



Das folgende Werk steht unter der **Creative Commons Lizenz CC BY-NC-SA 4.0**
(Namensnennung – Nicht kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.de>

Didaktisches Konzept zur Realisierung der Laborübung „Herstellung von Mozzarella“ in virtueller Realität

Linnea Pehl & Jessica Krohn
Stand: 31.12.2025



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Inhaltsverzeichnis | 1 |
| 1. Einleitung | 2 |
| 1.1 Bildungsproblem der Lehrveranstaltung | 3 |
| 2. Begriffsdefinitionen..... | 4 |
| 3. Ist-Analyse der Laborübung in Präsenz | 9 |
| 3.1 Organisatorischer Rahmen der Lehrveranstaltung | 10 |
| 3.2 Lehr-Lernziele der Lehrveranstaltung | 11 |
| 3.3 Prüfungsform der Lehrveranstaltung in Präsenz | 12 |
| 3.4 Lehr-Lernmethoden | 13 |
| 3.4.1 Vermittlung..... | 13 |
| 3.4.2 Aktivierung..... | 14 |
| 3.4.3 Betreuung | 15 |
| 4. Didaktisches Konzept | 16 |
| 4.1 Lehr-Lernziele der Laborübung | 17 |
| 4.2 Prüfungsform | 18 |
| 4.3 Lehr-Lernmethoden | 18 |
| 4.3.1 Vermittlung..... | 18 |
| 4.3.2 Aktivierung | 20 |
| 4.3.3 Betreuung | 21 |
| 5. Fazit..... | 22 |
| 6. Literatur | 24 |
| 7. Abbildungsverzeichnis | 26 |
| 8. Anhang..... | 27 |

1. Einleitung

Das folgende didaktische Konzept entstand im Rahmen des Projekts „Interaktive Lehre in virtuellen MINT-Laboren | MINT-VR-Labs“. Das Projekt hatte zum Ziel, die Hochschullehre an der Berliner Hochschule für Technik (BHT) um die Potenziale von Virtual-Reality-basierten Lernumgebungen (engl. *Virtual Reality Learning Environment*, kurz VRLE) zu erweitern und deren Einsatz evidenzbasiert zu evaluieren. Virtual Reality (VR) wird hierbei als computergenerierte Welt verstanden, die von Menschen als Simulation der Realität wahrgenommen wird und möglichst viele Sinnesmodalitäten anspricht, die mithilfe von Eingabegeräten gestaltet und verändert werden (Burdea & Coiffet, 2003). Vom Beginn des Projekts im August 2021 bis Ende Dezember 2025 wurden insgesamt elf interaktive virtuelle Lernumgebungen in verschiedenen Fachbereichen der Hochschule realisiert. Jede dieser Lernumgebungen war als „Open Educational Resource“ (OER) geplant, um ihre Zugänglichkeit auch für andere Hochschulen und Universitäten zu gewährleisten. Das Projekt wurde durch die „Stiftung Innovation in der Hochschullehre“ gefördert. Bei der Konzeption der virtuellen Lernumgebungen stand insbesondere der didaktische Mehrwert im Sinne einer gestaltungsorientierten Mediendidaktik im Mittelpunkt (Kerres, 2018). Das Projekt verfolgte den Anspruch, nur solche Lehrveranstaltungen um virtuelle Lernumgebungen zu ergänzen, bei denen der Einsatz von VR- und AR-Technologien klare Vorteile für die Vermittlung spezifischer Lehr-Lerninhalte bietet.¹

¹ Zu dem Mehrwert, den diese Lernumgebungen bieten können, zählt, dass Lernende in ihren individuellen Lernprozessen unterstützt werden können. Dies kann durch asynchrones Lernen geschehen. Zusätzlich können Lernende Übungen in ihren Vorkenntnissen entsprechend absolvieren. Der Einsatz von virtueller Realität eignet sich besonders für Lernumgebungen, deren didaktisches Ziel die Verbesserung von Motivation, räumlichem Vorstellungsvermögen oder/und die Vermittlung von

1.1 Bildungsproblem der Lehrveranstaltung

Im Sinne einer gestaltungsorientierten Mediendidaktik (Kerres, 2018) erfolgte die Auswahl der um Virtual Reality zu ergänzenden Lehrveranstaltung anhand einer pädagogischen Fragestellung, eines sogenannten Bildungsproblems. Die zentrale Fragestellung, die im Rahmen des MINT-VR-Labs-Projekts im Mittelpunkt stand, lautete:

An welchen Stellen treten innerhalb der Lehrveranstaltung Verständnisprobleme seitens der Studierenden auf, und wie können die Lernenden durch den Einsatz von virtuellen Lernumgebungen hierbei unterstützt werden?

Die erste Laborübung, die im Rahmen des Projekts virtualisiert wurde, ist Teil der Lehrveranstaltung „Biotechnologische Verfahren in der Produktion“ des Bachelor-Studiengangs Biotechnologie. Die virtuelle Lernumgebung trägt den Titel „Herstellung von Mozzarella“ und vermittelt den Studierenden Kenntnisse über die Bedeutung des Einsatzes von Mikroorganismen oder deren Produkten in der Produktion. Sie bietet die Möglichkeit, alle Einzelschritte des Versuchs, die Säure- und die Labfällung sowie die Bestimmung der Calciumionen in Milch und die Produktion von Mozzarella vor Beginn der realen Durchführung zu üben. Ziel ist es, die relevanten Prozessabläufe des Versuchs gut koordiniert parallel und in der richtigen Reihenfolge und deshalb mit dem geringsten Zeitaufwand

prozeduralem Wissen ist (Makransky, 2022). Auch das kollaborative Arbeiten zwischen Studierenden soll mittels virtueller Realität unterstützt werden. Finden Laborübungen in VR oder AR statt, bietet dies die Möglichkeit der ressourcenschonenden Wiederholung und der Simulation von gefährlichen Situationen. Zudem werden Studierende auf vernetzte Arbeitswelten vorbereitet, da sie durch die Verwendung von virtuellen Lernumgebungen mit der Bedienung der VR-Technik vertraut gemacht werden.

durchzuführen. Diese Laborübung wurde als Prototyp ausgewählt, da sich die Anwendung von virtueller Realität u. a. besonders für Lernumgebungen eignet, deren didaktisches Ziel die Vermittlung von prozeduralem Wissen ist, was bei der ausgewählten Laborübung der Fall ist. Prozedurales Wissen beschreibt Handlungswissen also das „Knowing how“ darüber, wie genau Sachwissen angewendet werden soll. Anderson und Krathwohl (2001) definieren prozedurales Wissen als nicht verbalisierbares Handlungswissen. Dies kann sowohl basale Verhaltensweisen wie Aussprache als auch komplexe Routinen und Handlungsmuster umfassen.

Nachfolgend sind Definitionen weiterer relevanter Begriffe aufgeführt.

2. Begriffsdefinitionen

Im Kontext von VR werden zumeist die Begriffe *Immersion* und *Presence* verwendet. Der Begriff der Immersion beschreibt die technischen Voraussetzungen, damit die Sinneseindrücke von Nutzenden möglichst umfassend angesprochen werden und somit eine Illusion der Realität entsteht (Buchner & Aretz, 2020). Slater und Wilbur (1997) beschreiben vier technische Eigenschaften, die für Immersion erforderlich sind. Diese Eigenschaften lauten *Inclusive*, *Extensive*, *Surrounding* und *Vivid*. *Inclusive* beschreibt, dass Sinneseindrücke ausschließlich durch Computer generiert werden und Nutzende von der realen Umwelt somit isoliert werden. Des Weiteren sollen so viele Sinneseindrücke wie möglich angesprochen werden (*Extensive*). Zudem soll die computersimulierte Welt nicht nur auf ein enges Sichtfeld beschränkt sein, sondern die Nutzenden vollständig umgeben (*Surrounding*). Darüber hinaus soll die VR

lebendig dargestellt werden (Vivid). Dies bezieht sich z. B. auf die Auflösung, die Farben und auditive Elemente (Slater & Wilbur, 1997, zitiert nach Buchner & Aretz, 2020, S. 199).

Der Begriff Presence beschreibt hingegen das subjektive Gefühl der Nutzenden, sich in der virtuellen Welt anwesend bzw. präsent zu fühlen und als Konsequenz genau wie unter realen Bedingungen zu handeln (Sanchez-Vives & Slater 2005, zitiert nach Buchner & Aretz, 2020, S. 199). Es kann zwischen drei Dimensionen von Presence unterschieden werden, der *physischen Dimension*, der *sozialen Dimension* und der *self-presence* (Makransky & Petersen, 2021).

Lee (2004) definiert physische presence als einen psychologischen Zustand, in dem virtuelle physische Objekte als reale physische Objekte entweder auf sensorische oder nicht-sensorische² Weise erlebt werden. Bei der sozialen presence werden virtuelle soziale Akteur:innen als reale soziale Akteur:innen auf sensorische oder nicht-sensorische Weise erlebt. Virtuelle Personen werden demnach als reale Personen wahrgenommen. Die Selbstpräsenz kennzeichnet sich dadurch, dass das virtuelle Selbst als das tatsächliche Selbst auf sensorische oder nicht-sensorische Weise erfahren wird.

Bei der Erstellung von VRLEs gilt es, eine mögliche kognitive Überbelastung des Arbeitsgedächtnisses der in der VRLE agierenden Person zu vermeiden. Dieses verfügt über eine begrenzte Kapazität, die als *Cognitive Load* bezeichnet wird und die Art und Menge der Informationen beschreibt, die das Gehirn zu einem bestimmten Zeitpunkt aufnehmen und speichern kann (Müser & Fehling, 2022). Hierbei kann zwischen drei Kategorien von Cognitive Load

² Nicht-sensorisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Wahrnehmung der virtuellen Objekte nicht über die klassischen Sinne (Sehen, Hören, Fühlen usw.) erlebt wird, sondern z. B. über kognitive (mentale Prozesse wie Denken und Vorstellen) oder emotionale Prozesse (Gefühle und emotionale Reaktionen) (Lombard & Ditton, 1997).

unterschieden werden: dem *Intrinsic Cognitive Load*, dem *Extraneous Cognitive Load* und dem *Germane Cognitive Load*. Der *Intrinsic Cognitive Load* beschreibt die Belastung, die aus der immanenten Komplexität oder Schwierigkeit einer Lernaufgabe resultiert. Der *Extraneous Cognitive Load* ist die Belastung, die durch ein ungeeignetes didaktisches Design von Lehr-Lernmaterial hervorgerufen werden kann, indem überflüssige oder ablenkende Informationen eingefügt werden. Der *Germane Cognitive Load* ist die Synthese aus *Intrinsic Cognitive Load* und *Extraneous Cognitive Load* und bezeichnet die „effektive“ kognitive Belastung, bei der Lernende mentale Ressourcen für den tatsächlichen Lernprozess verwenden (ebd.).

Aus der Kognitiven Theorie des multimedialen Lernens (Mayer & Fiorella, 2021) lassen sich Gestaltungsprinzipien ableiten, um VRLEs hinsichtlich der Reduzierung des *Extraneous Cognitive Load* zu gestalten. So sollte dem Kohärenzprinzip folgend auf hedonistische Aktivitäten innerhalb der VR, die nicht der Unterstützung von Lernprozessen dienen, verzichtet werden. Durch die Berücksichtigung des Signalprinzips bei der Gestaltung der Lernumgebung, indem beispielsweise relevante Objekte und Aktionen hervorgehoben werden, können Lernende darin unterstützt werden, ihre Aufmerksamkeit auf die für den Lernprozess relevanten Elemente zu lenken.

Makransky und Petersen (2021) halten in ihrem Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL) *Presence* und *Agency* als Eigenschaften fest, die in immersiver VR-Umgebung zu erfolgreichem Lernen führen.

From: The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): a Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality

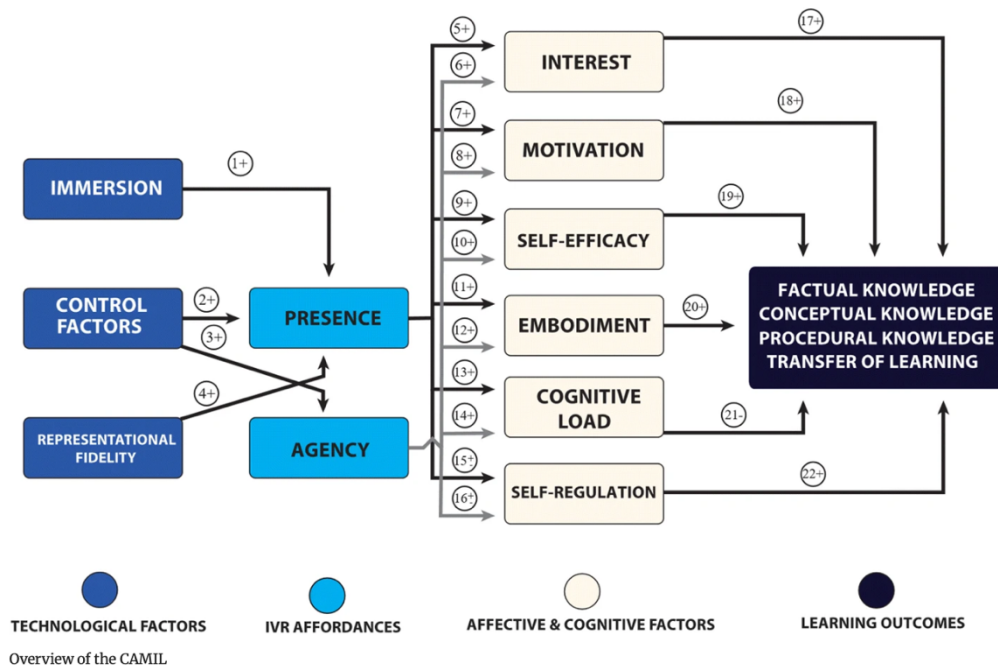


Abbildung 1. The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL), (Makransky & Petersen, 2021, S. 943). Nachdruck mit freundlicher Genehmigung der Autoren.³

Agency definieren sie als Gefühl, das dadurch entsteht, dass Aktionen innerhalb der VR selbst erzeugt und gesteuert werden können. Das CAMIL-Modell beschreibt, wie Presence und Agency aus technologischen Merkmalen resultieren und wie das Lernen durch affektive und kognitive Prozesse beeinflusst wird. Zu den technologischen Merkmalen, die das CAMIL-Modell berücksichtigt, zählen *Immersion*, *Kontrollfaktoren* und die *Repräsentationsgenauigkeit*. Der Begriff Kontrollfaktoren beschreibt, inwieweit in der VR Körperdarstellungen kontrolliert und die Umwelt inklusive ihrer Objekte verändert werden können. Die

³ Dieses Werk steht unter der **Creative Commons Lizenz CC BY-NC-SA 4.0** (Namensnennung – Nicht kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen). **Ausnahme:** Abbildung 1 wurde mit Genehmigung der Autoren (Makransky & Petersen, 2021) verwendet und ist **nicht** Teil dieser offenen Lizenz.

Repräsentationsgenauigkeit bezieht sich auf den Realismus der Darstellung und auf die Konsistenz des Objektverhaltens. Zu den affektiven und kognitiven Faktoren, die berücksichtigt werden, zählen: Das situative Interesse der Lernenden, deren intrinsische Motivation und wahrgenommene Selbstwirksamkeit, ihr Embodiment (bezogen auf die Erfahrung einen virtuellen Körper zu besitzen), ihre kognitive Belastung und ihre Selbstregulierung.

Makransky und Petersen (2021) unterstreichen in ihrem Modell die Bedeutung einer planvollen Nutzung von VR-Anwendungen im Lehr-/Lernkontext. Bei der Gestaltung von VR-basierten Lernumgebungen gilt es, diese so zu gestalten, dass eine realistische Darstellung und ein reibungsloser Blickwechsel gewährleistet sind und ein hohes Maß an unmittelbarer Kontrolle ermöglicht wird. Auch heben sie hervor, wie wichtig es ist, einen potenziellen Cognitive Load bei der Gestaltung der Lernumgebung zu vermeiden.

Dörner et al. (2013) beschreiben vier Interaktionsmöglichkeiten innerhalb von VR-Anwendungen. Zum einen können Nutzende virtuelle Objekte auswählen (*Selektion*) und diese verändern (*Manipulation*). Zum anderen können sie Einfluss auf die *Navigation* innerhalb der VR-Anwendung nehmen, indem sie die eigene Position und die Blickrichtung verändern. Eine weitere Interaktionsmöglichkeit ist die der *Systemsteuerung*, innerhalb derer eine Interaktion mit dem VR-System selbst, wie etwa das Laden einer neuen Welt stattfinden kann.

Schwan und Buder (2006) gruppieren virtuelle Lernwelten entsprechend der in ihnen vorherrschenden lernbezogenen Interaktivität und deren Möglichkeiten der handlungsbezogenen Gestaltung. Dazu zählen Explorationswelten, Trainingswelten, Experimentalwelten und Konstruktionswelten. Innerhalb von

Explorationswelten können Lernende selbstgesteuerte Lernerfahrungen in authentischen Umgebungen sammeln und Parameter wie das Tempo oder den räumlichen Blickpunkt verändern. Trainingswelten rücken die Vermittlung von prozeduralem Wissen und psychomotorischen Fähigkeiten in den Mittelpunkt, besonders dann, wenn reale Trainings zu gefährlich oder mit hohen Kosten verbunden sind. In Experimentalwelten können Lernende physikalische Grenzen überwinden, u. a. innerhalb von Lernszenarien, die in der Realität nicht oder nur schwer möglich sind. Konstruktionswelten ermöglichen Lernenden, die Gestaltung einer (eigenen) virtuellen Umgebung vorzunehmen.

3. Ist-Analyse der Laborübung in Präsenz

Nachfolgend wird die Ist-Analyse der Laborübung „Herstellung von Mozzarella“ beschrieben. Als Grundlage der Analyse dient sowohl das Modulhandbuch des Bachelor-Studiengangs Biotechnologie (Stand Juni 2022) als auch Gespräche mit dem Modulbeauftragten und der Labormitarbeiterin sowie das praktische Absolvieren der Laborübung. Die Ist-Analyse zielt darauf ab, die Rahmenbedingungen und den Ablauf der Laborübung „Herstellung von Mozzarella“ abzubilden und dient als Grundlage für die Erarbeitung des didaktischen Konzepts sowie der Realisierung der Übung in virtueller Realität.

3.1 Organisatorischer Rahmen der Lehrveranstaltung

Die Laborübung „Herstellung von Mozzarella“ stellt einen von sieben Versuchen dar, die Bestandteil des Wahlpflichtmoduls „Biotechnologische Verfahren in der Produktion“ des Bachelor-Studiengangs Biotechnologie sind. In der Regel absolvieren die Studierenden die Lehrveranstaltung im 4. oder 5. Studienplansemester. Die innerhalb des Modulhandbuches vorgesehene Präsenzzeit beträgt für die Studierenden 4 SWS (68 Stunden Präsenz und 82 Stunden Selbststudium). Darüber, wie häufig die Lehrveranstaltung angeboten wird, entscheidet der Fachbeirat des Studiengangs Biotechnologie. Regulär besuchen 22 Studierende die Veranstaltung.

Die Lehrveranstaltung wird sowohl von dem modulbeauftragten Dozenten als auch von der Labormitarbeiterin betreut. Hierbei ist der Dozent verstärkt für die Vermittlung der theoretischen Grundlagen und die Betreuung der Präsentationen verantwortlich und die Labormitarbeiterin für die Betreuung der praktischen Laborübungen. Die Durchführung der Lehrveranstaltung erfolgt innerhalb eines zweiwöchigen Blockformats (Laborpraktikum), in dem die Studierenden gemeinsam mit den Lehrenden ganztägig die sieben Laborübungen erarbeiten. Dabei werden die Laborübungen nicht einzeln nacheinander durchgeführt, sondern werden in einzelne Einheiten aufgeteilt, die teilweise an verschiedenen Tagen erarbeitet werden. Dies ergibt sich aus der für einige Versuche relevanten Wartezeit. Für die Durchführung der Lehrveranstaltung wird sowohl ein Seminarraum als auch ein Laborraum benötigt. Vor Beginn der Blockveranstaltung findet eine Vorbesprechung statt, innerhalb der

die Studierenden in Referatsgruppen eingeteilt werden. Für jeden Versuch ist jeweils eine Gruppe von Studierenden zuständig, die den theoretischen Hintergrund des Versuches erarbeitet und diesen während des Laborpraktikums ihren Kommiliton:innen in Form eines Vortrags vorstellt. Dafür sollen die Lernenden das Skript durcharbeiten und weiterführende Literatur verwenden. Neben dem Vortrag ist auch die Abgabe eines Fließschemas Teil der Prüfungsleistung, in dem sie die einzelnen Ablaufschritte des von ihnen erarbeiteten Versuches vorab festhalten. Vor Beginn des Laborpraktikums müssen alle Studierende dieses erarbeitet haben und einreichen. Während des Laborpraktikums fertigen die Studierenden ein Laborprotokoll an, welches sie am Ende einreichen müssen. Die nachfolgende Abbildung (Abb. 2) gibt einen Überblick über den Ablauf der Lehrveranstaltung.

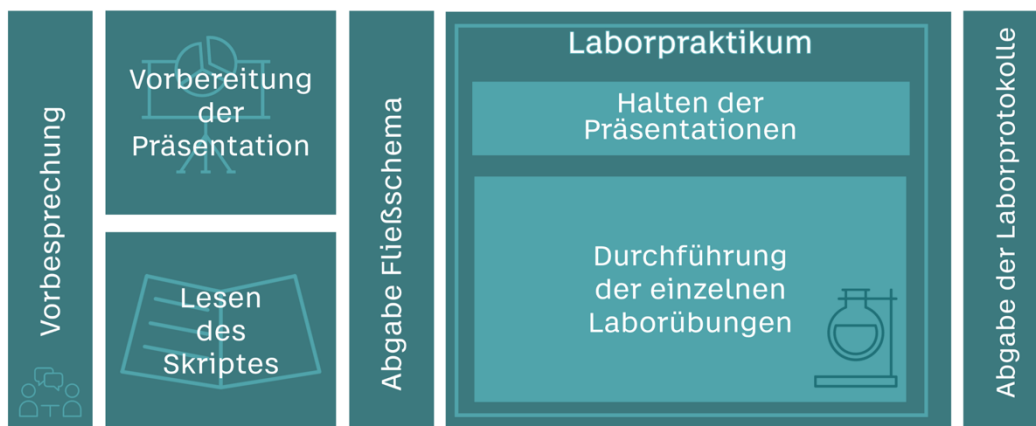


Abbildung 2. Ablauf der Lehrveranstaltung ohne den Einsatz von VR.

3.2 Lehr-Lernziele der Lehrveranstaltung

Nachfolgend werden die kognitiven Lehr-Lernziele (LZ) der Lehrveranstaltung aufgelistet und der Lernzieltaxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001) zugeordnet.

LZ1: Die Studierenden **kennen** die wirtschaftliche Bedeutung des Einsatzes von Mikroorganismen in der Produktion (*Taxonomiestufe 1, Wissen*) und **können** Mikroorganismen in der Produktion **einsetzen** (*Taxonomiestufe 3, Anwendung*).

LZ2: Die Studierenden können den theoretischen Hintergrund von Versuchen selbstständig erarbeiten und benennen (*Taxonomiestufe 2, Verständnis*).

3.3 Prüfungsform der Lehrveranstaltung in Präsenz

Die Prüfungsleistung setzt sich aus drei Leistungen zusammen. Zum einen besteht sie aus der Mitarbeit innerhalb der Veranstaltung. Dies beinhaltet wiederum die Qualität des erstellten Fließschemas und die Mit- und Zusammenarbeit innerhalb des Laborpraktikums. Die Mitarbeit geht mit 20 % in die Gesamtnote ein. Darüber hinaus ist der jeweilige Gruppenvortrag zu 30 % Teil der Gesamtnote. Das individuelle Laborprotokoll (mit einem maximalen Umfang von 50 Seiten) bildet 50 % der Gesamtnote und muss zwei Wochen nach Abschluss der Lehrveranstaltung abgegeben werden. Die nachfolgende Abbildung (Abb. 3) zeigt die Gewichtung der einzelnen Prüfungsleistungen.

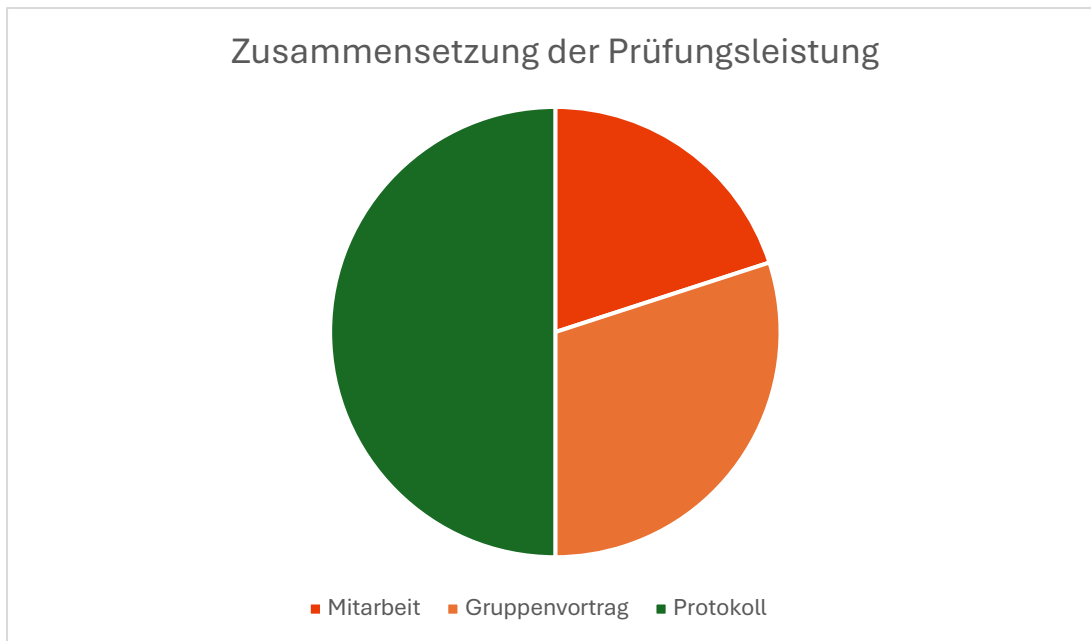


Abbildung 3. Zusammensetzung der Prüfungsleistung der Lehrveranstaltung.

3.4 Lehr-Lernmethoden

Nachfolgend werden die Lehr- und Lernmethoden beschrieben, die im Rahmen der Veranstaltung zum Erwerb der angestrebten Kompetenzen eingesetzt werden.

3.4.1 Vermittlung

Die Lehrveranstaltung „Biotechnologische Verfahren in der Produktion“ findet in synchroner Form im Blockformat in Präsenz statt. Zur Unterstützung der Vermittlung der Lehr-Lerninhalte wird das Learning-Management-System „Moodle“ der Hochschule eingesetzt. Die Studierenden erhalten hier Informationen zum organisatorischen Ablauf und teilen sich selbst in Referatsgruppen ein. Studierende erarbeiten innerhalb der Gruppen die Referatsthemen eigenständig. Für die Vorbereitung der Vorträge steht ihnen Literatur zur Verfügung. Ebenfalls im Kurs befindet sich das Skript zur Lehrveranstaltung, mit dem sich die Lernenden intensiv beschäftigen sollen. Darüber hinaus

sind auf Moodle theoretische Grundlagen aus vorherigen Lehrveranstaltungen eingebettet, welche die Lernenden je nach Bedarf lesen können.

In dieser ersten Phase der Lehrveranstaltung liegt der Fokus auf dem selbstständigen Lernen der Studierenden. Bei Rückfragen können sie sich an die Lehrenden wenden.

Die Studierenden treten im Laufe der Lehrveranstaltung als Expert:innen für ihre jeweilige Laborübung auf. Sie stellen ihren Mitstudierenden gemeinsam mit ihrer Gruppe die theoretische Grundlage in Form eines Vortrags vor und bereiten für die praktische Umsetzung der Übung ein Ablaufschema vor. Dieses strukturiert die Laborübung und hält wichtige Schritte fest. Die Präsentation der jeweiligen Vorträge erfolgt verteilt über die zwei Wochen der Blockveranstaltung an sinnvollen Zeitpunkten. Dies kann direkt vor der praktischen Umsetzung oder auch zur Überbrückung von Wartezeit sein. Die Studierenden sind gemeinsam mit ihrer Gruppe dafür verantwortlich, dass die von ihnen vorbereitete Laborübung von allen Mitstudierenden dem Zeitplan entsprechend durchgeführt werden.

3.4.2 Aktivierung

Durch die Wahl der Methode der Gruppenarbeit wird innerhalb des didaktischen Konzeptes angestrebt, das soziale Lernen innerhalb der Gruppe der Studierenden zu fördern. Dies wird durch die Einbettung eines Forums innerhalb der Kursumgebung auf Moodle noch einmal unterstrichen. Hier können die Lernenden in der Selbstlernphase Fragen stellen, die von Mitstudierenden oder den Lehrpersonen beantwortet werden.

Die Abgabe des von den Lernenden erstellten Fließschemas vor Beginn des Laborpraktikums hat zwei Funktionen. Zum einen ermöglicht es, den Studierenden die im Labor notwendigen Ablaufschritte vorab zu strukturieren und während der Praxisphase einen „Fahrplan“ vorliegen zu haben. Zum anderen bietet es den Lehrenden eine Möglichkeit zu überprüfen, ob die Lernenden den Ablauf des Versuchs in der korrekten Reihenfolge verstanden haben und, falls dies nicht der Fall ist, eine Hilfestellung zu geben.

Die Laborübung „Herstellung von Mozzarella“ hat innerhalb des Laborpraktikums eine besondere Rolle. Da nach einer erfolgreichen Absolvierung des Versuchs Mozzarella hergestellt und gemeinsam verkostet wird, verfügt dies über einen starken haptischen Charakter. Zudem wird die gemeinsame Verkostung des Käses von vielen Studierenden als ein soziales Event wahrgenommen, zu dem teilweise Kräuter oder Tomaten mitgebracht werden.

3.4.3 Betreuung

Die Lehrenden sind während der gesamten Blockveranstaltung anwesend und unterstützen als Lernbegleiter:innen die Lernenden. Die Labormitarbeiterin betreut in erster Linie die Durchführung der praktischen Versuche und bereitet diese vor. Der Dozent hält die Einführungsveranstaltung, betreut das Vorstellen der Gruppenreferate und geht bei Bedarf genauer auf theoretische Grundlagen ein. Während der praktischen Laborübungen halten sich die Lehrenden zurück, damit die jeweilige Studierendengruppe, die für den Versuch verantwortlich ist, Raum hat, ihre Expert:innenrolle einzunehmen und Mitstudierende anleiten zu können. Die Lehrenden halten sich im Hintergrund und schreiten nur ein, wenn Studierende vom geplanten Ablauf eines Versuches abweichen oder es

Unklarheiten oder Fragen gibt. Des Weiteren können die Lernenden die Lehrenden vor und nach der Blockveranstaltung in ihrer Sprechstunde aufsuchen oder Fragen per Moodle oder E-Mail stellen. Innerhalb von Moodle stehen den einzelnen Gruppen Videokonferenzräume zur Verfügung, die sie für einen gemeinsamen Austausch nutzen können.

4. Didaktisches Konzept

Nachfolgend wird das didaktische Konzept zur Realisierung der Laborübung „Herstellung von Mozzarella“ in virtueller Realität beschrieben, das die Anreicherung der Präsenzlehre durch Einsatz einer virtuellen Lernumgebung anstrebt. Dafür wurde exemplarisch der Versuch „Herstellung von Mozzarella“ aus der Lehrveranstaltung „Biotechnologische Verfahren in der Produktion“ in virtueller Realität umgesetzt. Innerhalb der Programmierung der VR-Anwendung „Herstellung von Mozzarella“ wurde versucht, das Präsenzlabor der Berliner Hochschule für Technik, in dem die Studierenden des Studiengangs Biotechnologie die Laborübung absolvieren, vollständig abzubilden. Die dabei gezeigten Instrumente und der räumliche Aufbau wurden hierbei so realitätsnah wie möglich programmiert. Für die Programmierung der virtuellen Lernumgebung wurde die Entwicklungsplattform Unity verwendet. Hieran waren sowohl ein wissenschaftlicher Mitarbeiter der Hochschule, als auch eine externe Firma beteiligt. Als technische Infrastruktur standen Meta Quest Headsets zur Verfügung. Die nachfolgende Abbildung (Abb. 4) vermittelt einen Eindruck der virtuellen Laborumgebung.

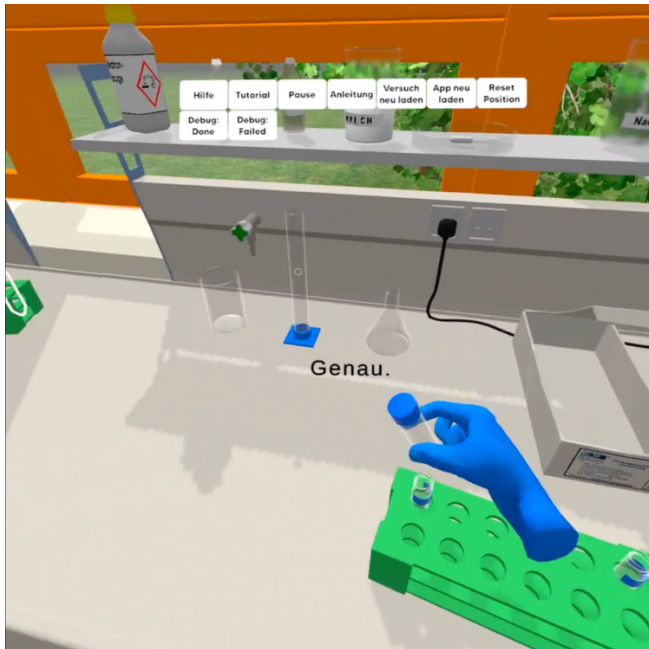


Abbildung 4. Screenshot aus der VR-Anwendung „Herstellung von Mozzarella“.

4.1 Lehr-Lernziele der Laborübung

Nachfolgend werden die Lehr-Lernziele der Laborübung „Herstellung von Mozzarella“ aufgelistet und der Taxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001) zugeordnet. Die Lehr-Lernziele der Laborübung können vermehrt einer hohen Lernstufe zugeordnet werden (maximal Taxonomiestufe 4).

LZ1: Die Studierenden können sowohl die Funktionsweise eines Labenzym als auch einer Säurefällung benennen (Taxonomiestufe 1, *Wissen*) und eine Fällung der Milch eigenständig durchführen (Taxonomiestufe 3, *Anwendung, Präzisierung*).

LZ2: Die Studierenden können das Zusammenspiel von Calciumionen und Milch während einer Fällung benennen (Taxonomiestufe 1, *Wissen*) und eigenständig verschiedene Calciumgehalte nachweisen (Taxonomiestufe 4, *Analysieren, Präzisierung*).

LZ3: Die Studierenden können die für die Laborübung relevanten Prozessabläufe benennen (Taxonomiestufe *Wissen*) und in der richtigen Reihenfolge durchführen (Taxonomiestufe 3, *Anwendung*).

4.2 Prüfungsform

Bei der Realisierung der Laborübung „Herstellung von Mozzarella“ in virtueller Realität gilt dieselbe Prüfungsform, wie bei der Durchführung der Lehrveranstaltung ohne den Einsatz von VR. So setzt sich die Prüfungsleistung auch hier aus den drei Leistungen Mitarbeit, Gruppenvortrag und Laborprotokoll zusammen, die jeweils identisch gewertet werden wie bei der Lehrveranstaltung ohne VR-Einsatz (siehe 3.3).

4.3 Lehr-Lernmethoden

Nachfolgend werden die Lehr- und Lernmethoden beschrieben, die im Rahmen der Veranstaltung zum Erwerb der angestrebten Kompetenzen eingesetzt werden.

4.3.1 Vermittlung

Der Einsatz der VR-Anwendung geschah innerhalb der praktischen Laborübung der Lehrveranstaltung. Das Stattfinden der Einführungsveranstaltung mit der Einteilung der Studierenden in Gruppen blieb unverändert, jedoch wurde die Erarbeitung der Präsentation zur Laborübung „Herstellung von Mozzarella“ im Gegensatz zu den anderen Präsentationen nicht an Studierende vergeben. Die Vorstellung des theoretischen Hintergrundes erfolgte in dem Laborpraktikum seitens des Dozierenden. Auch die

Selbstlernphase der Lernenden, innerhalb derer die Gruppenvorträge vorbereitet und das Skript gelesen wurden, blieb unverändert. Die Verwendung der virtuellen Lernumgebung ersetzte somit in dieser Veranstaltung nicht das Lesen des Skriptes. Auch das Fließschema musste weiterhin vor Beginn der praktischen Phase von den Studierenden eingereicht werden. Die VR-Anwendung wurde unterstützend zur Vermittlung des prozeduralen Wissens hinsichtlich der Abläufe der Laborübung eingesetzt und bot den Lernenden die Möglichkeit, die Säure- und Labfällung sowie eine Calciumbestimmung vor Beginn der realen Durchführung zu üben. Die Einbindung der VR-Anwendung nahm einen Einfluss auf den üblichen Ablauf des Laborpraktikums. In der ersten Woche der praktischen Phase erhielten alle Lernenden eine technische Einführung in die Bedienung der *Head Mounted Displays*, der VR-Brillen. Während des weiteren Verlaufs des Laborpraktikums fand die Durchführung der Versuche und das Halten der Referate unverändert statt, im Vergleich zum didaktischen Konzept ohne VR. Hinsichtlich der Referate gab es einen Unterschied: Das Vorstellen des theoretischen Hintergrundes des Versuches „Herstellung von Mozzarella“ wurde vom Dozierenden übernommen. Im weiteren Verlauf der zweiten Woche des Laborpraktikums führten die Studierenden die Laborübung in Realität durch. Nach Abschluss der Laborübung mussten die Studierenden ihre eigenständig angefertigten Laborprotokolle abgeben. Die nachfolgende Abbildung zeigt den Ablauf der Lehrveranstaltung in der die VR-Anwendung „Herstellung von Mozzarella“ zum Einsatz kommt.

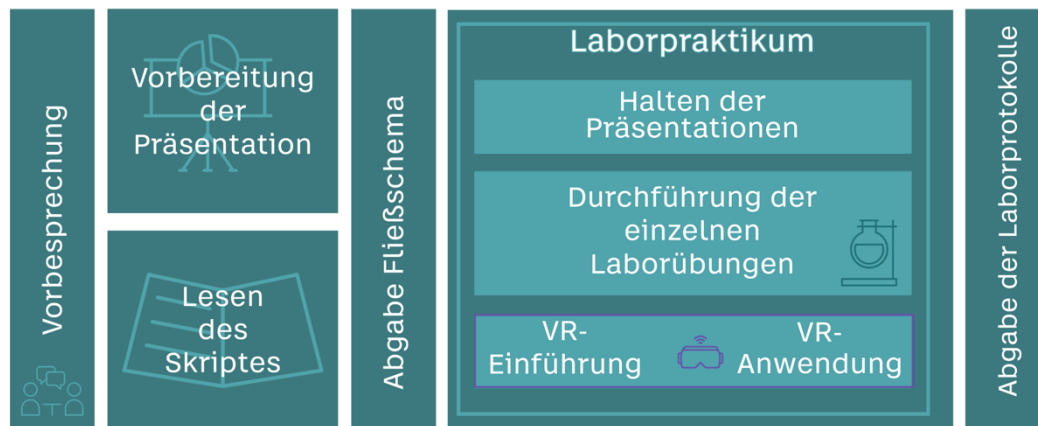


Abbildung 5. Ablauf der Lehrveranstaltung mit dem Einsatz der VR-Anwendung „Herstellung von Mozzarella“.

4.3.2 Aktivierung

Durchlaufen Studierende die VR-Anwendung, findet eine technikorientierte Interaktion zwischen den Nutzenden und dem Medium (VR-Anwendung) statt. Hierbei sind die Aktionen und Reaktionen vorab programmiert worden, die Nutzenden haben jedoch Eingriffs- und Steuerungsmöglichkeiten. Die Lernprozesse der Studierenden sollen dadurch unterstützt werden, dass sie sich eigenständig virtuell im Labor bewegen können. In der VR-Anwendung ist eine Steuerung zum einen durch die Bewegung des Kopfes und der damit verbundenen Bewegung der Brille möglich. Darüber hinaus können sich die Lernenden mithilfe der Controller durch die virtuelle Lernumgebung bewegen. Zusätzlich können sich die Lernenden, falls gewünscht, über die Hilfefunktion Tipps zum weiteren Ablauf der Übung oder auch das Skript in Textform einblenden lassen. Innerhalb der Programmierung der virtuellen Laborumgebung wurde angestrebt, dass eine Interaktion mit möglichst allen Instrumenten im Raum möglich ist. So lassen sich Elemente beispielsweise aufheben und wieder ablegen.

Um die kognitive Belastung seitens der Studierenden möglichst gering zu halten, wurde bei der Gestaltung der virtuellen Lernumgebung versucht, die Gestaltungsempfehlungen des multimedialen Lernens (Mayer & Fiorella, 2021) zu berücksichtigen. Dadurch soll eine übermäßige kognitive Belastung der Studierenden vermieden werden. So wurden Animationen oder Töne, die nicht für das Erlernen der Prozessabläufe wichtig sind, weggelassen (Kohärenzprinzip) und Instrumente, die für das Durchführen der Säure- oder Labfällung oder der Calciumbestimmung relevant sind, an ausgewählten Zeitpunkten farblich hervorgehoben. Dies geschieht dadurch, dass die Instrumente kurzzeitig weiß umrandet werden. Darüber hinaus erhalten die Lernenden auch auditiv Feedback zu ihren durchgeführten Aktionen (Feedbackprinzip).

4.3.3 Betreuung

Bevor die Studierenden die Laborübung virtuell absolvierten, erhielten alle eine technische Einführung in die technischen Grundfunktionen der VR-Brillen. Dafür wurde den Lernenden zunächst in einer „Trockenübung“ die Funktionsweise der Controller und das korrekte Aufsetzen der VR-Brille erklärt. Außerdem wurden die Studierenden hinsichtlich eines potenziellen Auftretens von *motion sickness* aufgeklärt, dem potenziellen Unwohlsein innerhalb der VRLE. Anschließend hatten alle Lernenden die Möglichkeit, sich innerhalb der VR-Anwendung zu bewegen und die verschiedenen Funktionen der Controller auszuprobieren. Die für die technische Einführung vorgesehene Zeit variiert je nach Kohortengröße. Bei einer Gruppengröße von 12 Personen werden 2 Stunden und 8 Brillen (2 als Backup) eingeplant. Je nachdem welcher Typ von VR-Brillen

verwendet wird, sollte vorab sichergestellt werden, dass in dem Raum, in dem die technische Einführung stattfindet, eine stabile WLAN-Verbindung vorhanden ist. Für den in der zweiten Woche des Laborpraktikums erfolgenden Einsatz der VR-Anwendung wurden die Lernenden in Gruppen mit jeweiligen Zeitslots eingeteilt, damit jede:r Lernende ausreichend Zeit zur Verfügung hat, um den virtuellen Versuch bis zum Ende durchzuführen.

5. Fazit

Das didaktische Konzept zur Virtualisierung der Laborübung „Herstellung von Mozzarella“ zeigt exemplarisch, wie durch den gezielten Einsatz immersiver Technologien Lernprozesse in der Hochschullehre unterstützt und erweitert werden können. Die virtuelle Lernumgebung ermöglicht Studierenden, komplexe Abläufe im sicheren Raum zu erproben und prozedurales Wissen aktiv aufzubauen, bevor sie reale Laborerfahrungen sammeln. Damit wird nicht nur die Handlungssicherheit der Lernenden gesteigert, sondern auch deren Motivation und Selbstwirksamkeitserleben gestärkt. Gleichzeitig verdeutlicht das Konzept, dass VR nicht als Ersatz, sondern als didaktisch durchdachte Ergänzung der Präsenzlehre zu verstehen ist. Entscheidend ist eine sorgfältige Einbettung in bestehende Lehrstrukturen sowie die Beachtung kognitiver, affektiver und technischer Faktoren, um Überforderung zu vermeiden und Lernprozesse optimal zu unterstützen. Die Anwendung knüpft damit direkt an das Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL) an, indem sie Immersion, Presence und Agency gezielt zur Förderung nachhaltigen Lernens nutzt. Zukünftig können auf Grundlage dieser Erfahrungen weitere Laborübungen virtualisiert

und das Konzept um interaktive sowie kollaborative Elemente erweitert werden. Damit leistet das Projekt einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung evidenzbasierter, digitaler Lehr-Lernformate und stärkt die Position der Berliner Hochschule für Technik als Vorreiterin im Bereich innovativer MINT-Lehre. Ein wichtiger Schritt zur praktischen Integration dieser Lernformate an der Hochschule ist die Einrichtung einer VR-Zone in der Campusbibliothek. Diese bietet Studierenden und Lehrenden die Möglichkeit, die entwickelten Anwendungen – darunter auch die VR-Laborübung „Herstellung von Mozzarella“ – eigenständig zu erleben und in ihren Lehr- und Lernalltag zu integrieren.

6. Literatur

- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (Hrsg.) (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman.
- Buchner, J. & Aretz, D. (2020). Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons Learned. In K. Rummler, I. Koppel, S. Aßmann, P. Bettinger & K. D. Wolf (Hrsg.), *Zeitschrift MedienPädagogik 17* (Jahrbuch Medienpädagogik), (195–216). Zeitschrift MedienPädagogik, Sektion Medienpädagogik. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X>
- Burdea, G. C. & Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology* (2. Aufl.) John Wiley & Son.
- Dörner, R., Geiger, C., Oppermann, L., Paelke, V. (2013). Interaktionen in Virtuellen Welten. In R. Dörner, W. Broll, P. Grimm & B. Jung (Hrsg.), *Virtual und Augmented Reality (VR / AR)*. eXamen.press. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28903-3_6
- Kerres, M. (2018). *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote* (5. Aufl.). De Gruyter Oldenbourg Verlag.
- Lee, K. M. (2004). Presence, explicated. *Communication Theory*, 14(1), 27–50. http://wiki.commres.org/pds/Project_7eNrf2010_2f_ec_82_ac_ed_9a_8c_ed_95_99_ec_a0_81_ec_a0_91_ea_b7_bc/Presence.pdf.
- Lombard, M. & Ditton, T. B. (1997). At the heart of it all: The concept of presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2). <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x>
- Makransky, G. & Petersen, G. B. (2021). The Cognitive Affective Model

- of Immersive Learning (CAMIL): A Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality. *Educational Psychology Review*, 33(3), 937–958.
<https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Makransky, G. (2022). The Immersion Principle in Multimedia Learning. In R. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 296–303). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.031>
- Mayer, R. E. & Fiorella, L. (Hrsg.). (2021). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3. Aufl.). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781108894333>
- Müser, S. & Fehling, C. D. (2022). AR/VR.nrw – Augmented und Virtual Reality in der Hochschullehre. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 59(1), 122–141.
<https://doi.org/10.1365/s40702-021-00815-y>
- Slater, M. & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6, 603–616.
<https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
- Schwan, S. & Buder, J. (2006). *Virtuelle Realität und E-Learning*.
https://moodle.studiumdigitale.uni-frankfurt.de/moodle/pluginfile.php/659054/mod_resource/content/1/vr.pdf

7. Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1. The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL), (Makransky & Petersen, 2021, S. 943). Nachdruck mit freundlicher Genehmigung der Autoren. | 7 |
| Abbildung 2. Ablauf der Lehrveranstaltung ohne den Einsatz von VR. | 11 |
| Abbildung 3. Zusammensetzung der Prüfungsleistung der Lehrveranstaltung. | 13 |
| Abbildung 4. Screenshot aus der VR-Anwendung „Herstellung von Mozzarella“. | 17 |
| Abbildung 5. Ablauf der Lehrveranstaltung mit dem Einsatz der VR-Anwendung „Herstellung von Mozzarella“. | 20 |

8. Anhang

Danksagungen

Wir danken der „Stiftung Innovation in der Hochschullehre“ für die Finanzierung des Projekts „Interaktiver Unterricht in virtuellen MINT-Labors“ (FBM2020-EA-2650-07710). Wir danken allen aktuellen und ehemaligen Teammitgliedern des Projekts für ihre Fachkompetenz und ihre Unterstützung bei der Entwicklung des didaktischen Designs. Besonders danken wir den beteiligten Lehrkräften, deren fachliche Expertise, didaktische Erfahrung und konstruktive Rückmeldungen maßgeblich zur Ausarbeitung dieses didaktischen Konzepts beigetragen haben. Ihr Engagement und ihre Bereitschaft, innovative Lehransätze zu erproben, haben das Konzept entscheidend bereichert.

Zitationsvorschlag

Pehl, L., & Krohn, J. (2025). *Didaktisches Konzept zur Realisierung der Laborübung „Herstellung von Mozzarella“ in virtueller Realität*. Projekt MINT-VR-Labs, Berliner Hochschule für Technik. Abgerufen am 31.12.2025, verfügbar unter <https://projekt.bht-berlin.de/mint-vr-labs>

Lizenzbedingungen

Dieses Werk steht unter der **Creative Commons Lizenz CC BY-NC-SA 4.0** (Namensnennung – Nicht kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen).

Ausnahme: Abbildung 1 wurde mit Genehmigung der Autoren (Makransky & Petersen, 2021) verwendet und ist **nicht** Teil dieser offenen Lizenz.