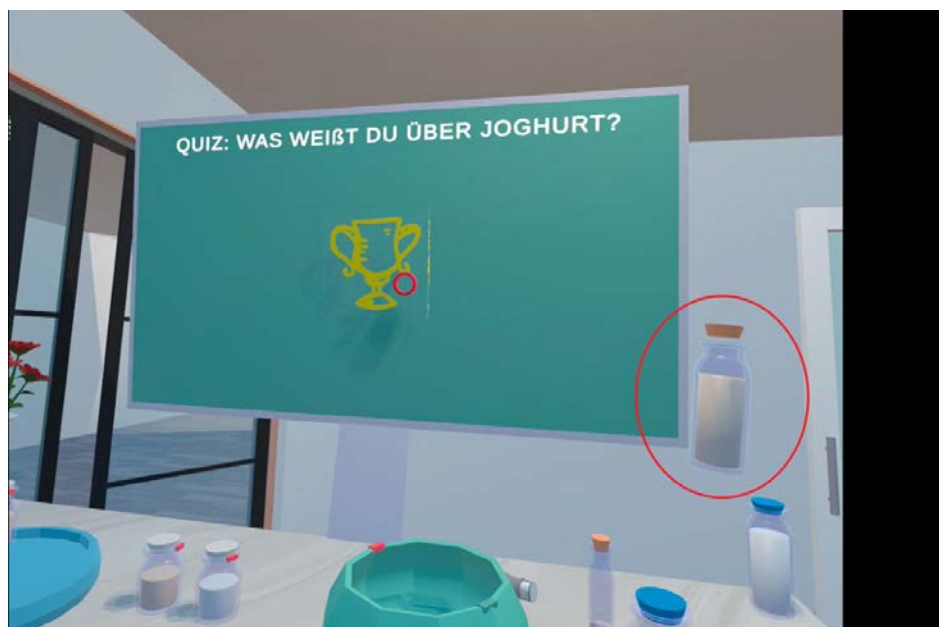


Abbildung 63: Bonus-Joghurt (Quelle: eigener Entwurf)

Nachdem der Benutzer die sieben Fragen für ein beliebiges Level beantwortet hat, erscheint am Ende eine Bonus-Taste auf dem Bildschirm. Der Benutzer wird mit einer zusätzlichen Flasche Joghurt belohnt, wenn er auf dieselbe interaktive Weise durch Kopf-

bewegung auf diese Bonus-Taste klickt (siehe Abbildung 63). Auch der Bonus-Joghurt kann vom Benutzer getrunken werden.

4.5.8 Der Einführungstutorial-Raum

Dieses Projekt wurde für Lehrzwecke entwickelt und richtet sich an Studenten und Schüler. Die Mehrheit der Benutzergruppen hat noch nie eine VR-Erfahrung gemacht. Sie wissen nicht, wie man den VR-Controller bedient und wie man mit ihm in der virtuellen Realität interagiert. Deshalb wurde für dieses Projekt ein zusätzlicher Einführungstutorial-Raum eingerichtet, um Anfängern zu helfen, sich mit der VR-Umgebung und den grundlegenden Interaktionen in der VR vertraut zu machen.

Bei dem Projekt Biotech-Haus geht es nicht nur um die Joghurtherstellung. In Zukunft soll es in jedem Zimmer ein Beispiel für Biotechnologie im Alltag geben. Das bedeutet, dass der Einführungstutorial-Raum den Benutzern hilft, sich nicht nur auf die Interaktion mit dem Prozess der Joghurtherstellung vorzubereiten, sondern auch auf VR-Interaktionen im Allgemeinen. Der Einführungstutorial-Raum könnte in der zukünftigen Arbeit die Vermittlung neuer grundlegender VR-Interaktionen mit einbeziehen.

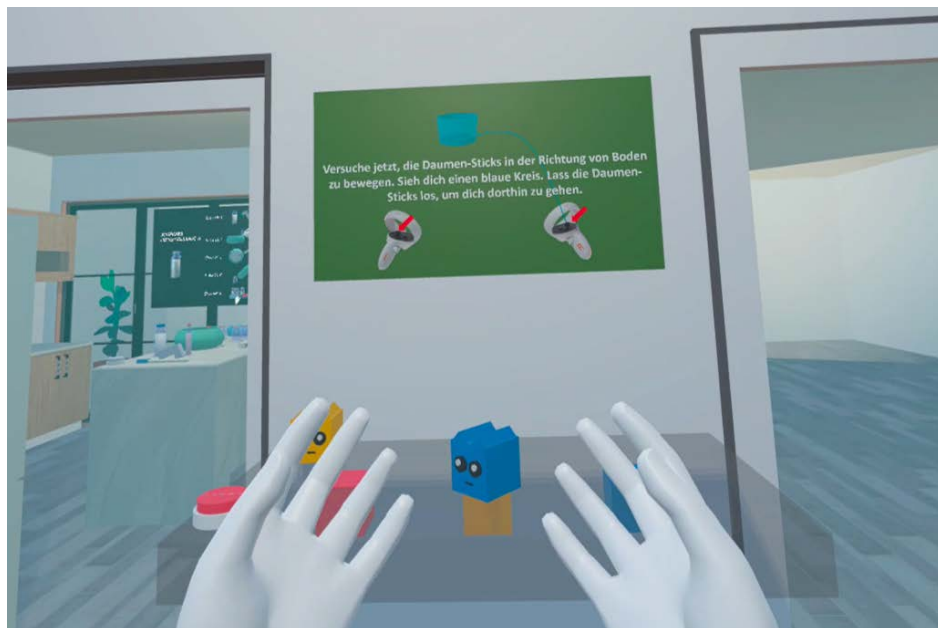


Abbildung 64: Der Einführungstutorial-Raum (Quelle: Eigener Entwurf)

Der Einführungstutorial-Raum befindet sich im Flur, rechts neben der Küchentür. Er besteht aus einem kleinen modernen Tisch und drei Würfeln in Katzenform. Über dem Tisch befindet sich ein Bildschirm, der ein Einführungstutorial-Video zeigt (siehe Abbildung 64). Es führt den Benutzer in die Bewegungskontrollmöglichkeiten in der virtuellen Realität, das Greifen von Objekten und das Drücken von Tasten mit einer virtuellen Hand ein.

4.6 Rückblick

Hier wird ein Rückblick gegeben, um die im Rahmen der Arbeit erfüllte funktionale und nicht funktionale Anforderungen zu beschreiben. Die Applikation benutzt OpenXR und mit XRIT entwickelt. Sie war auf den VR-Headsets HP Reverb und HP Reverb G2, Valve Index und Oculus 2 getestet. Diese Headsets werden zurzeit unterstützt. Es wurden sowohl funktionale als auch nicht-funktionale Anforderungen umgesetzt. Es gibt noch Raum für Fortschritte bei der Flüssigkeitssimulation und der besseren physikalischen Simulation.

5 Evaluation

Um das Konzept des virtuellen Biotech-Hauses beim praktischen Einsatz in der Lehre zu validieren, wurde eine qualitative Studie durchgeführt. Im Rahmen der wissenschaftlichen Forschung sind Expertenbefragungen eine häufig angewandte Methode zur Erhebung von qualitativen Informationen [HLG19, p.292]. Qualitative Expertenbefragungen bieten die Möglichkeit, neue und unerwartete Informationen zu erhalten, die durch standardisierte Verfahren nicht zu erlangen sind [Dim09, p.119].

In dieser Arbeit wurden vier semistrukturierte Expertenbefragungen mit Lehrpersonen durchgeführt. In den Gesprächen wurde das Konzept des Biotech-Hauses vorgestellt und hinsichtlich der pädagogischen Kompatibilität überprüft [Gla18]. Darüber hinaus wurde die im Rahmen des Konzepts ausgearbeitete VR-Anwendung im Hinblick auf ihre Umsetzbarkeit und Benutzerfreundlichkeit evaluiert. Der Aufbau des Interviewleitfadens basiert auf den Prinzipien der qualitativen Forschung [BD06].

5.1 Teilnehmer

Bei einer qualitativen Befragung ist nicht die Anzahl der Befragten, sondern die Zusammensetzung der Befragten entscheidend [Dim09, p.120]. Um aussagekräftige Ergebnisse in der Studie zu erzielen und ein dem Konzept angepasstes Feedback zu erhalten, wurden zwei Experten aus dem Bereich Biotechnologie, ein Experte aus dem Bereich Virtual Reality und ein Experte aus dem Bereich Mensch-Maschine-Interaktion an der Hochschule Anhalt ausgewählt.

Tabelle 12: Allgemeine Informationen von Befragten

ID	Name	Fachgebiet
E1	Prof. Dr. Johannes Tümler	Augmented und Virtual Reality
E2	Prof. Dr. Arne Berger	Mensch-Maschine-Interaktion
E3	Prof. Dr. Jana Rödiger	Biotechnologie
E4	Dorit Beck	Biotechnologie

5.2 Vorbereitung der Expertenbefragung

Forschungsleitende Annahmen

Jede theoretische Analyse benötigt eine forschungsleitende Annahme, die bei Befragungen als unterstützender Leitfaden dient [Dim09]. Wie Folgendes sind die forschungsleitende Annahmen.

Die Möglichkeiten und das Potenzial des Einsatzes der VR-Technologie im Bereich des Biotechnologieunterrichts wurde aus verschiedenen Perspektiven untersucht. Dieses Projekt gilt als Beispiel für VR-Technologie im Bereich des Biotechnologieunterrichts.

- Heute kommt VR als eine neue Form der Mensch-Maschine-Interaktion in der Bildung verstärkt zum Einsatz.
- Es ist sehr wichtig, mit Lehrkräften zusammenzuarbeiten, um die VR-Technologie in Unterrichtssysteme integrieren zu können.
- Beobachtungen und Überlegungen zu bestehenden VR-Bildungsprodukten im Bereich der Biotechnologie.
- Im Gegensatz zu traditionellen Lehrmethoden haben viele Studien gezeigt, dass immersives Lernen mit VR zu einem größeren Lernerfolg führt.

Ausformulierung des Interviewleitfadens

Mit Hilfe des Interviewleitfadens werden die für die Studie relevanten Fragen behandelt und es wird eine gewisse Vergleichbarkeit der Ergebnisse erreicht [Mün04]. Diese Fragen werden auf der Grundlage der theoretischen Vorarbeit und der forschungsleitenden Annahmen formuliert. Der Interviewleitfaden ist im Anhang zu finden.

Der Leitfaden besteht aus drei Blöcken, die sowohl geschlossene als auch offene Fragen enthalten. Der erste Block dient als Einstieg in das Thema und gibt einen Überblick zum aktuellen Stand der Integrierung der Technik. Im zweiten Block werden die Gestaltung der virtuellen Umgebung, die Interaktion sowie die physische Simulation, die Benutzerfreundlichkeit und Lehrinhalte abgefragt. Der dritte Block enthält Fragen zur persönlichen Erfahrungen der Befragten mit dem Einsatz unterschiedlicher Lehrmethoden während der Corona-Pandemie. Hier wird auf die Einsatzmöglichkeiten von VR in der Lehre und die Vor- und Nachteile eingegangen. Schließlich wird nach Zukunftserwartungen und konkreten Vorschlägen zum Einsatz der Applikation gefragt.

Die Fragen in den drei Blöcken sollen die Interviewstruktur unterstützen. Um die Besonderheiten und den Erfahrungsschatz der Experten maximal zu berücksichtigen, werden hier je nach Situation spezifische Fragen gestellt [Dim09].

5.3 Vorgehensweise

Um auf Antworten reagieren und leicht Rückfragen stellen zu können, wurden die Expertenbefragungen vor Ort im xR-Labor unter Einhaltung der vor Ort geltenden Hygiene- und Verhaltensregeln bezüglich des Coronavirus durchgeführt.

Die Lehrpersonen probierten freiwillig zunächst 30 Minuten lang die VR-Applikation aus. Im oben beschriebenen virtuellen Einführungstutorial-Raum der Applikation erlernten die Nutzer die Bedienung der Controller. Zusätzlich wurden die Lehrpersonen mündlich in die Steuerung der VR-Anwendung eingewiesen. Zu jedem Zeitpunkt konnten die Lehrpersonen Fragen stellen und Hilfestellungen erhalten.

Dann wurden die Befragungen durchgeführt. Die Fragebögen für die Interviews wurden ausgedruckt und den Experten im Voraus zugeschickt, damit sie sich besser vorbereiten konnten. Während des Interviews wurde sich am Leitfaden orientiert, das Gespräch

strukturiert geleitet und neutral alle verfügbaren Informationen gesammelt [EH13]. Mit dem Einverständnis der Experten wurden die Interviews mit einem Smartphone aufgezeichnet.

5.4 Analyse der Ergebnisse

Im Folgenden werden die Statements der befragten Experten zu den verschiedenen Bereichen aufgeführt. Die qualitative Inhaltsanalyse ist eine Methode zur subjektiven Interpretation von Textdaten durch die systematische Klassifizierung mittels Kodierung und Identifizierung von Themen oder Mustern [Poh19]. Geschlossene Fragen wurden auf Basis der Likert-Skala erstellt und die Ergebnisse durch Visualisierung zusammengefasst und analysiert. Dann wurden die auf dem Smartphone aufgenommenen Gespräche mit den offenen Fragen analysiert. Alle neuen Ideen und Antworten, die aus den offenen Fragen hervorgingen, wurden in drei Themen zusammengefasst, die im folgenden Unterkapitel 5.5 ausgewertet werden.

5.4.1 Ergebnisse der geschlossenen Fragen

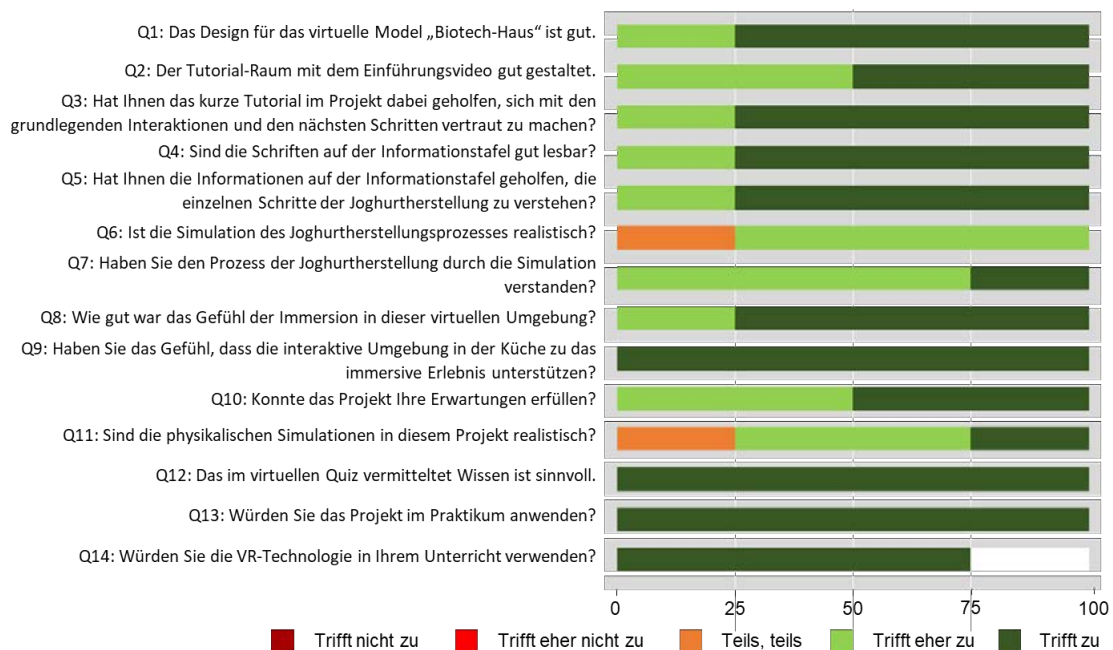


Abbildung 65: Verteilung der Bewertungsergebnisse der Experten über die virtuelle Umgebungsgestaltung der Applikation, die Bedienbarkeit und die Benutzerfreundlichkeit (Quelle: Eigener Entwurf)

Abbildung 65 zeigt die Verteilung der Bewertungsergebnisse auf der Likert-Skala. Jeder Experte gab eine Bewertung der Anwendung auf der Grundlage ihres eigenen Fachgebiets ab.

Der VR-Experte war mit dem Realismus der physischen Simulation der Joghurtherstellung nicht zufrieden. Er stellte fest, dass die virtuellen Objekte durch andere virtuelle Objekte hindurchgingen und manchmal nicht den gewünschten Bewegungen folgten. Außerdem erwartete er ein höheres Niveau an Realismus bei der physischen Simulation der Interaktion.

Der MMI-Experte fand die Platzierung der Küchenmöbel unangemessen. Der Benutzer muss sich mehrmals im Raum hin- und herbewegen, um auf Gegenstände zuzugreifen, was zu redundanten Bewegungsvorgängen führt. Er schlug vor, den Arbeitstisch waagrecht vor der beweglichen Glastür zu platzieren, damit insbesondere unerfahrene Benutzer mehr Freiheit und Entspannung bei der Bewegung erfahren. Die Farbe von Milch und Joghurt sind für den Unerfahrenen nicht deutlich genug zu unterscheiden. Es wäre besser, die Milchflaschen mit Etiketten zu versehen, damit der Benutzer genau weiß, welche Flasche Joghurt und welche Milch ist. Er schlug auch vor, die Schrift auf dem Thermometer größer zu machen, da aktuell die Thermometerwerte nicht leicht abzulesen sind.

Experten auf dem Gebiet der Biologie befassen sich eindeutig mehr mit der Gestaltung und Umsetzung von Lehrinhalten jenseits der Technik. Die Experten hatten höhere Anforderungen und Erwartungen an die Simulation des Joghurtherstellungsprozesses und würden gerne mehr Beispiele (siehe Tabelle 2) für Biotechnologie auf der Grundlage dieses Projekts sehen. Gemeinsam schlugen sie vor, die Applikation mit mehr akustischen Hinweisen zu ergänzen, um dem Benutzer einen klaren Weg zur Aufgabe zu weisen. Sie schlug vor, den Benutzer aufzufordern, den Joghurt vor dem Verzehr in den Kühlschrank zu stellen, um ihn abzukühlen.

5.4.2 Ergebnisse der offenen Fragen

Es folgten offene Fragen ohne vorgegebenes Antwortformat, was den Befragten mehr Raum für Antworten gab. Die Ergebnisse wurden in drei Themen zusammengefasst und diskutiert. In der Analyse wird die Zuordnung der Befragten aus Tabelle 12 verwendet.

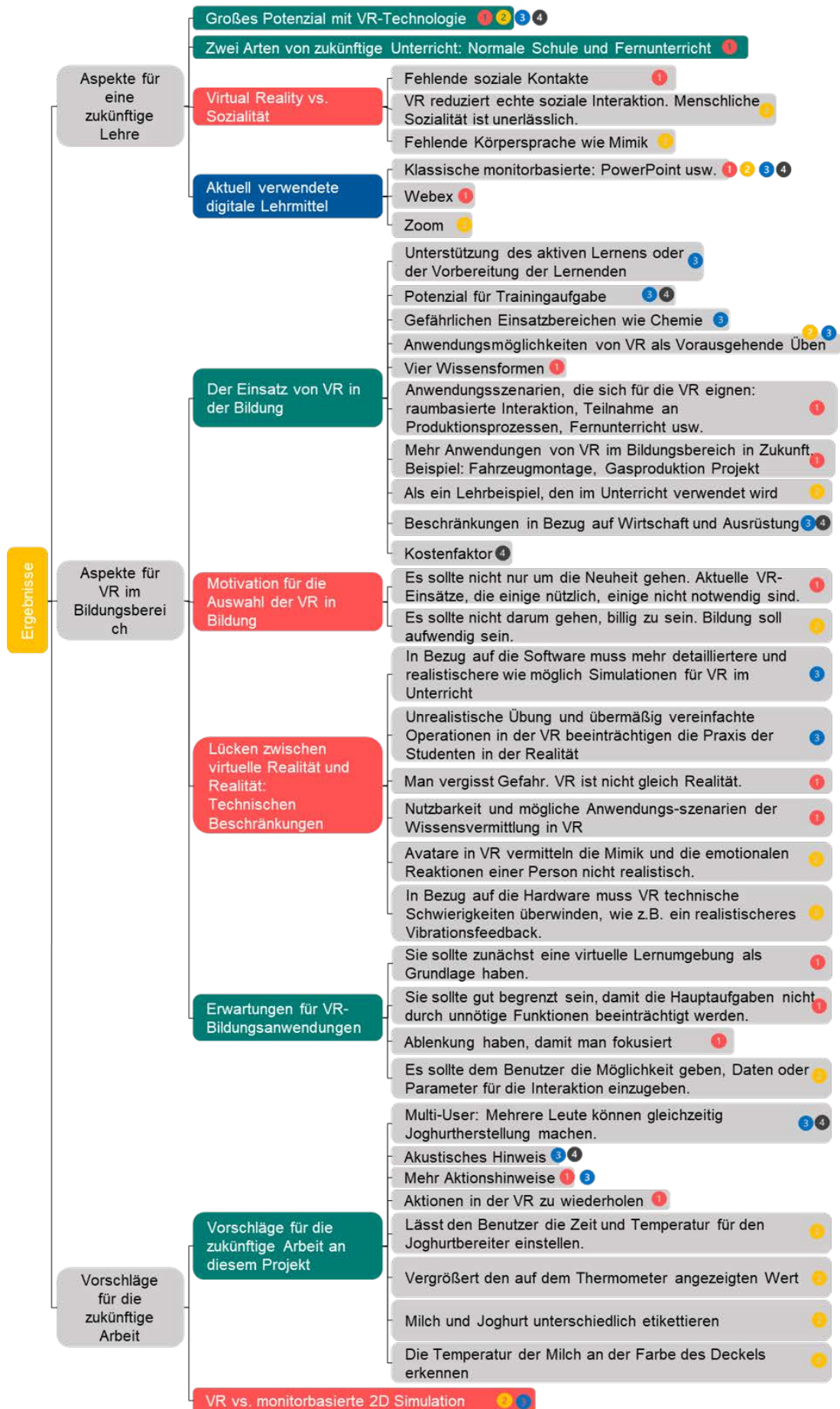


Abbildung 66: Ergebnisse der Expertenbefragung (Quelle: Eigener Entwurf)

Abbildung 66 zeigt die erstellte Zusammenfassung des Inhalts der Experteninterviews in Form einer Mindmap, um verallgemeinerbare Themen zu identifizieren.

Aspekte für eine zukünftige Lehre

Nach Meinung von Prof. Dr. Johannes Tümler wird es grundsätzlich zwei Arten von Unterricht in Zukunft geben.

„Man hat zwei Arten von Unterricht, normalen Unterricht wie in der Schule, Präsenzunterricht. Zusätzlich wird es mehr Möglichkeiten für Fernunterricht geben. Da kann ich mir vorstellen, dass mit Werkzeugen wie AltspaceVR oder ähnliche, Personen von überall auf der Welt in einem virtuellen Lernraum zusammenkommen, um darin am Unterricht teilzunehmen. Ich glaube, dass diese Unterrichtsform immer mehr Anwendung findet. Es wird nicht die klassische Schule ersetzen, aber zusätzlich zur Schule und Hochschule wird es viele virtuelle Weiterbildungen geben.“ (E1)

Prof. Dr. Arne Berger sieht didaktische Potenziale der VR für den gezielten Einsatz in der Lehre aber gleichzeitig das Problem der Sozialität. Es fehlt teilweise die echte soziale Interaktion in der VR. Er meint, dass soziale Kommunikation mit der VR-Technologie allgemein abnimmt und es keine echte Interaktion gibt. Wenn sich die Menschen auf die VR-Technologie konzentrieren, anstatt miteinander zu kommunizieren, dann ist das eine neue Art der Isolation. Menschliche Sozialität ist unerlässlich.

„Ich habe ein bisschen Angst, dass es Kollegen gibt, die sagen, dass Sie als Studenten nicht mehr zur Uni kommen müssen, sondern einfach zu Hause eine Brille aufsetzen und damit am Unterricht teilnehmen. Das finde ich nicht gut, da dann die soziale Interaktion fehlt, die wir definitiv brauchen.“ (E2)

Daneben sieht Prof. Dr. Arne Berger ebenfalls das Problem der fehlenden Information wie z. B. Mimik beim Unterricht in VR. Körpersprache wie Mimik kann zur Zeit in VR nicht ausreichend übermittelt werden. Es fehlt dann bei der Lehre solcher Informationsaustausch zwischen Menschen.

Beide Biotechnologie-Experten sind der Meinung, dass VR ein sehr großes Potenzial für das Lehren und Lernen hat.

Prof. Dr. Jana Rödiger sieht ein sehr großes Potenzial der VR-Technologie im Bereich des Lehrens und Lernens, vor allem als zeiteffiziente Unterstützung, spielerische Motivationshilfe für aktives Lernen und als ergänzende Vorbereitung für die Lernenden.

„VR bietet großes Potenzial für das Lernen von routinierten Abläufen bei z. B. der Vorbereitung von komplexen Laborversuchen. Dabei geht es um die Herstellung von Medien, das Abwiegen von Stoffen, die Vorbereitungen einer Bioreaktors usw.. Hierbei kann für die Studierenden eine virtuelle Vorbildung für den realen Laborversuch geschaffen werden, sodass bei dem praktischen Training im Labor Zeit gespart wird, die wiederum dort eingesetzt werden kann, wo die aktive individuelle Übung unersetzbar ist. Auch der Umgang mit Ge-

fahstoffen kann virtuell erlernt und verfestigt werden. Virtuelle können Szenarien geübt werden, Erfahrungen gemacht werden, die aus Sicherheitsgründen in der Realität nur theoretisch behandelt werden. Ich denke, in der Zukunft wird VR immer mehr in die Lernprozesse eingebunden werden. Es bietet ein großes Unterstützungspotenzial für den Unterricht, wobei es die praktische Laborarbeit jedoch nie ganz ersetzen werden kann.“ (E3)

Über aktuelle verwendete digitale Lehrmittel sagt Dorit Beck, PowerPoint ist eher passiv aber VR aktiv. Das sei ein Vorteil der VR.

„ In Zeiten des Corona Lockdowns, wo keine Labore oder Praktika möglich waren, fehlte die aktive Interaktion mit den Studenten. Eine Technik wie VR kann in solch einer Phase diese aktive Interaktion ein Stück weit ersetzen, das ist sehr positiv. Ein weiterer Aspekt ist, dass komplexe Themen in VR anschaulicher als in der Theorie, aber weniger aufwendig als in der Praxis, vermittelt werden können. Dazu gehört bspw., dass zeitaufwendige Prozesse in VR abgekürzt dargestellt werden können.“ (E4)

Aspekte für VR im Bildungsbereich

VR hat ein großes Potenzial als Ergänzung für den theoretischen aber vor allem auch für den praktischen Bildungsbereich. VR-Anwendungen sind gut geeignet für z.B. sicherheitsrelevante Themen wie dem Umgang mit Chemikalien oder dem Erlangen von Routine durch Wiederholung, da dafür die Zeit während der Praktika meist fehlt. Prof. Dr. Jana Rödiger weist im Gespräch aber auch explizit auf Lücken zwischen der virtuellen Realität und der Realität hin. So kann z. B. das korrekte Pipettieren virtuell nur unzureichend geübt werden.

„VR bietet auch in Bezug auf die Vorbereitung der Studenten auf ein Praktikum ein großes Potenzial. Es können Arbeitsabläufe aus dem Labor vor dem Praktikum virtuell trainiert werden, die dann in der Praxis verfestigt und weiter ausgebaut werden. Auch die Vermittlung sicherheitsrelevanter Themen im Laboralltag, wie bspw. das fachgerechte Aufnehmen von verschütteten Chemikalien, das Verhalten bei Havarien kann durch VR gewinnbringend ergänzt werden. VR wird nach und nach in viele Lehrformate integriert werden, es wird jedoch wahrscheinlich nie die komplette Präsenzlehre übernehmen können. Ein Grund dafür ist beispielsweise, dass man derzeit noch auf Controller zur Bedienung angewiesen ist. Das bedeutet, dass das Handgefühl für z. B. das praktische Pipettieren oder das Abwiegen von Stoffen mit einem Controller nicht trainiert werden kann. Dennoch gibt es viele Bereiche, in denen VR die Lehre sinnvoll unterstützen kann.“ (E3)

Während der Corona-Pandemie gab es im Studiengang Biotechnologie keine praktische Veranstaltung vor Ort. VR hat in dieser Hinsicht also großes Potenzial. Auch Dorit Beck sieht die Vorteile von VR in einem praxisbezogenen Studiengang wie Biotechnologie. Dabei führt sie auch wirtschaftliche Aspekte an:

„ In unserem Studiengang sind wir sehr praxisorientiert. Wir wollen den Studenten soviel Laborerfahrung mitgeben wie möglich. Das erfordert nicht

nur Laborgeräte sondern auch Verbrauchsmittel. Natürlich sind die Mittel dabei nicht unbegrenzt und die praktische Arbeit kostet viel Geld. In einem virtuellen Laborversuch können die Studenten alles ausprobieren ohne Schaden anzurichten und die Aufgaben beliebig oft wiederholen, was in der Realität zum Teil hohe Kosten verursachen würde. Auch ist der Ablenkungsfaktor bei einem allein in VR durchgeführten Versuch nicht so hoch, was zu einem erhöhten Lerneffekt beitragen kann. “ (E4)

Prof. Dr. Johannes Tümler ist überzeugt, dass es in Zukunft mehr und mehr Anwendungen von VR im Bildungsbereich geben wird. Man muss darüber nachdenken, welche Anwendungen sinnvoll sind und welche nicht notwendig sind.

„Es wird im Moment in vielen Bereichen darüber nachgedacht VR anzuwenden. Allerdings ist es nicht überall sinnvoll VR einzusetzen. Während einige Unterrichtsbereiche durchaus davon profitieren können, reicht an manchen Stellen vielleicht auch eine monitorbasierte 2D-Simulation aus. Die Technologie wird mehr und mehr verwendet werden, aber VR ist nicht die Lösung für alles. Der Vorteil von VR liegt in der räumlichen Interaktion β patial-interaction“. Ich muss mir die Frage stellen, ob für meine konkrete Anwendung diese räumliche Interaktion tatsächlich benötigt wird, falls nicht, dann brauche ich auch kein VR.“ (E1)

Die Motivation für die Auswahl der VR-Technologie sollte nicht sein, dass sie billig ist, meint Prof. Dr. Arne Berger, sondern wichtiger ist, dass der Einsatz der Technik dem Bildungszweck zugute kommt.

„Viele Studenten unseres Studiengangs kommen aus der weiteren Umgebung. Einige empfinden den Weg für eine Vorlesung am Tag als zu weit. Nachdem wir aufgrund der Pandemie die Teilnahme über Videokonferenz-Programme angeboten haben, nehmen die Studenten von überall teil, das ist natürlich super. Diese digitale Kommunikation bietet viele Vorteile für die Bildung, die Nutzung sollte aber nicht aus finanziellen Gründen dem Präsenzunterricht vorgezogen werden, weil sich damit dann z. B. die Fahrtkosten sparen lassen. Es gibt viele Anwendungen bei denen gerade VR einen großen Nutzen für die Bildung bringt. Dabei denke ich auch an Studiengänge wie Medizin. Es wäre fantastisch, Körperteile wie das Gehirn oder das Herz eines Menschen virtuell und gemeinsam untersuchen zu können, ohne ein echtes Exemplar vorliegen zu haben. “ (E2)

Prof. Dr. Johannes Tümler fasst die Nutzbarkeit und mögliche Anwendungsszenarien der Wissensvermittlung in VR für unterschiedliche Wissensformen zusammen. Zum Teil eignet sich VR für einen kombinierten Einsatz, zum Teil ist VR aber auch nicht notwendig.

„Es gibt verschiedene Formen von Wissen: Es gibt Prozesswissen, wie funktioniert etwas. Dann gibt es Faktenwissen, also Daten, die man lernen muss. Und es gibt motorisches Wissen, also wie bediene ich etwas, der Körper lernt etwas, wenn ich z. B. mit ein Schweißgerät schweiße, dann muss ich die richtige Haltung der Hände usw. lernen, um eine gute Schweißnaht zu bekommen. Das ist

motorisches Training. Bezogen auf diese Wissensformen, lässt sich Prozesswissen und auch motorisches Wissen oft sehr gut in VR darstellen und vermitteln. Faktenwissen hingegen ist schwieriger darzustellen, dafür eignet sich VR nur bedingt. “ (E1)

VR-Lehranwendungen sollten für jedes Anwendungsszenario einen eigenen virtuellen Raum bieten. Es ist wichtig, dass sich der Benutzer auf den Zweck des Lernens in diesem Bereich konzentriert und sich darüber im Klaren ist. Dies erfordert, dass die VR-Anwendungen gute Arbeit bei der Abgrenzung zu nicht relevanten Inhalten leistet. Alle nicht relevanten Dinge in der Szene können den Lernenden ablenken und den Lernprozess unterbrechen.

„Wichtig bei der Anwendung von VR-Technologie ist, zu wissen wie man es für die Lehre richtig benutzt. Zuerst braucht man einen Ankunftsraum, also einen Platz an dem der Benutzer weiß dass der in der Virtualität angekommen ist. Erst wenn der Nutzer vollständig angekommen ist, das heißt, er kann alle Interaktionsmedien wie Controller usw. richtig bedienen, dann erst kann das eigentliche Training oder die Lehre beginnen. Anfangs haben wir oft den Fehler gemacht, zu früh mit dem Training zu beginnen. Die Personen sind dann oft noch nicht richtig mit der Bedienung vertraut und können sich auf den eigentlichen Inhalt nicht richtig konzentrieren. Den Fokus zu behalten und nicht abgelenkt zu werden ist das aller wichtigste. Möglichst alles was stört, muss aus der Umgebung weggelassen werden. Wenn ich z. B. bei der Joghurtherstellung in der virtuellen Küche alle Schränke aufmachen, und mit den Töpfen spielen kann, dann lenkt das ab. Ein gutes Beispiel ist ein Vorlesungssaal. Es gibt nur eine Tafel, einen Projektor und den leeren Tisch zum Schreiben. Der Raum bietet keine Ablenkung, man muss sich auf das vorne gezeigte fokussieren. VR selbst ist schon eine Ablenkung, da darf es drumherum keine anderen Ablenkungen geben. “ (E1)

Weiterhin meint er, so gut eine VR-Umgebung auch sein kann, ein Avatar wird dabei nie einen echten Lehrer ersetzen können. Eine reale Lehrperson ist immer besser als ein Avatar.

„Ein weiterer Punkt ist, dass es immer einen Lernenden gibt und eine Lehrkraft die das Wissen vermittelt. In VR kann dieser Lehrende ein Avatar sein, aber ein Avatar ist nie so gut wie eine echte Lehrperson. Ein Avatar kann meist keine Fragen beantworten, oder spontan Hilfestellung leisten. In Multiuser-VR kann sogar die Lehrkraft mit dem Studenten gemeinsam in der Szene sein. In jedem Fall ist es wichtig, dass jemand da ist, der weiß, wie das System bedient wird und den Fokus auf die eigentliche Aufgabe nicht verliert. “ (E1)

Auch Prof. Dr. Johannes Tümler sieht mindestens zwei Probleme beim Lernen in VR. Wenn Benutzer in einer sicheren virtuellen Umgebung geübt haben, wie z. B. die Bedienung einer Drehmaschine im Maschinenbau, können sie die potenziellen Gefahren in der Realität vergessen. Ein weiteres Problem sieht auch er beim fehlenden Sozialkontakt.

„Die eine Seite ist, dass ich in VR sicher bin, nichts kann passieren, es gibt kei-

ne Gefahr. Auf der anderen Seite ist da das Beispiel der Drehmaschine, da können beim Drehen Metallspäne durch die Luft fliegen. Bei einem reinen Prozess-training in VR, ohne die Simulation von fliegenden Spänen, da lerne ich, wie ich die Maschine bediene, bekomme aber kein Gefühl für die in der Realität auftretenden Gefahren. VR ist nicht die Realität, das muss einem immer bewusst sein. Ein zweiter Nachteil kann sein, dass wenn ich als Single-User VR zum Lernen benutze, dann fehlt der soziale Effekt den ich in einer Trainingsgruppe oder Schulklasse erlebe. Wenn es nur eine Person gibt, die alleine lernt, dann ist das wie ein Unterricht über Webex, der soziale Effekt fehlt[Nik17, p.55].“ (E1)

Prof. Dr. Jana Rödiger hat beobachtet, dass unrealistische Übungen und übermäßig vereinfachte Operationen in der VR die Praxisarbeit der Studenten in der Realität beeinträchtigen können.

„Hier ein kurzes Beispiel. Ich habe bei einer Bekannten beobachtet, wie die kleine Tochter, vier oder fünf Jahre alt, mit einer Freundin Memory gespielt hat. Das kleine Mädchen hat immer auf die Karten getippt und darauf gewartet, dass sie sich umdrehen, weil sie es vom Spielen auf dem Smartphone oder dem Tablet so gewöhnt war. Aber natürlich muss man in der Realität die Karten selbst aufnehmen und umdrehen, das musste sie erst lernen. Dies ist natürlich ein lustiges Beispiel, aber damit möchte ich zeigen, wie wichtig es ist, möglichst realistische Simulationen für Lernumgebungen zu schaffen bzw. die VR-Erfahrungen mit den realen, praktischen Anwendungen zu kombinieren.“ (E3)

Auch an den Kostenfaktor muss man denken, wenn man VR-Technik in der Bildung einsetzen möchte, meint Prof. Dr. Jana Rödiger. Daneben wird für die Nutzung von VR-Geräten viel Platz benötigt.

Nach Meinung der Experten eignet sich VR als ergänzendes Lehrmittel, mit dem die Studenten zu Hause selbst üben können. Aber der praktische Unterricht vor Ort kann dadurch nicht ersetzt werden.

Vorschläge für die zukünftige Arbeit

Die Idee zum virtuellen Biotechnologiehaus stammt von Prof. Dr. Jana Rödiger. Das Biotechnologiehaus selbst war keine neue Idee, aber die mit Prof. Dr. Johannes Tümler, Frau Rong Huang und Frau Dorit Beck erarbeitete Umsetzung in VR und die konkrete Belegung des Hauses mit unserem Joghurtpraktikum ist erstmalig.

„Ich sehe die VR-Anwendung als Brücke zwischen Theorie und Praxis und als Ergänzung.“ (E3)

Nach mehreren Gesprächen waren sich alle Beteiligten darüber einig, dass das Biotech-Haus in VR eine tolle Anwendung ist, die die Möglichkeit bietet, sowohl das Thema Biotechnologie als auch das Thema VR zu präsentieren. Schließlich wurde die Realisierung im Rahmen dieser Arbeit gemeinsam beschlossen.

Nach den Ergebnissen dieser Arbeit gibt es bereits viele Vorschläge wie das Projekt mit

weiteren Anwendungen und Verbesserungen fortgeführt werden kann. Nicht nur mehr Anwendungsszenarien für die Biotechnologie sollen realisiert werden, auch die physische Simulation soll noch weiter verbessert werden, um noch realistischer zu sein. Darüber hinaus kann die VR-Anwendung noch um weiteres theoretisches Hintergrundwissen ergänzt werden.

Beide Biotechnologie-Experten würden es begrüßen, wenn mehrere Leute gleichzeitig und zusammen Joghurt herstellen könnten.

„Ich würde es gerne sehen, dass man zusammen Joghurt machen kann.“ (E3)

„Es sind jetzt sehr individuelle Erlebnisse. Deshalb kam die Frage auf, ob es möglich ist, dass man als Team in VR aufeinandertrifft und zusammenarbeiten kann.“ (E4)

Prof. Dr. Johannes Tümler schlug vor, den Benutzern die Möglichkeit zu geben, Aktionen in der VR zu wiederholen, z. B. nach einer falschen Aktion fünf Minuten zurück zu gehen.

Dorit Beck schlug vor, dass es mehr akustische Hinweise gibt, damit der Benutzer in der Bedienung unterstützt wird. Daraufhin schlug Prof. Dr. Jana Rödiger vor, akustische Hinweise einzufügen, die den Benutzer anleiten welche Arbeitsschritte nacheinander durchzuführen sind und dass der Joghurt nach der Zubereitung zunächst in den Kühlschrank zu stellen ist, bevor er ihn verzehrt, da dieser in der Regel kalt besser schmeckt.

In Bezug auf diesen Punkt erwähnte Prof. Dr. Jana Rödiger auch, dass es in der VR mehr Aktionshinweise geben sollte, die dem Benutzer vermitteln, was er als Nächstes tun soll. Prof. Dr. Arne Berger gibt konkretere Vorschläge: Lassen der Benutzer in der Realität lernen, wie sie den Controller bedienen, bevor sie die virtuelle Lernumgebung betreten. Die virtuelle Umgebung könnte auch benutzerfreundlicher gestaltet werden, um unnötige Bewegungen von Arbeitsschritten zu vermeiden. Auch nennt er im Gespräch Interaktionsmöglichkeiten in VR. Eine auf VR-Technologie basierende Lernanwendung sollte es dem Benutzer ermöglichen, die gewünschten Parameter einzugeben und visuelle Ergebnisse zu erhalten. Der Benutzer kann in der Applikation z. B. die Temperatur und die Zeit des Joghurtbereiters selbst einstellen. Milch kann durch die Farbe des Deckels Temperaturinformationen vermitteln.

Im Moment ist die VR noch keine billige Technologie und man braucht ein VR-Gerät oder sogar einen Computer. Daher sind sich Prof. Dr. Johannes Tümler und Prof. Dr. Jana Rödiger einig, dass die Anwendung als Desktop-Anwendung oder als Implementierung einer 2D-Lösung den schnellen Einsatz in der Lehre unterstützen würde. Welche Lösung besser ist, lässt sich noch nicht abschließend sagen. Prof. Dr. Johannes Tümler schlägt vor, eine wissenschaftliche Studie durchzuführen, um herauszufinden, welcher Ansatz der bessere ist.

5.5 Zusätzliche Beobachtungen

Neben der qualitativen Expertenbefragung wurde das Projekt etwa 20 neuen Studenten an der Hochschule Anhalt zum Ausprobieren angeboten. Dabei wurde ihr Verhalten beobachtet. Ihr Feedback wurden während des Prozesses aufgezeichnet.

Ein Teil der Teilnehmer empfand die Applikation als sehr innovativ und neu. Viele Benutzer haben aber das gleiche Problem, dass sie die Steuerung in VR nicht beherrschen und deshalb nicht wissen, wie sie Aufgaben erledigen können. Der Schlüssel zum Erfolg der Immersion liegt darin, die Benutzer bei ihrem ersten Erlebnis mit der Bedienung vom Controller vertraut zu machen. Dazu empfehlen Experten, dem Benutzer die Funktionen des Controllers zunächst in der Realität zu erklären, bevor er in die virtuelle Realität eintritt. Darüber hinaus benötigten die Teilnehmer noch mehr Informationen, um die Aufgaben in der virtuellen Lernumgebung zu verstehen.

Da während der Beobachtungen keine Fragebögen an die 20 Studenten verteilt wurden und die Studenten zum ersten Mal in der VR lernten, ist dieser Versuch nicht wissenschaftlich relevant.

6 Diskussion

Wie wird die zukünftige Bildungsform unter dem Einfluss der VR-Technologie aussehen? Welche Art von Lehrzielen und -inhalten eignen sich für den Einsatz der Virtual Reality-Technologie? Was sind die Vor- und Nachteile von VR-Anwendungen in der Bildung? Wie geht man bei der Gestaltung einer VR-Lehranwendung vor? Worauf sollte man achten? Wie ist das Einsatzpotenzial der VR-Applikation in diesem Projekt für den Bildungsbereich? Diese Fragen werden im Folgenden vor dem Hintergrund der Ergebnisse dieser Arbeit diskutiert.

Die zukünftige Bildungsform unter dem Einfluss der VR-Technologie

Es gibt ein großes Potenzial für den Einsatz von VR-Technologie im Bildungsbereich. Die Bildungsform der Zukunft wird wahrscheinlich zweigeteilt sein: Zum einen der Präsenzunterricht, wie er heute stattfindet, und zum anderen der Fernunterricht. Als Mittel für den Fernunterricht werden nicht nur Videos, sondern auch die VR-Technologie eingesetzt. Menschen in verschiedenen Regionen der Welt werden in der Lage sein, Lernaktivitäten im selben virtuellen Raum durchzuführen. Dies führt zu dem Problem, dass den Menschen realistische soziale Aktivitäten im virtuellen Raum fehlen. Sozialität ist für uns alle wichtig. Obwohl die neueste Technologie menschliche Mimik und Bewegungen bis zu einem gewissen Grad wiedergeben kann, ist die Technologie noch nicht ausgereift. Den Studenten fehlt im virtuellen Lernraum der soziale Einfluss, der durch Gruppen- und Campusaktivitäten im Klassenzimmer entsteht. Dies ist ein Thema, mit dem sich zukünftige Forschungen befassen sollten.

Es ist immer wichtig, dass wir darüber nachdenken, wie wir den technologischen Fortschritt eng mit der menschlichen Natur in Einklang bringen können. Technologie, der es an Sozialität und Menschlichkeit mangelt, kann jeden zu einer Insel machen. Wir wollen natürlich, dass die Zukunft eine Welt ist, die die Vorstellungskraft sprengt, aber wir sollten auch an die Probleme denken, die in der Aura der Technologie vielleicht übersehen werden.

Einsatz der VR-Technologie in der Bildung

Die VR-Technologie wird in der Bildung immer mehr eingesetzt. Die Menschen sehen das Potenzial der VR in der Bildung, aber gleichzeitig vernachlässigen sie darüber nachzudenken, welche Art von Bildungsinhalten sich für den Einsatz der VR-Technologie eignen. Die virtuelle Realität ist nicht die Lösung für alle Aufgaben. Experten aus verschiedenen Bereichen geben ihre Meinung ab. Die virtuelle Realität eignet sich für die folgenden Arten von Bildungszielen oder Bildungsinhalten.

- VR ist für Aktivitäten geeignet, die auf räumlicher Interaktion basieren.
- VR wird eingesetzt, um aktive Lernaktivitäten zu unterstützen, wie z.B. das Selbstlernen der Schüler.
- VR wird im praktischen Unterricht eingesetzt. Sie umfasst Unterstützung für komplexe Vorbereitungen, Trainingsaufgaben im Vorfeld, gefährliche Experimente und Experimente, die teure Ausrüstung und Platz benötigen.

- VR eignet sich für Lehrtätigkeiten in Bezug auf Prozesswissen, z. B. das Beobachten der Montage eines Fahrzeugs in der Fahrzeugtechnik.

Wir können die Technologie der virtuellen Realität nicht nur aus Neugier und dem Wunsch heraus nutzen, Ressourcen zu sparen. Die Technologie muss wirklich zu einer Verbesserung der Lehr- und Lernergebnisse beitragen können, sonst wird das eigentliche Ziel verfehlt. Bildung ist aufwendig und die Präsenz dieser Technologie darf nicht zu einer Ausrede für Faulheit verkommen. Einige Studenten sind durch Videovorlesungen völlig vom Präsenzunterricht abgekoppelt. Dies sollten vermieden werden. Echte Lehrer und soziale Interaktion von Angesicht zu Angesicht sind im Moment nicht ersetzbar.

Vor- und Nachteile von VR-Anwendungen in der Bildung

Die Vorteile des Einsatzes von VR-Technologie im Bildungsbereich liegen auf der Hand: Sie unterstützt die Lehrtätigkeit [ZPCC19] [LMS⁺20], ermöglicht Simulationen gefährlicher und komplexer Szenarien [SVO⁺21] [BFOG21] und die Wiederholung von Experimenten [HSH⁺21].

Gleichzeitig wird die Lücke zwischen der virtuellen Realität und der Wirklichkeit festgestellt. Die virtuelle Realität kann die Realität nicht ersetzen. Auf der einen Seite helfen physikalisch immer realistischere Simulation das Erlebnis und den Lernerfolg zu verbessern, auf der anderen Seite steigt für Benutzer das Risiko, nicht ausreichend simulierte Gefahren in der Realität zu verkennen. Studenten, die in der VR im Arbeiten mit Drehmaschinen geübt sind, vergessen vielleicht die Gefahr, in der Realität von den bereits genannten herumwirbelnden Metallspänen verletzt zu werden. VR-Unterricht vermittelt auch keine körperlichen Informationen, wie z.B. die Mimik. Die vereinfachten Arbeitsschritte können die Studenten bezüglich des Aufwands realer Experimente in die Irre führen. Die Studenten gehen zum Beispiel davon aus, dass sie den Labortisch nach einem Experiment nicht sauber machen müssen.

Gestaltung einer VR-Lehranwendung

Wie in dieser Arbeit durchgeführt, muss eine VR-Lernanwendung zunächst über eine virtuelle Lernumgebung verfügen. Diese Umgebung sollte möglichst frei von Ablenkungen sein, um den Lernweg und die Lernziele hervorzuheben. Auch das Biotech-Haus kann nach den gewonnenen Erkenntnissen in dieser Hinsicht noch verbessert werden. Darüber hinaus sollte eine VR-Lernanwendung die Eingabe von Daten durch die Benutzer ermöglichen und viele unterschiedliche Interaktionsmöglichkeiten bieten.

Einsatzpotenzial dieser VR-Applikation

Die Idee dieses Projekts ist von praktischer Bedeutung für die pädagogische Innovation. Es bietet eine Demonstration sowohl der Lehre der Biotechnologie als auch der Lehre der VR. Dieses Projekt kann in Zukunft für den Unterricht in angewandter Biotechnologie verwendet werden und kann auch als Fallstudie genutzt werden, um den Studiengang Biotechnologie an der Hochschule Anhalt für Abiturabsolventen interessanter zu machen.

Aufgrund des Kostenfaktors für VR-Geräte wird dieses Projekt in Zukunft in eine Desktop-Anwendung umgewandelt werden. Auch die VR Variante soll aber erhalten bleiben, so

dass je nach Möglichkeit beide Formen zur Unterstützung des Unterrichts genutzt werden können. Darüber hinaus kann die Arbeit an diesem Projekt mit früheren plattformübergreifenden Mixed-Reality-Projekten [BY21] für mehrere Benutzer kombiniert werden, um die gleichzeitige Interaktion mehrerer Personen mit der virtuellen Umgebungen zu unterstützen und die Gruppenarbeit im Biotechnologieunterricht zu verbessern.

7 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wird das Konzept eines Biotech-Hauses in VR und seine Umsetzung am Beispiel der Joghurtherstellung vorgestellt. Die Literaturanalyse zeigt, dass interdisziplinäre Zusammenarbeit der Schlüssel zur effektiven Integration von VR-Technologie in das Lehren und Lernen ist. Um diesem Ansatz nachzugehen, wurden Expertenbefragungen mit vier Experten aus verschiedenen Bereichen geführt, um die Anwendungen, Grenzen und Perspektiven der VR-Technologie im Bildungsbereich zu analysieren.

Während des gesamten Projektprozesses, vom Konzept bis zur Umsetzung, wurde mit Lehrpersonen aus verschiedenen Bereichen eng zusammengearbeitet. Während der Arbeit wurden mögliche Anwendungsfälle für das Biotech-Haus vorgeschlagen und schließlich das Beispiel der Joghurtherstellung für die Umsetzung ausgewählt. Während der Konzeptionsphase wurden Prototypen und Inhalte definiert. User Stories waren eine wichtige Voraussetzung in der Analysephase. In der Entwicklungsphase wurde dann die Lernumgebung mit SketchUp modelliert und die Funktionen und Interaktionen mit Unity Engine entwickelt. Anhand der Rückmeldungen aus den wöchentlichen Review-Sitzungen, wurde der Prototyp iterativ verbessert und schließlich fertiggestellt. Die finale Applikation wurde etwa 20 neuen Studentinnen in einem zweitägigen „Probierkurs“ zur Verfügung gestellt. Die Rückmeldungen deckten sich mit denen der anschließenden qualitativen Expertenbefragung. Die Ergebnisse dieser Befragung wurden zusammengefasst und analysiert. Alle Experten äußerten sich positiv über das große Potenzial des Einsatzes von VR-Technologie in der Bildung und waren bereit, sie als Fallstudie zu nutzen oder direkt im Unterricht einzusetzen.

In Zukunft wird das Biotech-Haus um zusätzliche Module für den Biotechnologieunterricht erweitert werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Entwicklung eines Laborraums für die Simulation komplexerer biologischer Experimentierprozesse. Das Multi-User-Modell bietet auch die Möglichkeit, mehrere Personen zu unterrichten. Darüber hinaus besteht noch Potenzial die Interaktionsmöglichkeiten zu erweitern und die physikalische Simulation in bestimmten Bereichen zu optimieren. Aktuell gibt es zwei konkrete Projekte, die im Anschluss an diese Arbeit durchgeführt werden. Zum einen die Umsetzung der Desktop-Variante, zum anderen wird in einer Arbeit Levelmanagement eingeführt werden.

Literatur

- [Ade20] In: Adelman, Robert: *Augmented Reality in der industriellen Praxis*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020. – ISBN 978-3-658-29009-2, 7-32
- [Agr21] Agroscope: *Joghurt und Sauermilchprodukte*. <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/lebensmittel/qualitaet/kaese-milch-milchprodukte/joghurt-und-sauermilchprodukte/technologie.html>. Version: 2021
- [AMY20] AlFarsi, Ghaliya ; Mohd Yusof, Azmi B.: Virtual Reality Applications in Education Domain. In: *2020 21st International Arab Conference on Information Technology (ACIT)*, 2020, S. 1-7
- [ANH21] ANHALT, HOCHSCHULE: *Entwicklung von fachspezifischen Lehrkonzepten zum Transfer der Praxisvermittlung in digitalen Werkstätten*. <https://stiftung-hochschullehre.de/projekt/praxwerk/>. Version: 2021
- [Aut20] Autorengruppe Bildungsberichterstattung: *Bildung in einer digitalisierten Welt*. Version: Jun 2020. <http://dx.doi.org/10.3278/6001820gw>. In: *Bildung in Deutschland 2020*. wbv Media, Jun 2020. – DOI 10.3278/6001820gw. – ISBN 978-3-7639-6130-6, S. 231-233
- [BBB⁺17] Buyuksalih, I. ; Bayburt, S. ; Buyuksalih, G. ; Baskaraca, A. P. ; Karim, H. ; Rahman, A. A.: 3D MODELLING AND VISUALIZATION BASED ON THE UNITY GAME ENGINE – ADVANTAGES AND CHALLENGES. In: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences IV-4/W4 (2017)*, S. 161-166. <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W4-161-2017>. – DOI 10.5194/isprs-annals-IV-4-W4-161-2017
- [BD06] In: Bortz, Jürgen ; Döring, Nicola: *Qualitative Methoden*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2006. – ISBN 978-3-540-33306-7, 295-350
- [BFOG21] Benvegnù, Giulia ; Furlan, Mattia ; Orso, Valeria ; Gamberini, Luciano: The Role of Virtual Spaces and Interactivity in Emergency Training. In: Marti, Patrizia (Hrsg.) ; Parlangeli, Oronzo (Hrsg.) ; Recupero, Annamaria (Hrsg.): *European Conference on Cognitive Ergonomics 2021*. New York, NY, USA : ACM, 04262021. – ISBN 9781450387576, S. 1-5
- [BK19] Buehler, Kai ; Kohne, Andreas: *Lernen mit Virtual Reality: Chancen und Möglichkeiten der digitalen Aus- und Fortbildung*. Version: 2019. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-59527-5_{_}11. In: Groß, Matthias (Hrsg.) ; Müller-Wiegand, Matthias (Hrsg.) ; Pinnow, Daniel F. (Hrsg.): *Zukunftsfähige Unternehmensführung*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2019. – DOI 10.1007/978-3-662-59527-5_{_}11. – ISBN 978-3-662-59526-8, S. 209-224
- [BK20] Buehler, Kai ; Kohne, Andreas: *Besser Lernen mit VR/AR Anwendungen*. Version: 2020. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29009-2_{_}5. In: Orsolits, Horst (Hrsg.) ; Lackner, Maximilian (Hrsg.): *Virtual Reality und Augmented*

Reality in der Digitalen Produktion. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020. – DOI 10.1007/978-3-658-29009-2_5. – ISBN 978-3-658-29008-5, S. 75–97

- [Boe02] Boehm, Barry: Get ready for agile methods, with care. In: *Computer* 35 (2002), Nr. 1, S. 64–69
- [Bol17] Boletsis, Costas: The New Era of Virtual Reality Locomotion: A Systematic Literature Review of Techniques and a Proposed Typology. In: *Multimodal Technologies and Interaction* 1 (2017), Nr. 4, S. 24. <http://dx.doi.org/10.3390/mti1040024>. – DOI 10.3390/mti1040024
- [BPQ21] Barrett, Alex J. ; Pack, Austin ; Quaid, Ethan D.: Understanding learners' acceptance of high-immersion virtual reality systems: Insights from confirmatory and exploratory PLS-SEM analyses. In: *Computers & Education* 169 (2021), S. 104214. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104214>. – DOI 10.1016/j.compedu.2021.104214. – ISSN 03601315
- [Bru15] Bruns, Matthias: *Virtual Reality: eine Analyse der Schlüsseltechnologie aus der Perspektive des strategischen Managements*. Diplomica Verlag, 2015
- [BT05] Boehm, Barry ; Turner, Richard: Management challenges to implementing agile processes in traditional development organizations. In: *IEEE software* 22 (2005), Nr. 5, S. 30–39
- [BY21] Baixuan Yan, Johannes T.: *AR VR MR xR Multi-User Multi-Plattform collaboration*. <https://youtu.be/iFT2G05fosU>. Version: 2021
- [CA13] Conradi, Jessica ; Alexander, Thomas: Zum Einfluss der Immersion bei verschiedenen stereoskopischen Displays für Virtuelle Umgebungen. In: *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 67 (2013), Nr. 2, S. 75–81. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03373907>. – DOI 10.1007/BF03373907. – ISSN 0340-2444
- [Car93] Carolina Cruz-Neira: *Virtual reality overview*. 1993
- [CB18] Chavez, Bayron ; Bayona, Sussy: Virtual Reality in the Learning Process. Version: 2018. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-77712-2_{_}129. In: Rocha, Álvaro (Hrsg.) ; Adeli, Hojjat (Hrsg.) ; Reis, Luís P. (Hrsg.) ; Costanzo, Sandra (Hrsg.): *Trends and Advances in Information Systems and Technologies* Bd. 746. Cham : Springer International Publishing, 2018. – DOI 10.1007/978-3-319-77712-2_129. – ISBN 978-3-319-77711-5, S. 1345–1356
- [CGRR18] Cipresso, Pietro ; Giglioli, Irene Alice C. ; Raya, Mariano A. ; Riva, Giuseppe: The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. In: *Frontiers in psychology* 9 (2018), S. 2086. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02086>. – DOI 10.3389/fpsyg.2018.02086. – ISSN 1664-1078
- [Chr10] Christou, Chris: Virtual Reality in Education. Version: 2010. <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-60566-940-3.ch012>. In: Tzanavari, Aimilia (Hrsg.) ; Tsapatsoulis, Nicolas (Hrsg.): *Affective, Interactive and Cognitive Methods for E-Learning Design*. IGI Global, 2010. – DOI 10.4018/978-1-60566-940-3.ch012. – ISBN 9781605669403, S. 228–243

- [CNSD93] Cruz-Neira, Carolina ; Sandin, Daniel J. ; DeFanti, Thomas A.: Surround-screen projection-based virtual reality: The Design and Implementation of the CAVE. In: Whitton, Mary C. (Hrsg.): *Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques - SIGGRAPH '93*. New York, New York, USA : ACM Press, 1993. – ISBN 0897916018, S. 135–142
- [Dav20] Davies, Aran: *Waterfall vs Agile: Which Methodology is Right for Your Project*. <https://www.devteam.space/blog/waterfall-vs-agile-which-methodology-is-right-for-your-project/>. Version: 2020
- [Dec20] In: Dechange, André: *Agiles Projektmanagement*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2020. – ISBN 978-3-662-57667-0, 283–316
- [DGO⁺19] In: Dörner, Ralf ; Geiger, Christian ; Oppermann, Leif ; Paelke, Volker ; Beckhaus, Steffi: *Interaktionen in Virtuellen Welten*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2019. – ISBN 978-3-662-58861-1, 219–265
- [Dim09] In: *Vorstudie: Expertenbefragung*. Wiesbaden : Gabler, 2009. – ISBN 978-3-8349-9977-1, 119–129
- [Din11] Dingermann, Theodor, Thomas Winckler und Ilse Zündorf: *Gentechnik Biotechnik: Grundlagen und Wirkstoffe*. 2. Stuttgart, Germany : Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2011. – ISBN 9783804725348
- [EH13] Edwards, Rosalind ; Holland, Janet: *What is qualitative interviewing?* A&C Black, 2013
- [enD19] enD reach t.: *Food and Kitchen Props Pack*. <https://assetstore.unity.com/packages/3d/-props/food-and-kitchen-props-pack-85050>. Version: 2019
- [FM15] Fisberg, Mauro ; Machado, Rachel: History of yogurt and current patterns of consumption. In: *Nutrition reviews* 73 (2015), S. 4–7. <http://dx.doi.org/10.1093/nutrit/nuv020>. – DOI 10.1093/nutrit/nuv020
- [Gaj21] Gajsek, Dejan: *Unity vs Unreal Engine for XR Development: Which One Is Better?* <https://circuitstream.com/blog/unity-vs-unreal/>. Version: 2021
- [GDZ] Guo, Qi ; Ditton, Benjamin ; Zinn, Bernd: *Eine Anwendung der Virtuellen Realität in der beruflichen Bildung im Kontext physikalischer Lerninhalte*
- [Ger18] Gerwens, Niklas: *Interaktionsdesign in Virtual Reality Lernumgebungen*. (2018)
- [GGL⁺21] Graf, Dittmar ; Graulich, Nicole ; Lengnink, Katja ; Martinez, Hélène ; Schreiber, Christof: *Geschichtliche Aspekte der Computernutzung am Beispiel des Biologieunterrichts*. Version: 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-32344-8>. In: *Digitale Bildung für Lehramtsstudierende*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021. – DOI 10.1007/978-3-658-32344-8. – ISBN 978-3-658-32344-8, S. 235–246

- [Gig93] Gigante, Michael A.: *Virtual Reality: Definitions, History and Applications*. Version: 1993. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-227748-1.50009-3>. In: *Virtual Reality Systems*. Elsevier, 1993. – DOI 10.1016/B978-0-12-227748-1.50009-3. – ISBN 9780122277481, S. 3–14
- [Gla18] Glauser, Philipp: *Einsatz von Virtual Reality an der Schweizer Volksschule*. (2018)
- [Gra16] Grasnick, Armin: *3D ohne 3D-Brille: Handbuch der Autostereoskopie* Armin Grasnick. Berlin : Springer, 2016 (X.media.press). – ISBN 978-3-642-30510-8
- [Gri03] Grigore C. Burdea, Philippe Coiffet: *Virtual Reality Technology*. Canada : John Wiley & Sons, 2003. – ISBN 0-471-36089-9
- [Gun13] Gunia, Patrick: *Der Semantic Building Modeler-Ein System zur prozeduralen Erzeugung von 3D-Gebäudemodellen*, Universität zu Köln, Diss., 2013
- [H⁺95] Holloway, Seth M. u. a.: *Virtual Environments: A Survey of the Technology*. In: *Survey of the Technology, SIGGRAPH'95 Course Notes*, 1995, S. A.1–A.40
- [Hei62] Heilig, Morton L.: *Sensorama simulator*. (1962), Nr. US8186461A. <https://www.freepatentsonline.com/3050870.html>
- [HK20] Huang, Rong ; Krylova, Kseniia: *Lichtfeld-Technologien und ihr Einsatz In Virtual Reality*. 2020
- [HLG19] Haghsheno, Shervin (Hrsg.) ; Lennerts, Kunibert (Hrsg.) ; Gentes, Sascha (Hrsg.): *30. BBB-Assistententreffen in Karlsruhe - Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter Bauwirtschaft | Baubetrieb | Bauverfahrenstechnik : 10. - 12. Juli 2019, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*. KIT Scientific Publishing, 2019. <http://dx.doi.org/10.5445/KSP/1000091800>. <http://dx.doi.org/10.5445/KSP/1000091800>
- [HSH⁺21] Hönig, Jana ; Schnierle, Marc ; Hüttenberger, Marc ; Polak, Christopher ; Röck, Sascha: *Mixed-Reality-in-the-Loop Simulation für Schulungen im Maschinen- und Anlagenbau*. In: *Proceedings of DELFI Workshops 2021*, 2021, S. 11
- [Hua21] Huang, Rong: *VR Küche: Kochen erleben in immersiven virtuellen Umgebungen*. 2021
- [Ins19] Insko, Brent E.: *OpenXR-Overview*. https://www.khronos.org/assets/uploads/developers/library/2019-gdc/OpenXR-Overview-GDC_Mar19.pdf. Version: 2019
- [Iva65] Ivan E. Sutherland: *The Ultimate Display*. In: *Proceedings of the Congress of the International Federation of Information Processing (IFIP) Bd. 2*, 1965, S. 506–508
- [Jan20] Jana Rödiger and Dorit Beck and Katrin Schwalenberg: *Praktikum Biotechnische Verfahren: Joghurt-Herstellung und Untersuchung*. 2020
- [Jur21] Juránek, Vojtěch: *Virtual reality toolkit for the Unity game engine*. (2021)

- [KGH85] Krueger, Myron W. ; Gionfriddo, Thomas ; Hinrichsen, Katrin: VIDEOPLACE— an artificial reality. In: Borman, Lorraine (Hrsg.) ; Smith, Raoul (Hrsg.): *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '85*. New York, New York, USA : ACM Press, 1985 (CHI '85). – ISBN 0897911490, S. 35–40
- [KHHL21] Kienle, Andrea ; Harrer, Andreas ; Haake, Joerg M. ; Lingnau, Andreas: DELFI 2021-Komplettband. In: *DELFI 2021* (2021)
- [Kle13] Kleuker, Stephan (Hrsg.): *Grundkurs Software-Engineering mit UML*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-00642-6>. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-00642-6>. – ISBN 978-3-658-00641-9
- [KPB⁺10] Kitchenham, Barbara ; Pretorius, Rialette ; Budgen, David ; Pearl Brereton, O. ; Turner, Mark ; Niazi, Mahmood ; Linkman, Stephen: Systematic literature reviews in software engineering – A tertiary study. In: *Information and Software Technology* 52 (2010), Nr. 8, S. 792–805. <http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2010.03.006>. – DOI 10.1016/j.infsof.2010.03.006. – ISSN 09505849
- [Küs16] Kützler, Vincent: Entwicklung eines mehrbenutzerfähigen projektionsbasierten VR-Systems und Untersuchung ausgewählter Aspekte der Nutzerinteraktion. (2016)
- [Lab20] Lab, Layer: *3D Props - Adorable Foods*. <https://assetstore.unity.com/packages/3d/-props/food/3d-props-adorable-foods-31249>. Version: 2020
- [Lin14] In: Link, Patrick: *Agile Methoden im Produkt-Lifecycle-Prozess – Mit agilen Methoden die Komplexität im Innovationsprozess handhaben*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. – ISBN 978-3-658-01284-7, 65–92
- [LK21] Leontopoulos, Silke ; Knoop, Martine: Simulation von Lichtszenen in Game Engines für Virtual Reality: Lux junior 2021: 15. Internationales Forum für den lichttechnischen Nachwuchs, 04. – 06. Juni 2021, Ilmenau : Tagungsband, p. 107. (2021). <http://dx.doi.org/10.22032/dbt.49321>. – DOI 10.22032/dbt.49321
- [LLS18] Langbehn, Eike ; Lubos, Paul ; Steinicke, Frank: Evaluation of locomotion techniques for room-scale vr: Joystick, teleportation, and redirected walking. In: *Proceedings of the Virtual Reality International Conference-Laval Virtual*, 2018, S. 1–9
- [LMS⁺20] Lerner, Dieter ; Mohr, Stefan ; Schild, Jonas ; Göring, Martin ; Luiz, Thomas: An Immersive Multi-User Virtual Reality for Emergency Simulation Training: Usability Study. In: *JMIR serious games* 8 (2020), Nr. 3, S. e18822
- [LW19] In: Lilligreen, Gergana ; Wiebel, Alexander: *Augmented Reality in Vorlesung und Übung: Lehre und Interaktion neu gedacht*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019. – ISBN 978-3-658-26618-9, 221–238
- [Mar13] Maryam Vafadar: Virtual Reality: Opportunities and Challenges. In: *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)* 3 (2013), Nr. 2, 1139–1145. http://www.ijmer.com/papers/Vol3_Issue2/DK3211391145.pdf

- [Mel03] Mel Slater: A Note on Presence Terminology. In: *Presence connect* 3 (2003), Nr. 3, S. 1–5
- [MG96] Mazuryk, Tomasz ; Gervautz, Michael: *Virtual reality-history, applications, technology and future*. 1996
- [Mic21] Microsoft: *Was ist das Mixed Reality Toolkit?* <https://docs.microsoft.com/de-de/windows/mixed-reality/mrtk-unity/?view=mrtkunity-2021-05>.
Version: 2021
- [Mor19] Moritz, Thomas: Virtuelle Realität im Internet. Version: 2019. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-18187-1_9. In: Moritz, Thomas (Hrsg.): *Screenografie kompakt*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019. – DOI 10.1007/978-3-658-18187-1_9. – ISBN 978-3-658-18186-4, S. 141–153
- [MTM19] Makransky, Guido ; Terkildsen, Thomas S. ; Mayer, Richard E.: Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. In: *Learning and Instruction* 60 (2019), S. 225–236. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>. – DOI 10.1016/j.learninstruc.2017.12.007. – ISSN 09594752
- [Müh17] Mühlemeier, Torsten: Einführung in die Gen- und Biotechnik. Version: 2017. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-18836-8_2. In: Mühlemeier, Torsten (Hrsg.): *Gen- und biotechnologische Arbeitsweisen für den Biologieunterricht*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017. – DOI 10.1007/978-3-658-18836-8_2. – ISBN 978-3-658-18835-1, S. 13–22
- [Mün04] Münchhausen, Gesa: *Führung und Biografie: ein Beitrag zur biografieorientierten Kompetenzentwicklung von Führungskräften in Organisationen*, Universität Bielefeld, Diss., 2004
- [Nik17] Nikodemus, Paul: *Lernprozessorientiertes Wissensmanagement und kooperatives Lernen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017
- [NMK19] Niedermeier, Sandra ; Müller-Kreiner, Claudia: *VR/AR in der Lehre!? Eine Übersichtsstudie zu Zukunftsvisionen des digitalen Lernens aus der Sicht von Studierenden*. Version: 2019. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-pedocs-180489>
- [Noa01] In: Noack, Jörg: *Anwendungsfallmodellierung*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2001. – ISBN 978-3-642-59481-6, 79–90
- [Ö20] Özcan Kutlu: *Virtual Reality, Augmented Reality und Augmented Virtuality. Begriffserklärungen und der Einsatz im Schulunterricht*. München : GRIN Verlag, 2020. – ISBN 9783346336460
- [Ocu21a] Oculus: *CustomHands Sample Scene*. <https://developer.oculus.com/documentation/unity/unity-sf-customhands/>. Version: 2021
- [Ocu21b] Oculus: *Oculus Integration SDK*. <https://developer.oculus.com/downloads/package/unity-integration>. Version: 2021

- [Oda21] Odame, Angela: *Virtual Reality as a Teaching Tool in Cardiac Anatomy Education*. https://www.hs-anhalt.de/fileadmin/Dateien/FB6/personen/tuemler_j/Master_Thesis_Angela_Odame.pdf. Version: 2021
- [OL20] Orsolits, Horst ; Lackner, Maximilian: *Virtual Reality und Augmented Reality in der Digitalen Produktion*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29009-2>. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29009-2>. – ISBN 978-3-658-29008-5
- [Pav21] Pavlov, Albert: Strategien zur Optimierung der Synchronisation feinmotorischer Bewegungen in verteilten Echtzeitsystemen. (2021)
- [PN21] Palmas, Fabrizio ; Niermann, Peter F.-J.: Bestandteile zukunftsgerichteter Trainingsanwendungen. Version: 2021. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-34504-4_2. In: Palmas, Fabrizio (Hrsg.) ; Niermann, Peter F.-J. (Hrsg.): *Extended Reality Training*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021 (essentials). – DOI 10.1007/978-3-658-34504-4_2. – ISBN 978-3-658-34503-7, S. 5-31
- [Poh19] Pohontsch, Nadine J.: Die Qualitative Inhaltsanalyse. In: *Die Rehabilitation* 58 (2019), Nr. 06, S. 413-418
- [Pra21a] In: Prange, Mathis: *Virtual Reality und Augmented Reality in der Bildung – Ein Überblick zum Thema*. Wiesbaden : Springer Berlin Heidelberg, 2021. – ISBN 978-3-658-32344-8, S. 235-246
- [Pra21b] Pratsch, Bärbel: *Wahlpflichtkurs: EXCEL in der Praxis für Bauingenieure*. 2021
- [Pro20] Programmierwiki: *Unity vs ue4, Wie wählen die Virtual Reality-Entwicklungsmotoren aus?* <https://programmierwiki.com/article/54602493609/>. Version: 2020
- [RB20] Rödiger, Jana ; Beck, Dorit: „Joghurt - Herstellung und Untersuchung“ – *Praktikum/ Biotechnische Verfahren*. 2020
- [RG13] Reiterer, Harald ; Geyer, Florian: C 6 Mensch-Computer-Interaktion. Version: 2013. <http://dx.doi.org/10.1515/9783110258264.431>. In: Kuhlen, Rainer (Hrsg.) ; Semar, Wolfgang (Hrsg.) ; Strauch, Dietmar (Hrsg.): *Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation*. Berlin, Boston : DE GRUYTER SAUR, 2013. – DOI 10.1515/9783110258264.431. – ISBN 9783110258264
- [Rhe00] Rheingold, Howard: *The virtual community: Homesteading on the electronic frontier*. Rev. ed. Cambridge, Mass. : MIT Press, 2000. – ISBN 9780262681216
- [RHJA06] Ramsamy, Priscilla ; Haffegge, Adrian ; Jamieson, Ronan ; Alexandrov, Vassil: Using Haptics to Improve Immersion in Virtual Environments. Version: 2006. http://dx.doi.org/10.1007/11758525_81. In: Hutchison, David (Hrsg.) ; Kanade, Takeo (Hrsg.) ; Kittler, Josef (Hrsg.) ; Kleinberg, Jon M. (Hrsg.) ; Mattern, Friedemann (Hrsg.) ; Mitchell, John C. (Hrsg.) ; Naor, Moni (Hrsg.) ; Nierstrasz, Oscar (Hrsg.) ; Pandu Rangan, C. (Hrsg.) ; Steffen, Bernhard (Hrsg.) ; Sudan, Madhu (Hrsg.) ; Terzopoulos, Demetri (Hrsg.) ; Tygar, Dough (Hrsg.) ; Vardi, Moshe Y.

- (Hrsg.) ; Weikum, Gerhard (Hrsg.) ; Alexandrov, Vassil N. (Hrsg.) ; van Albada, Geert D. (Hrsg.) ; Slood, Peter M. A. (Hrsg.) ; Dongarra, Jack (Hrsg.): *Computational Science – ICCS 2006* Bd. 3992. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2006. – DOI 10.1007/11758525_81. – ISBN 978-3-540-34381-3, S. 603–609
- [RMFW20] Radianti, Jaziar ; Majchrzak, Tim A. ; Fromm, Jennifer ; Wohlgenannt, Isabell: A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. In: *Computers & Education* 147 (2020), S. 103778. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>. – DOI 10.1016/j.compedu.2019.103778. – ISSN 03601315
- [Sal14] Salameh, Hanadi: What, when, why, and how? A comparison between agile project management and traditional project management methods. In: *International Journal of Business and Management Review* 2 (2014), Nr. 5, S. 52–74
- [Sch17] Schulze, Gabor: Entwurf und Implementierung einer dynamischen Softwareplattform für konfigurier- und erweiterbare Simulationen auf Basis der Unity Engine. (2017). https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/10323/file/2017_BA_Gabor_Schulze.pdf
- [Ser20] Serin, Hamdi: Virtual Reality in Education from the Perspective of Teachers. In: *Revista Amazonia Investiga* 9 (2020), Nr. 26, S. 291–303. <http://dx.doi.org/10.34069/AI/2020.26.02.33>. – DOI 10.34069/AI/2020.26.02.33
- [SFF17] Saeed, Asmaa ; Foad, Lamya ; Fattouh, Lamiaa: Environments and System Types of Virtual Reality Technology in STEM: a Survey. In: *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 8 (2017), Nr. 6. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2017.080610>. – DOI 10.14569/IJACSA.2017.080610. – ISSN 2158107X
- [SG19] Schürstedt, Steven ; Geiger, Andreas: Einsatz von VR-Technologien in BIM/GIS. In: *31. Forum Bauinformatik: 11.–13. September 2019 in Berlin. Proceedings. Hrsg.: M. Sternal*, 2019, S. 283
- [She00] Sheridan, Thomas B.: Interaction, imagination and immersion some research needs. In: Kimn, Ha_Jine (Hrsg.) ; Yun, Kwang (Hrsg.): *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology - VRST '00*. New York, New York, USA : ACM Press, 2000. – ISBN 1581133162, S. 1
- [Shi21] Shiklo, Boris: *Virtual Reality (VR) in der Automobilindustrie: Auf dem Weg zum digitalen Wandel*. <https://www.scnsoft.de/blog/virtual-reality-in-der-automobilindustrie>. Version: 2021
- [Šmí17] Šmíd, Antonín: Comparison of unity and unreal engine. In: *Czech Technical University in Prague* (2017), S. 41–61
- [Sof21] Software, Valve: *SteamVR Unity Plugin*. https://valvesoftware.github.io/steamvr_unity_plugin/. Version: 2021
- [SOS13] Schrepp, Martin ; Olschner, Siegfried ; Schubert, Ulf: User Experience Questionnaire (UEQ) Benchmark. Praxiserfahrungen zur Auswertung und Anwendung von UEQ-Erhebungen im Business-Umfeld. In: Brau, Henning (Hrsg.) ; Lehmann,

Andreas (Hrsg.) ; Petrovic, Kostanija (Hrsg.) ; Schroeder, Matthias C. (Hrsg.): *Ta-
gungsband UP13*. Stuttgart : German UPA e.V., 2013, S. 348–354

- [SOVR17] Spence, Charles ; Obrist, Marianna ; Velasco, Carlos ; Ranasinghe, Nimesha:
Digitizing the chemical senses: Possibilities & pitfalls. In: *International Journal of
Human-Computer Studies* 107 (2017), S. 62–74. [http://dx.doi.org/10.1016/
j.ijhcs.2017.06.003](http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2017.06.003). – DOI 10.1016/j.ijhcs.2017.06.003. – ISSN 10715819
- [Stu21] Studios, Monqo: *FREE Flower Ceramic Vases*. [https://
assetstore.unity.com/packages/3d/-vegetation/flowers/
free-flower-ceramic-vases-187046](https://assetstore.unity.com/packages/3d/-vegetation/flowers/free-flower-ceramic-vases-187046). Version: 2021
- [SUBBG19] Sternal, Maximilian ; Ungureanu, Lucian-Constantin ; Böger, Laura ; Bindal-
Gutsche, Christoph: *31. Forum Bauinformatik: 11.–13. September 2019 in Berlin.
Proceedings*. Universitätsverlag der TU Berlin, 2019
- [SVO⁺21] Salvatore, Sergio de ; Vadalà, Gianluca ; Oggiano, Leonardo ; Russo, Fabrizio
; Ambrosio, Luca ; Costici, Pier F.: Virtual Reality in Preoperative Planning of
Adolescent Idiopathic Scoliosis Surgery Using Google Cardboard. In: *Neurospine*
18 (2021), Nr. 1, S. 199–205. <http://dx.doi.org/10.14245/ns.2040574.287>.
– DOI 10.14245/ns.2040574.287. – ISSN 2586–6583
- [SW97] Slater, Mel ; Wilbur, Sylvia: A Framework for Immersive Virtual Environ-
ments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments.
In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6 (1997), Nr. 6, S. 603–
616. <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>. – DOI 10.1162/p-
res.1997.6.6.603. – ISSN 1054–7460
- [Tec21] Technologies, Unity: *Unity Asset Store*. <https://assetstore.unity.com/>.
Version: 2021
- [Thr20] Thrän, Daniela: Einführung in das System Bioökonomie. Version: 2020. [http://
dx.doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_{_}1](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-60730-5_{_}1). In: Thrän, Daniela (Hrsg.) ;
Moesenfechtel, Urs (Hrsg.): *Das System Bioökonomie*. Berlin, Heidelberg : Sprin-
ger Berlin Heidelberg, 2020. – DOI 10.1007/978-3-662-60730-5_1. – ISBN
978-3-662-60729-9, S. 1–19
- [Tüm09] Tümler, Johannes: *Untersuchungen zu nutzerbezogenen und technischen
Aspekten beim Langzeiteinsatz mobiler Augmented Reality Systeme in industri-
ellen Anwendungen*. Magdeburg, Germany, Otto-von-Guericke-Universität Mag-
deburg, Doctoral thesis, 2009. <http://dx.doi.org/10.25673/4991>. – DOI
10.25673/4991
- [Uni18] Unity: *Unity Dokumentation - Einstellung von SketchUp*. [https://docs.
unity3d.com/cn/2018.2/Manual/HOWTO-ImportObjectSketchUp.html](https://docs.unity3d.com/cn/2018.2/Manual/HOWTO-ImportObjectSketchUp.html).
Version: 2018
- [Uni21a] Unity: *Types of light*. <https://docs.unity3d.com/Manual/Lighting.html>.
Version: 2021
- [Uni21b] Unity: *XR Interaction Toolkit*. [https://docs.unity3d.com/Packages/com.
unity.xr.interaction.toolkit@1.0/manual/index.html](https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@1.0/manual/index.html). Version: 2021

- [Vox19] VoxelGuy: *FROOD - Free food and drinks pack*. <https://assetstore.unity.com/packages/3d/-props/food/frood-free-food-and-drinks-pack-152103>. Version: 2019
- [VRT21] VRTK: *VRTK - Virtual Reality Toolkit*. <https://vrtoolkit.readme.io/>. Version: 2021
- [WFF86] Winograd, Terry ; Flores, Fernando ; Flores, Fernando F: *Understanding computers and cognition: A new foundation for design*. Addison-Wesley, Boston : Intellect Books, 1986
- [Wit18] Witt, Christina Claudia de; G. Claudia de; Gloerfeld ; Witt, Claudia de (Hrsg.) ; Gloerfeld, Christina (Hrsg.): *Handbuch Mobile Learning*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-19123-8>. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-19123-8>. – ISBN 978-3-658-19122-1
- [Wiz19] Wizard, Puzzled: *CoffeeShop Starter Pack*. <https://assetstore.unity.com/packages/3d/-props/coffeeshop-starter-pack-160914>. Version: 2019
- [Wor21] Works, Steam: *OpenVR*. <https://partner.steamgames.com/doc/features/steamvr/openvr?l=german>. Version: 2021
- [XP20] XP-PEN: *Top 10 der kostenlos 3D Software für anfänger beliebtesten*. <https://www.xp-pen.de/forum-834.html>. Version: 2020
- [YA20] Yeasmin, Samira ; Albabtain, Layla A.: Implementation of a Virtual Reality Escape Room Game. In: *2020 IEEE Graphics and Multimedia (GAME)*, 2020, S. 7–12
- [YHS] Yang, Haibo ; Huff, Sid ; Strode, Diane: Leadership in Software Development: Comparing Perceptions of Agile and Traditional Project Managers. In: *Leadership 1*, S. 1–2009
- [YWY18] Yutong, Han ; Wenlong, Feng ; Yinshuang, Feng: Study of water surface scattering model based on Unity3D Shader. In: *2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI)*, IEEE, 2018. – ISBN 978-1-5386-4342-6, S. 741–745
- [ZPCC19] Zhang, Jimmy F. ; Paciorkowski, Alex R. ; Craig, Paul A. ; Cui, Feng: BioVR: a platform for virtual reality assisted biological data integration and visualization. In: *BMC bioinformatics 20* (2019), Nr. 1, S. 78. <http://dx.doi.org/10.1186/s12859-019-2666-z>. – DOI 10.1186/s12859-019-2666-z
- [ZWHS18] Zender, Raphael ; Weise, Matthias ; Heyde, Markus von d. ; Söbke, Heinrich: Lehren und Lernen mit VR und AR–Was wird erwartet? Was funktioniert. In: *Proceedings der pre-conference-workshops der Bd. 16*, 2018
- [ZWMT18] Zobel, Benedikt ; Werning, Sebastian ; Metzger, Dirk ; Thomas, Oliver: Augmented und Virtual Reality: Stand der Technik, Nutzenpotenziale und Einsatzgebiete. Version: 2018. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-19123-8_{_}7. In: Witt, Claudia de (Hrsg.) ; Gloerfeld, Christina (Hrsg.): *Handbuch Mobile Learning*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018. – DOI 10.1007/978-3-658-19123-8_7. – ISBN 978-3-658-19122-1, S. 123–140

Anhang

Anhang 1: User Story Map

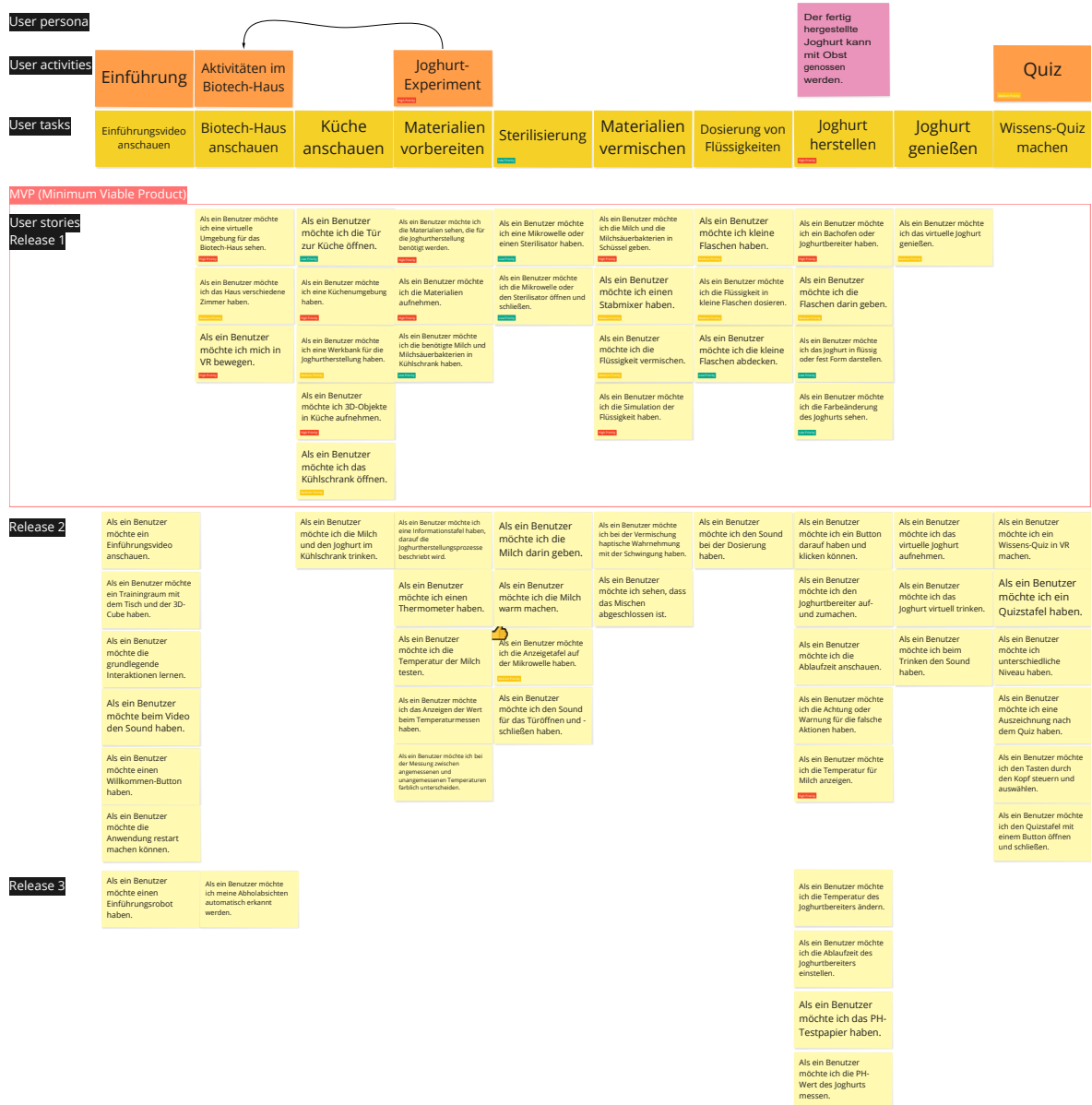


Abbildung 67: User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“ (Das vollständige User Story Map sieht man im Anhang.) (Quelle: eigener Entwurf)

Tabelle 13: User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“

Sprint1(1.M)	Sprint2(2.M)	Sprint3(3.M)	Sprint4(4.M)
Als ein Benutzer möchte ich eine virtuelle Umgebung für das Biotech-Haus sehen.	Als ein Benutzer möchte ich die Tür zur Küche öffnen können.	Als ein Benutzer möchte ich die Milch und den Joghurt aus dem Kühlschrank virtuell trinken können.	Als ein Benutzer möchte ich einen Trainingsraum zum Erlernen der Interaktion mit der virtuellen Welt haben.
Als ein Benutzer möchte ich in dem Haus verschiedene Zimmer haben.	Als ein Benutzer möchte ich die benötigte Milch und Milchsäurebakterien im Kühlschrank haben.	Als ein Benutzer möchte ich eine Informationstafel in der Küche haben, worauf die Joghurtherstellungsprozesse beschrieben sind.	Als ein Benutzer möchte ich das Einführungsvideo mit Ton erleben.
Als ein Benutzer möchte ich mich in der VR bewegen können.	Als ein Benutzer möchte ich eine Mikrowelle oder einen Sterilisator haben.	Als ein Benutzer möchte ich einen Thermometer haben.	Als ein Benutzer möchte ich einen Willkommen-Button haben.
Als ein Benutzer möchte ich eine Küchenumgebung haben.	Als ein Benutzer möchte ich die Mikrowelle oder den Sterilisator öffnen und schließen können.	Als ein Benutzer möchte ich die Temperatur der Milch testen.	Als ein Benutzer möchte ich die Anwendung erneut starten können.
Als ein Benutzer möchte ich eine Werkbank für die Joghurtherstellung haben.	Als ein Benutzer möchte ich die Flüssigkeiten für die Joghurtherstellung vermischen können.	Als ein Benutzer möchte ich Temperaturwerte auf eine Anzeige ablesen können.	Als ein Benutzer möchte ich bei der Messung zwischen angemessenen und unangemessenen Temperaturen farblich unterscheiden können.
Als ein Benutzer möchte ich 3D-Objekte in der Küche in die Hand nehmen können.	Als ein Benutzer möchte ich eine möglichst genaue Simulation der Flüssigkeiten haben.	Als ein Benutzer möchte ich beim Vermischen von Flüssigkeiten mit dem Mixer eine haptische Rückmeldung der Vibrationen bekommen.	Als ein Benutzer möchte ich die Milch in die Mikrowelle stellen können.

Tabelle 13: User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“

Sprint1(1.M)	Sprint2(2.M)	Sprint3(3.M)	Sprint4(4.M)
Als ein Benutzer möchte ich den Kühlschrank öffnen können.	Als ein Benutzer möchte ich die Flüssigkeit in kleinen Flaschen (~250 ml) abfüllen.	Als ein Benutzer möchte ich optisch erkennen können, dass der Mischvorgang abgeschlossen ist.	Als ein Benutzer möchte ich die Milch erwärmen können.
Als ein Benutzer möchte ich die Materialien sehen, die für die Joghurtherstellung benötigt werden.	Als ein Benutzer möchte ich die kleinen Flaschen (~250 ml) verschließen können.	Als ein Benutzer möchte ich beim Abfüllen von Flüssigkeiten eine akustische Rückmeldung bekommen.	Als ein Benutzer möchte ich ein Display mit Zeitangabe auf der Mikrowelle haben.
Als ein Benutzer möchte ich die Materialien zur Joghurtherstellung mit der Hand aufnehmen können.	Als ein Benutzer möchte ich die abgefüllten Flaschen in den Joghurtbereiter stellen können.	Als ein Benutzer möchte ich auf dem Joghurtbereiter einen Ein- und Ausschalter betätigen können.	Als ein Benutzer möchte ich eine akustische Rückmeldung beim Öffnen und Schließen der Mikrowelle bekommen.
Als ein Benutzer möchte ich die Milch und die Milchsäurebakterien in eine Schüssel geben können.	Als ein Benutzer möchte ich optisch zwischen festem und flüssigem Zustand des Joghurts unterscheiden können.	Als ein Benutzer möchte ich den Joghurtbereiter öffnen und schließen können.	Als ein Benutzer möchte ich Status des Joghurtbereiters auf einem Display ablesen können.
Als ein Benutzer möchte ich einen Stabmixer in der Küche haben.	Als ein Benutzer möchte ich die Farbänderung des Joghurts sehen können.	Als ein Benutzer möchte ich bei falschen Handlungen einen Warnhinweis bekommen.	Als ein Benutzer möchte ich die Milchtemperatur auf einem Thermometer ablesen können.
Als ein Benutzer möchte ich kleine Flaschen von etwa 250 ml in der Küche zur Verfügung haben.	Als ein Benutzer möchte ich den fertigen Joghurt aus den großen Flaschen im Kühlschrank trinken können.	Als ein Benutzer möchte ich ein Wissensquiz in VR machen.	Als ein Benutzer möchte ich den virtuellen Joghurt mit der Hand aufnehmen können.

Tabelle 13: User Story Map für die VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“

Sprint1(1.M)	Sprint2(2.M)	Sprint3(3.M)	Sprint4(4.M)
Als ein Benutzer möchte ich einen Backofen oder Joghurtbereiter in der Küche zur Verfügung haben.	Als ein Benutzer möchte ein Einführungsvideo anschauen können.	Als ein Benutzer möchte ich eine interaktive Quiz-Tafel in der Küche haben.	Als ein Benutzer möchte ich den Joghurt aus den kleinen ~250 ml Flaschen virtuell trinken können.
Als ein Benutzer möchte ich in der Simulation Flüssigkeiten als solche erkennen können.	Als ein Benutzer möchte ich die grundlegende Interaktionen mit der Simulation erlernen können.	Als ein Benutzer möchte ich beim Wissensquiz zwischen den Niveaustufen Anfänger und Experte wählen können.	Als ein Benutzer möchte ich beim Trinken von Flüssigkeiten eine entsprechend realistische akustische Rückmeldung bekommen.
		Als ein Benutzer möchte ich nach sieben richtig oder falsch beantworteten Quizfragen eine Auszeichnung in Form einer virtuellen Joghurtflasche bekommen.	Als ein Benutzer möchte ich die Küchentür über einen Wandschalter öffnen und schließen können.
		Als ein Benutzer möchte ich die Menüpunkte der Quiztafel mit Kopfbewegungen ansteuern können.	
		Als ein Benutzer möchte ich die Quiztafel mit einem Taster öffnen und schließen können.	

Anhang 2: Anwendungsfalldiagramm

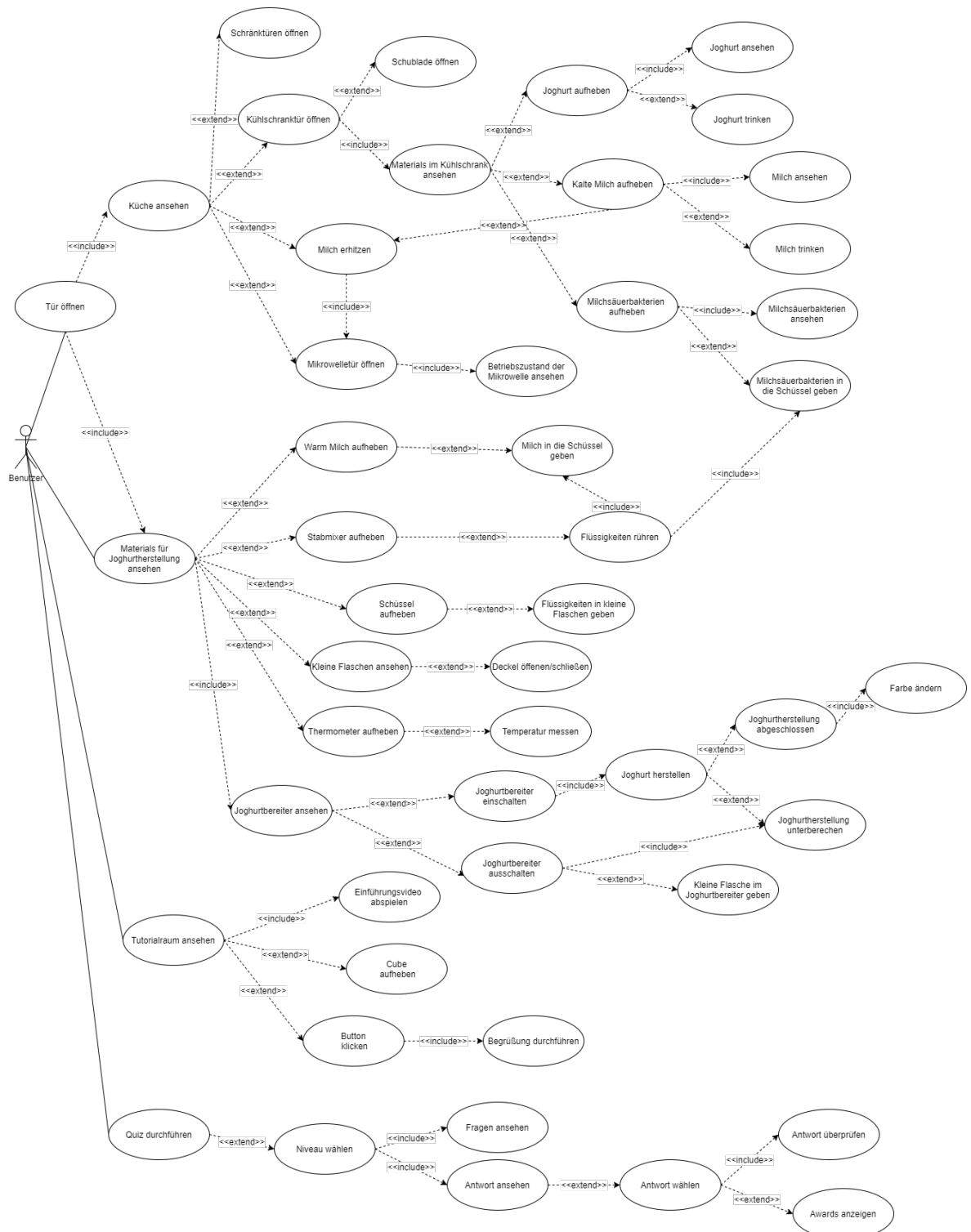


Abbildung 68: Anwendungsfalldiagramm für die Anwendung „Biotech-Haus in VR“ (Quelle: eigener Entwurf)

Anhang 3: Experteninterviews mit Prof. Dr. Johannes Tümler

VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“ Experteninterview					
Forschungsleitende Annahmen					
Aus verschiedenen Perspektiven werden die Möglichkeiten und das Potenzial des Einsatzes der VR-Technologie im Bereich des Biotechnologieunterrichts untersucht. Dieses Projekt gilt als Beispiel für VR-Technologie im Bereich des Biotechnologieunterrichts.					
<ul style="list-style-type: none"> ■ Heutzutage kommt VR als eine die neuen Formen der Mensch-Maschine-Interaktion in der Bildung verstärkt zum Einsatz. ■ Es ist sehr wichtig, mit den Lehrkräften zusammenzuarbeiten, um die VR-Technologie in das Unterrichtssystem integrieren zu können. ■ Beobachtungen und Überlegungen zu bestehenden VR-Bildungsprodukten im Bereich des Lehrens und Lernens in der Biotechnologie/des Biologieunterrichts. ■ Im Gegensatz zu traditionellen Lehrmethoden haben viele Studien gezeigt, dass immersives Lernen mit VR-Unterricht zu einem größeren Lernerfolg führt. ■ Ideen, Vorschläge, Bewertungen und zukünftige Erwartungen an das Projekt sollen durch die folgenden Fragen bearbeitet werden. 					
Name	Prof. Dr. Johannes Tümler				
Fachbereich 6 gebiet	<input type="checkbox"/>	Mensch-Maschine-Interaktion			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Virtual Reality			
	<input type="checkbox"/>	Biotechnologie			
	<input type="checkbox"/>	Andere			
Aussagen/Fragen	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils, teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Das Design für das virtuelle Model „Biotech-Haus“ ist gut?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Tutorial-Raum mit dem Einführungsvideo gut gestaltet.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hat Ihnen das kurze Tutorial im Projekt dabei geholfen, sich mit den grundlegenden Interaktionen und den nächsten Schritten vertraut zu machen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind die Schriften auf dem Informationstafel gut lesbar?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hat Ihnen die Informationen auf der Informationstafel geholfen, die einzelnen Schritte der Joghurtherstellung zu verstehen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist die Simulation des Joghurtherstellungsprozesses realistisch?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Haben Sie den Prozess der Joghurtherstellung durch die Simulation verstanden?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie gut war das Gefühl der Immersion in dieser virtuellen Umgebung?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Haben Sie das Gefühl, dass die interaktive Umgebung in der Küche (Kühlschrank, Mikrowelle, Lichtschalter, Schränke, Kochfeld usw.) zu dem immersiven Erlebnis unterstützen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Konnte das Projekt Ihre Erwartungen erfüllen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind die physikalischen Simulationen in diesem Projekt realistisch?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das im virtuellen Quiz vermittelt Wissen ist sinnvoll.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Würden Sie das Projekt im Praktikum anwenden?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Würden Sie die VR-Technologie in Ihrem Unterricht verwenden?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Offene Fragen					
Wie sehen Sie die zukünftige Entwicklung der Bildungsformen in Bezug zur Nutzung von VR-Brillen im Unterricht?					
Durch die Corona-Pandemie wurde die digitale Transformation in der Bildung zusätzlich beschleunigt. Erzählen Sie von Ihrer bisherigen Erfahrung mit der neuen Form in der Medientechnologie im Unterricht.					
Heutzutage kommt VR als einer der neuen Formen der Mensch-Maschine-Interaktion in der Bildung verstärkt zum Einsatz. Woran liegt das Ihrer Meinung nach? (Abbildung 1 und Abbildung 2)					
Welche Nachteile sehen Sie in der Nutzung von VR-Brillen im Unterricht?					
Es ist sehr wichtig, mit den Lehrern zusammenzuarbeiten, um die VR-Technologie in das Unterrichtssystem integrieren zu können. Was halten Sie davon?					
Könnten Sie kurz die Merkmale der Anwendung von VR-Technologie beim Lehren und Lernen beschreiben?					
Was halten Sie von der Umsetzung der Idee des Biotech-Hauses in VR?					
Welche weiteren Beispiele und Einsätze für VR im Unterricht kennen Sie?					
Wie sollte Ihrer Meinung nach eine auf VR-Technologie basierende Lernumgebung oder Lernanwendung aussehen?					
Welche Vorschläge haben Sie für dieses Projekt?					
Möchten Sie noch etwas hinzufügen?					

8/9.11.

10.11.
16.7.

10-15 Res.
26.11.2020

Experteninterviews mit Prof. Dr. Arne Berger

VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“ Experteninterview					
Forschungsleitende Annahmen					
Aus verschiedenen Perspektiven werden die Möglichkeiten und das Potenzial des Einsatzes der VR-Technologie im Bereich des Biotechnologieunterrichts untersucht. Dieses Projekt gilt als Beispiel für VR-Technologie im Bereich des Biotechnologieunterrichts.					
<ul style="list-style-type: none"> ■ Heutzutage kommt VR als eine die neuen Formen der Mensch-Maschine-Interaktion in der Bildung verstärkt zum Einsatz. ■ Es ist sehr wichtig, mit den Lehrkräften zusammenzuarbeiten, um die VR-Technologie in das Unterrichtssystem integrieren zu können. ■ Beobachtungen und Überlegungen zu bestehenden VR-Bildungsprodukten im Bereich des Lehrens und Lernens in der Biotechnologie/des Biologieunterrichts. ■ Im Gegensatz zu traditionellen Lehrmethoden haben viele Studien gezeigt, dass immersives Lernen mit VR-Unterricht zu einem größeren Lernerfolg führt. ■ Ideen, Vorschläge, Bewertungen und zukünftige Erwartungen an das Projekt sollen durch die folgenden Fragen bearbeitet werden. 					
Name	Prof. Dr. Arne Berger				
Fachbereich	<input checked="" type="checkbox"/>	Mensch-Maschine-Interaktion			
	<input type="checkbox"/>	Virtual Reality			
	<input type="checkbox"/>	Biotechnologie			
	<input type="checkbox"/>	Andere			
Aussagen/Fragen	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils, teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Das Design für das virtuelle Model „Biotech-Haus“ ist gut. <i>VISUELL / INTERAKTION</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Tutorial-Raum mit dem Einführungsvideo gut gestaltet.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hat Ihnen das kurze Tutorial im Projekt dabei geholfen, sich mit den grundlegenden Interaktionen und den nächsten Schritten vertraut zu machen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind die Schriften auf dem Informationstafel gut lesbar? <i>THERMOMETER</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Hat Ihnen die Informationen auf der Informationstafel geholfen, die einzelnen Schritte der Joghurtherstellung zu verstehen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist die Simulation des Joghurtherstellungsprozesses realistisch?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Haben Sie den Prozess der Joghurtherstellung durch die Simulation verstanden?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie gut war das Gefühl der Immersion in dieser virtuellen Umgebung?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



DOPPEL KODIERUNG



Haben Sie das Gefühl, dass die interaktive Umgebung in der Küche (Kühlschrank, Mikrowelle, Lichtschalter, Schränke, Kochfeld usw.) zu dem immersiven Erlebnis unterstützen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Konnte das Projekt Ihre Erwartungen erfüllen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind die physikalischen Simulationen in diesem Projekt realistisch?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das im virtuellen Quiz vermittelte Wissen ist sinnvoll.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Würden Sie das Projekt im Praktikum anwenden?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Würden Sie die VR-Technologie in Ihrem Unterricht verwenden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Offene Fragen					
Wie sehen Sie die zukünftige Entwicklung der Bildungsformen in Bezug zur Nutzung von VR-Brillen im Unterricht?					
Durch die Corona-Pandemie wurde die digitale Transformation in der Bildung zusätzlich beschleunigt. Erzählen Sie von Ihrer bisherigen Erfahrung mit der neuen Form in der Medientechnologie im Unterricht.					
Heutzutage kommt VR als einer der neuen Formen der Mensch-Maschine-Interaktion in der Bildung verstärkt zum Einsatz. Woran liegt das Ihrer Meinung nach? (Abbildung 1 und Abbildung 2)					
Welche Nachteile sehen Sie in der Nutzung von VR-Brillen im Unterricht?					
Es ist sehr wichtig, mit den Lehrern zusammenzuarbeiten, um die VR-Technologie in das Unterrichtssystem integrieren zu können. Was halten Sie davon?					
Könnten Sie kurz die Merkmale der VR-Technologie als Mensch-Maschine-Interaktion beschreiben?					
Was halten Sie von der Umsetzung der Idee des Biotech-Hauses in VR?					
Welche weiteren Beispiele und Einsätze für VR im Unterricht kennen Sie?					
Wie sollte Ihrer Meinung nach eine auf VR-Technologie basierende Lernumgebung oder Lernanwendung aussehen?					
Welche Vorschläge haben Sie für dieses Projekt?					
Möchten Sie noch etwas hinzufügen?					

Experteninterviews mit Prof. Dr. Jana Rödiger

VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“ Experteninterview					
Forschungsleitende Annahmen					
Aus verschiedenen Perspektiven werden die Möglichkeiten und das Potenzial des Einsatzes der VR-Technologie im Bereich des Biotechnologieunterrichts untersucht. Dieses Projekt gilt als Beispiel für VR-Technologie im Bereich des Biotechnologieunterrichts.					
<ul style="list-style-type: none"> ■ Heutzutage kommt VR als eine die neuen Formen der Mensch-Maschine-Interaktion in der Bildung verstärkt zum Einsatz. ■ Es ist sehr wichtig, mit den Lehrkräften zusammenzuarbeiten, um die VR-Technologie in das Unterrichtssystem integrieren zu können. ■ Beobachtungen und Überlegungen zu bestehenden VR-Bildungsprodukten im Bereich des Lehrens und Lernens in der Biotechnologie/des Biologieunterrichts. ■ Im Gegensatz zu traditionellen Lehrmethoden haben viele Studien gezeigt, dass immersives Lernen mit VR-Unterricht zu einem größeren Lernerfolg führt. ■ Ideen, Vorschläge, Bewertungen und zukünftige Erwartungen an das Projekt sollen durch die folgenden Fragen bearbeitet werden. 					
Name	Prof. Dr. Jana Rödiger				
Fachbereich	<input type="checkbox"/>	Mensch-Maschine-Interaktion			
	<input type="checkbox"/>	Virtual Reality			
	<input type="checkbox"/>	Biotechnologie			
	<input type="checkbox"/>	Andere			
Aussagen/Fragen	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils, teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Das Design für das virtuelle Model „Biotech-Haus“ ist gut.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Tutorial-Raum mit dem Einführungsvideo gut gestaltet.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hat Ihnen das kurze Tutorial im Projekt dabei geholfen, sich mit den grundlegenden Interaktionen und den nächsten Schritten vertraut zu machen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind die Schriften auf dem Informationstafel gut lesbar? <i>teils Rechtschreibung, Grammatik</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hat Ihnen die Informationen auf der Informationstafel geholfen, die einzelnen Schritte der Joghurtherstellung zu verstehen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist die Simulation des Joghurtherstellungsprozesses realistisch?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Haben Sie den Prozess der Joghurtherstellung durch die Simulation verstanden?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie gut war das Gefühl der Immersion in dieser virtuellen Umgebung?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Haben Sie das Gefühl, dass die interaktive Umgebung in der Küche (Kühlschrank, Mikrowelle, Lichtschalter, Schränke, Kochfeld usw.) zu dem immersiven Erlebnis unterstützen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Konnte das Projekt Ihre Erwartungen erfüllen?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind die physikalischen Simulationen in diesem Projekt realistisch?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das im virtuellen Quiz vermittelte Wissen ist sinnvoll.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Würden Sie das Projekt im Praktikum anwenden?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Würden Sie die VR-Technologie in Ihrem Unterricht verwenden?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Offene Fragen					
Wie sehen Sie die zukünftige Entwicklung der Bildungsformen in Bezug zur Nutzung von VR-Brillen im Unterricht?					
Durch die Corona-Pandemie wurde die digitale Transformation in der Bildung zusätzlich beschleunigt. Erzählen Sie von Ihrer bisherigen Erfahrung mit der neuen Form in der Medientechnologie im Unterricht.					
Heutzutage kommt VR als einer der neuen Formen der Mensch-Maschine-Interaktion in der Bildung verstärkt zum Einsatz. Woran liegt das Ihrer Meinung nach? (Abbildung 1 und Abbildung 2)					
Welche Nachteile sehen Sie in der Nutzung von VR-Brillen im Unterricht?					
Es ist sehr wichtig, mit den Lehrern zusammenzuarbeiten, um die VR-Technologie in das Unterrichtssystem integrieren zu können. Was halten Sie davon?					
Könnten Sie kurz die Merkmale des Unterrichts in angewandter Biotechnologie beschreiben?					
Was halten Sie von der Umsetzung der Idee des Biotech-Hauses in VR?					
Welche weiteren Beispiele und Einsätze für VR im Unterricht kennen Sie?					
Wie sollte Ihrer Meinung nach eine auf VR-Technologie basierende Lernumgebung oder Lernanwendung aussehen?					
Welche Vorschläge haben Sie für dieses Projekt?					
Möchten Sie noch etwas hinzufügen?					

Experteninterviews mit Dorit Beck

VR-Anwendung „Biotech-Haus in VR“ Experteninterview					
Forschungsleitende Annahmen					
Aus verschiedenen Perspektiven werden die Möglichkeiten und das Potenzial des Einsatzes der VR-Technologie im Bereich des Biotechnologieunterrichts untersucht. Dieses Projekt gilt als Beispiel für VR-Technologie im Bereich des Biotechnologieunterrichts.					
<ul style="list-style-type: none"> ■ Heutzutage kommt VR als eine die neuen Formen der Mensch-Maschine-Interaktion in der Bildung verstärkt zum Einsatz. ■ Es ist sehr wichtig, mit den Lehrkräften zusammenzuarbeiten, um die VR-Technologie in das Unterrichtssystem integrieren zu können. ■ Beobachtungen und Überlegungen zu bestehenden VR-Bildungsprodukten im Bereich des Lehrens und Lernens in der Biotechnologie/des Biologieunterrichts. ■ Im Gegensatz zu traditionellen Lehrmethoden haben viele Studien gezeigt, dass immersives Lernen mit VR-Unterricht zu einem größeren Lernerfolg führt. ■ Ideen, Vorschläge, Bewertungen und zukünftige Erwartungen an das Projekt sollen durch die folgenden Fragen bearbeitet werden. 					
Name	Dorit Beck				
Fachbereich	<input type="checkbox"/>	Mensch-Maschine-Interaktion			
	<input type="checkbox"/>	Virtual Reality			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Biotechnologie			
	<input type="checkbox"/>	Andere			
Aussagen/Fragen	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils, teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Das Design für das virtuelle Model „Biotech-Haus“ ist gut.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Tutorial-Raum mit dem Einführungsvideo gut gestaltet.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hat Ihnen das kurze Tutorial im Projekt dabei geholfen, sich mit den grundlegenden Interaktionen und den nächsten Schritten vertraut zu machen?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind die Schriften auf dem Informationstafel gut lesbar? <i>der</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hat Ihnen die Informationen auf der Informationstafel geholfen, die einzelnen Schritte der Joghurtherstellung zu verstehen?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist die Simulation des Joghurtherstellungsprozesses realistisch?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Haben Sie den Prozess der Joghurtherstellung durch die Simulation verstanden?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie gut war das Gefühl der Immersion in dieser virtuellen Umgebung?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Haben Sie das Gefühl, dass die interaktive Umgebung in der Küche (Kühlschrank, Mikrowelle, Lichtschalter, Schränke, Kochfeld usw.) zu dem immersiven Erlebnis unterstützen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Konnte das Projekt Ihre Erwartungen erfüllen?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind die physikalischen Simulationen in diesem Projekt realistisch?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das im virtuellen Quiz vermittelte Wissen ist sinnvoll.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Würden Sie das Projekt im Praktikum anwenden?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Würden Sie die VR-Technologie in Ihrem Unterricht verwenden?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Offene Fragen					
Wie sehen Sie die zukünftige Entwicklung der Bildungsformen in Bezug zur Nutzung von VR-Brillen im Unterricht?					
Durch die Corona-Pandemie wurde die digitale Transformation in der Bildung zusätzlich beschleunigt. Erzählen Sie von Ihrer bisherigen Erfahrung mit der neuen Form in der Medientechnologie im Unterricht.					
Heutzutage kommt VR als einer der neuen Formen der Mensch-Maschine-Interaktion in der Bildung verstärkt zum Einsatz. Woran liegt das Ihrer Meinung nach? (Abbildung 1 und Abbildung 2)					
Welche Nachteile sehen Sie in der Nutzung von VR-Brillen im Unterricht?					
Es ist sehr wichtig, mit den Lehrern zusammenzuarbeiten, um die VR-Technologie in das Unterrichtssystem integrieren zu können. Was halten Sie davon?					
Könnten Sie kurz die Merkmale des Unterrichts in angewandter Biotechnologie beschreiben?					
Was halten Sie von der Umsetzung der Idee des Biotech-Hauses in VR?					
Welche weiteren Beispiele und Einsätze für VR im Unterricht kennen Sie?					
Wie sollte Ihrer Meinung nach eine auf VR-Technologie basierende Lernumgebung oder Lernanwendung aussehen?					
Welche Vorschläge haben Sie für dieses Projekt?					
Möchten Sie noch etwas hinzufügen?					

Anhang 4: Kodierung

Listings

1	DetectTempScript.cs	xix
2	MicrowaveHeatingScript.cs	xxi
3	HeatingDoneScript.cs	xxi
4	PourOutScript.cs	xxii
5	MixScript.cs	xxiii
6	JoghurtmakerScript.cs	xxiv
7	YoghurtMakingScript.cs	xxv
8	TrinkYoghurtScript.cs	xxvi
9	ButtonHelperWithStatus.cs	xxvii
10	NextQuestionSelector.cs	xxix
11	ObjectSelector.cs	xxxi
12	GeneralTwoObjsClose.cs	xxxiii


```

1  /// <summary>
2  /// @File : DetectTempScript.cs
3  /// @Email : ms.rong.huang@outlook.com
4  /// </summary>
5
6  public class DetectTempScript : MonoBehaviour
7  {
8      ...
9
10     private void OnCollisionEnter(Collision collision)
11     {
12         if (liquid.activeSelf || liquidHalf.activeSelf) {
13             if (collision.gameObject.CompareTag("NewTHE") || collision.
14             gameObject.CompareTag("THE")) {
15                 if (collision.gameObject.CompareTag("THE")) {
16                     isOldTHE = true;
17                 }
18                 StartDetectTemp();
19             }
20         }
21
22     private void OnCollisionExit(Collision collision)
23     {
24         if (liquid.activeSelf || liquidHalf.activeSelf) {
25             audioSource.Stop();
26             displayRightTemp.SetActive(false);
27             displayWrongTemp.SetActive(false);
28             oldMeshRenderer.material.color = oldOriginalColor;
29             meshRenderer.material.color = originalColor;
30             isOldTHE = false;
31         }
32     }
33
34     private void OnTriggerExit(Collider other)
35     {
36         if (liquid.activeSelf || liquidHalf.activeSelf) {
37             audioSource.Stop();
38             displayRightTemp.SetActive(false);
39             displayWrongTemp.SetActive(false);
40             oldMeshRenderer.material.color = oldOriginalColor;
41             meshRenderer.material.color = originalColor;
42             isOldTHE = false;
43         }
44     }
45
46     private void StartDetectTemp()
47     {
48         if (!audioSource.isPlaying) {
49             audioSource.Play();
50         }
51
52         if (temp.activeSelf) {
53             if (isOldTHE) {
54                 oldMeshRenderer.material.color = redMat.color;
55             } else {
56                 meshRenderer.material.color = redMat.color;
57                 displayWrongTemp.SetActive(true);

```

```
58     }
59     } else {
60         if (isOldTHE) {
61             oldMeshRenderer.material.color = greenMat.color;
62         } else {
63             meshRenderer.material.color = greenMat.color;
64             displayRightTemp.SetActive(true);
65         }
66     }
67 }
68 }
```

Listing 1: DetectTempScript.cs

```

1  /// <summary>
2  /// @File : MicrowaveHeatingScript.cs
3  /// @Email : ms.rong.huang@outlook.com
4  /// </summary>
5
6  public class MicrowaveHeatingScript : MonoBehaviour
7  {
8      ...
9
10     private void Update()
11     {
12         if (inME.activeSelf && heatingState) {
13             StartHeating();
14         }
15     }
16
17     private void OnCollisionEnter(Collision collision)
18     {
19         if (collision.gameObject.CompareTag("FryingZone") && targetObject
20 .activeSelf) {
21             // StartHeating();
22             inME.SetActive(true);
23         }
24     }
25
26     private void StartHeating()
27     {
28         targetObject.SetActive(false);
29     }
30 }

```

Listing 2: MicrowaveHeatingScript.cs

```

1  /// <summary>
2  /// @File : HeatingDoneScript.cs
3  /// @Email : ms.rong.huang@outlook.com
4  /// </summary>
5
6  public class HeatingDoneScript : MonoBehaviour
7  {
8      ...
9
10     IEnumerator Heating()
11     {
12         timerTxt.text = "3";
13         yield return new WaitForSeconds(1);
14         timerTxt.text = "2";
15         yield return new WaitForSeconds(1);
16         timerTxt.text = "1";
17         yield return new WaitForSeconds(1);
18         timerTxt.text = "FERTIG";
19     }
20 }

```

Listing 3: HeatingDoneScript.cs


```

1  /// <summary>
2  /// @File : PourOutScript.cs
3  /// @Email : ms.rong.huang@outlook.com
4  /// </summary>
5
6  public class PourOutScript : MonoBehaviour
7  {
8      ...
9
10     private void OnCollisionEnter(Collision collision)
11     {
12         if (collision.gameObject.CompareTag("PourZone")) {
13             if (Liquid.activeSelf || LiquidHalf.activeSelf) {
14                 StartPourOut();
15             }
16         }
17     }
18
19     public void StartPourOut()
20     {
21         StartCoroutine(PourOut());
22     }
23
24     IEnumerator PourOut() {
25         if (!Liquid1.activeSelf) {
26             if (!audioSource.isPlaying) {
27                 audioSource.Play();
28             }
29             Liquid1.SetActive(true);
30             yield return new WaitForSeconds(FlowRate + 0.1f);
31         }
32         ...
33         if (!Liquid9.activeSelf) {
34             if (!audioSource.isPlaying) {
35                 audioSource.Play();
36             }
37             Liquid9.SetActive(true);
38             // Finished pouring liquid
39             Liquid.SetActive(false);
40             LiquidHalf.SetActive(false);
41
42             yield return new WaitForSeconds(FlowRate + 0.1f);
43         }
44     }
45 }

```

Listing 4: PourOutScript.cs

```

1  /// <summary>
2  /// @File : MixScript.cs
3  /// @Email : ms.rong.huang@outlook.com
4  /// </summary>
5
6  public class MixScript : MonoBehaviour
7  {
8      ...
9
10     private void OnCollisionEnter(Collision collision)
11     {
12         if (collision.gameObject.CompareTag("PourZone") && CheckMilk.
13             activeSelf && CheckLac.activeSelf) {
14             StartMix();
15         }
16     }
17
18     private void OnCollisionExit(Collision collision)
19     {
20         audioSource.Stop();
21         StopAllCoroutines();
22     }
23
24     private void OnTriggerExit(Collider other)
25     {
26         audioSource.Stop();
27         StopAllCoroutines();
28     }
29
30     public void StartMix()
31     {
32         StartCoroutine(Mix());
33     }
34
35     IEnumerator Mix()
36     {
37         if (!MixedLiquid.activeSelf) {
38             if (!audioSource.isPlaying) {
39                 audioSource.Play();
40             }
41             yield return new WaitForSeconds(1);
42             if (!audioSource.isPlaying) {
43                 audioSource.Play();
44             }
45             MixedLiquid.SetActive(true);
46         }
47     }

```

Listing 5: MixScript.cs

```

1  /// <summary>
2  /// @File : JoghurtmakerScript.cs
3  /// @Email : ms.rong.huang@outlook.com
4  /// </summary>
5
6  public class JoghurtmakerScript : MonoBehaviour
7  {
8      ...
9
10     void Update()
11     {
12         socket1.onSelectEnter.AddListener(SetReady1);
13         socket2.onSelectEnter.AddListener(SetReady2);
14         socket3.onSelectEnter.AddListener(SetReady3);
15         socket4.onSelectEnter.AddListener(SetReady4);
16
17         socket1.onSelectExit.AddListener(SetReady1);
18         socket2.onSelectExit.AddListener(SetReady2);
19         socket3.onSelectExit.AddListener(SetReady3);
20         socket4.onSelectExit.AddListener(SetReady4);
21     }
22
23     private void SetReady1(XRBaseInteractable obj)
24     {
25         checkPoint1 = !checkPoint1;
26     }
27
28     private void SetReady2(XRBaseInteractable obj)
29     {
30         checkPoint2 = !checkPoint2;
31     }
32     private void SetReady3(XRBaseInteractable obj)
33     {
34         checkPoint3 = !checkPoint3;
35     }
36     private void SetReady4(XRBaseInteractable obj)
37     {
38         checkPoint4 = !checkPoint4;
39     }
40 }

```

Listing 6: JoghurtmakerScript.cs

```

1  /// <summary>
2  /// @File : YoghurtMakingScript.cs
3  /// @Email : ms.rong.huang@outlook.com
4  /// </summary>
5
6  public class YoghurtMakingScript : MonoBehaviour
7  {
8      ...
9
10     void Update()
11     {
12         distance1 = Vector3.Distance(yoghurtLiquid1.gameObject.transform.
13             position, Yoghurtmaker.position);
14         distance2 = Vector3.Distance(yoghurtLiquid2.gameObject.transform.
15             position, Yoghurtmaker.position);
16         distance3 = Vector3.Distance(yoghurtLiquid3.gameObject.transform.
17             position, Yoghurtmaker.position);
18         distance4 = Vector3.Distance(yoghurtLiquid4.gameObject.transform.
19             position, Yoghurtmaker.position);
20     }
21
22     public void StartMakingYoghurt()
23     {
24         StartCoroutine(MakingYoghurt());
25     }
26
27     private void startChangeColor()
28     {
29         if (distance1 < 0.2 && isStarted.activeSelf)
30         {
31             renderer1.material = changeColor;
32         }
33         ...
34         if (distance4 < 0.2 && isStarted.activeSelf)
35         {
36             renderer4.material = changeColor;
37         }
38     }
39     IEnumerator MakingYoghurt()
40     {
41         if (!audioSource.isPlaying)
42         {
43             audioSource.Play();
44         }
45         yield return new WaitForSeconds(8);
46         isStarted.SetActive(true);
47         startChangeColor();
48     }
49 }

```

Listing 7: YoghurtMakingScript.cs

```

1  /// <summary>
2  /// @File : TrinkYoghurtScript.cs
3  /// @Email : ms.rong.huang@outlook.com
4  /// </summary>
5
6  public class TrinkYoghurtScript : MonoBehaviour
7  {
8      ...
9
10     void Update()
11     {
12         distance = Vector3.Distance(transformDrink.position,
13         transformMouth.position);
14         if (distance < 0.1) {
15             if (liquid.activeSelf) {
16                 if (!audioSource.isPlaying) {
17                     audioSource.Play();
18                     liquid.SetActive(false);
19                     liquid.GetComponent<MeshRenderer>().material =
20                     milkMat;
21                 }
22             }
23         }
24     }
25 }

```

Listing 8: TrinkYoghurtScript.cs

```

1  /// <summary>
2  /// @File : ButtonHelperWithStatus.cs
3  /// @Email : ms.rong.huang@outlook.com
4  /// </summary>
5
6  public class ButtonHelperWithStatus : MonoBehaviour
7  {
8      ...
9
10     void Update()
11     {
12         if (!_isPressed && GetValue() + threshold >= 1 && !btnStatus) {
13             Pressed();
14             btnStatus = !btnStatus;
15         } else if (!_isPressed && GetValue() + threshold >= 1 &&
16     btnStatus) {
17             btnStatus = !btnStatus;
18             PressedAgain();
19         }
20
21         if (_isPressed && GetValue() - threshold <= 0 && !btnStatus) {
22             Released();
23         } else if (_isPressed && GetValue() - threshold <= 0 && btnStatus
24     ) {
25             ReleasedAgain();
26         }
27     }
28
29     private float GetValue()
30     {
31         var value = Vector3.Distance(_startPos, transform.localPosition)
32     / _joint.linearLimit.limit;
33
34         if (Math.Abs(value) < deadZone) {
35             value = 0;
36         }
37
38         return Mathf.Clamp(value, -1f, 1f);
39     }
40
41     private void ReleasedAgain()
42     {
43         _isPressed = false;
44         onReleasedAgain.Invoke();
45     }
46
47     private void PressedAgain()
48     {
49         _isPressed = true;
50         onPressedAgain.Invoke();
51     }
52
53     private void Pressed()
54     {
55         _isPressed = true;
56         onPressed.Invoke();
57     }
58 }

```

```
56     private void Released()  
57     {  
58         _isPressed = false;  
59         onReleased.Invoke();  
60     }  
61 }
```

Listing 9: ButtonHelperWithStatus.cs

```

1  /// <summary>
2  /// @File : NextQuestionSelector.cs
3  /// @Email : ms.rong.huang@outlook.com
4  /// @Refer. : ObjectController.cs
5  /// </summary>
6
7  public class NextQuestionSelector : MonoBehaviour
8  {
9      ...
10
11     public void TeleportRandomly()
12     { ... }
13
14     public void OnPointerEnter()
15     {
16         SetMaterial(true);
17         StartCoroutine(PrepareNextQuestion());
18     }
19
20     public void OnPointerExit()
21     {
22         SetMaterial(false);
23         audioSource.Stop();
24         StopAllCoroutines();
25     }
26
27     public void OnPointerClick()
28     {
29         TeleportRandomly();
30     }
31
32     private void SetMaterial(bool gazedAt)
33     {
34         if (InactiveMaterial != null && GazedAtMaterial != null)
35         {
36             _myRenderer.material = gazedAt ? GazedAtMaterial :
InactiveMaterial;
37         }
38     }
39
40     IEnumerator PrepareNextQuestion()
41     {
42         if (!audioSource.isPlaying)
43         {
44             audioSource.Play();
45         }
46         yield return new WaitForSeconds(2);
47
48         switch (q)
49         {
50             case 1:
51                 question1();
52                 answer1.SetActive(false);
53                 answer2.SetActive(true);
54                 answer3.SetActive(false);
55                 answer4.SetActive(false);
56                 break;
57         }

```



```

58         default:
59             resetContent();
60             selfButton.SetActive(false);
61             quizItems.SetActive(false);
62             changeButton.SetActive(true);
63             break;
64     }
65     if (q <= 7) {
66         isSelected.SetActive(false);
67         Pressed();
68     } else {
69         isSelected.SetActive(true);
70     }
71 }
72
73 private void Pressed() {
74     q++;
75     onPressed.Invoke();
76 }
77
78 private void question1() {
79     questionText.text = "1. Seit wann wird Joghurt hergestellt?";
80     answerText1.text = "a) Seit vor 350 Jahren, als die Bakterien
entdeckt wurden.";
81     answerText2.text = "b) Seit etwa 4000 Jahren.";
82     answerText3.text = "c) Seit der Wende 1989.";
83     answerText4.text = "d) Seit dem Bauernkrieg - also etwa seit 500
Jahren.";
84 }
85 ...
86 }

```

Listing 10: NextQuestionSelector.cs

```

1  /// <summary>
2  /// @File : ObjectSelector.cs
3  /// @Email : ms.rong.huang@outlook.com
4  /// @Refer. : ObjectController.cs
5  /// </summary>
6
7  public class ObjectSelector : MonoBehaviour
8  {
9      ...
10
11     public void TeleportRandomly()
12     { ... }
13
14     public void OnPointerEnter()
15     {
16         if (!isSelected.activeSelf) {
17             SetMaterial(true);
18             StartCoroutine(SelectAnswer());
19         }
20     }
21
22     public void OnPointerExit()
23     {
24         if (!isSelected.activeSelf) {
25             SetMaterial(false);
26             audioSource.Stop();
27             StopAllCoroutines();
28         }
29     }
30
31     public void OnPointerClick()
32     {
33         TeleportRandomly();
34     }
35
36     private void SetMaterial(bool gazedAt)
37     {
38         if (InactiveMaterial != null && GazedAtMaterial != null) {
39             _myRenderer.material = gazedAt ? GazedAtMaterial :
InactiveMaterial;
40         }
41     }
42
43     IEnumerator SelectAnswer() {
44         if (!audioSource.isPlaying) {
45             audioSource.Play();
46         }
47         yield return new WaitForSeconds(2);
48
49         if (checkAnswer.activeSelf) {
50             audioSourceR.Play();
51             _myRenderer.material = AnswerRMaterial;
52         } else {
53             audioSourceW.Play();
54             _myRenderer.material = AnswerWMaterial;
55         }
56         isSelected.SetActive(true);
57         Pressed();

```

```
58     }
59
60     private void Pressed()
61     {
62         onPressed.Invoke();
63     }
64 }
```

Listing 11: ObjectSelector.cs

```
1 /// <summary>
2 /// @File : GeneralTwoObjsClose.cs
3 /// @Email : ms.rong.huang@outlook.com
4 /// </summary>
5
6 public class GeneralTwoObjsClose : MonoBehaviour
7 {
8     ...
9
10    void Update()
11    {
12        distance = Vector3.Distance(transformA.position, transformB.
13        position);
14        if (distance < detDistance) {
15            Pressed();
16        }
17
18    private void Pressed()
19    {
20        onPressed.Invoke();
21    }
22 }
```

Listing 12: GeneralTwoObjsClose.cs

Lebenslauf

Angaben zur Person

Name Rong Huang
Email ms.rong.huang@outlook.com
Geburtsdatum 21.05.1995
Geburtsort Anhui, China
Staatsangehörigkeit Chinesisch
Familienstand ledig

Ausbildung und berufliche Tätigkeiten

2019-2021 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Halle
Master Interaktive Medien
2019-2021 Hochschule Anhalt in Köthen
Master Interaktive Medien
2019-2021 Studentische Mitarbeiterin an der Hochschule Anhalt im
Fachb. INS in Köthen
2018-2019 Hochschule Anhalt in Köthen
Master Informationsmanagement
2013-2017 Universität Hefei in China
Bachelor Software Engineering