



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 Implementierung der virtuellen Lernumgebung „*Extrusion in VR – Grundlagen der Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe*“

Jessica Krohn & Linnea Pehl
Stand: 31.12.2025



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
1. Einleitung	2
1.1 Bildungsproblem der Lehrveranstaltung	4
2. Theoretische Grundlagen für die Gestaltung von VRLEs	8
2.1 Immersion und Presence in VRLEs.....	8
2.2 Kognitive Belastung in VRLEs	10
2.3 Entlastung des Arbeitsgedächtnisses	11
2.4 Presence, Agency und Lernprozesse im CAMIL-Modell.....	12
2.5 Interaktionsmöglichkeiten und virtuelle Lernwelten	15
3. Ist-Analyse der Lehrveranstaltung	17
3.1 Organisatorischer Rahmen	17
3.2 Lehr-Lernziele.....	18
3.3 Prüfungsform.....	19
3.4 Lehr-Lernmethoden	20
3.4.1 Vermittlung.....	20
3.4.2 Aktivierung.....	21
3.4.3 Betreuung	21
4. Didaktisches Konzept	22
4.1 Lehr-Lernziele.....	22
4.2 Prüfungsform	23
4.3 Lehr-Lernmethoden	23
4.3.1 Vermittlung.....	23
4.3.2 Aktivierung	24
4.3.3 Betreuung	26
5. Gestaltung der VRLE	27
6. Evaluation	31
7. Fazit	32
8. Literatur	34
9. Anhang.....	40

1. Einleitung

Das folgende didaktische Konzept¹ entstand im Rahmen des Projektes "Interaktive Lehre in virtuellen MINT-Laboren" (kurz MINT-VR-Labs). Das Projekt zielte darauf ab, die Hochschullehre an der Berliner Hochschule für Technik (BHT) um die Potenziale *Virtual Reality-basierter Lernumgebungen* (engl. *Virtual Reality Learning Environments*, kurz VRLEs) zu erweitern und deren Einsatz evidenzbasiert zu evaluieren. Bis Ende 2025 wurden insgesamt elf VR-basierte Lernumgebungen in verschiedenen Fachbereichen der Hochschule realisiert.

Um die Ziele des Projekts effektiv umzusetzen, war ein klares Verständnis der verwendeten Technologie erforderlich gewesen. Allerdings stellte sich dabei eine grundlegende Herausforderung. So weisen Müser und Fehling (2022) in ihrer Untersuchung darauf hin, dass es in der aktuellen Forschungsliteratur keine einheitliche Definition für den Begriff *Virtual Reality* (VR) gibt. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass dieser Begriff sowohl aus technologischer als auch aus methodischer Sicht analysiert werden kann. Zudem findet VR in unterschiedlichen Bereichen Anwendung, wie etwa in Forschung, Unterhaltung oder Wirtschaft. Je nach Branche variieren auch die Ziele und Erwartungen an diese Technologie.

¹ Für die vorliegende Arbeit kamen die KI-Tools ChatGPT, DeepL Write und perplexity.ai zum Einsatz. Die Hilfsmittel wurden zur Gliederung des zweiten Kapitels, als Rechtschreib- und Grammatikkontrolle sowie in Teilen als Feedback für die eigene Textstruktur genutzt. Zitation siehe Literaturverzeichnis.

Trotz der fehlenden einheitlichen Definition haben einige Forschende versucht, VR präziser zu beschreiben. Blade und Padgett (2015) bieten dabei einen hilfreichen Ansatz und beschreiben VR wie folgt:

„[...] model of reality with which a human can interact, getting information from the model by ordinary human senses such as sight, sound, and touch and/or controlling the model using ordinary human actions such as position and/or motion of body parts and voice“ (Blade & Padgett, S. 33, 2015).

Diese Definition bildet einen Rahmen für das Verständnis der im Projekt eingesetzten Technologie und verdeutlicht die Komplexität und Vielseitigkeit von VR, die das Projekt für verschiedene Fachbereiche der BHT nutzbar machen wollte. Um zusätzlich einen breiten Nutzen zu erzielen, setzte das Projekt auf *Open Educational Resources* (OER), um die VRLEs auch für andere Hochschulen und Universitäten zugänglich zu machen.

Bei der Konzeption von digitalen Lernangeboten wie VRLEs ist es entscheidend, einen klaren didaktischen Mehrwert zu schaffen (Kerres, 2024). Das Projekt hatte daher den Anspruch, nur die Lehrveranstaltungen um VRLEs zu ergänzen, bei denen der Einsatz Vorteile für die Vermittlung bestimmter Lehr-Lerninhalte bietet. Diese Zielsetzung spiegelt sich in den verschiedenen Vorteilen wider, die VR im Lernprozess bietet: VR steigert die Motivation der Lernenden und fördert das räumliche Vorstellungsvermögen sowie die Aneignung von prozeduralem Wissen (Makransky, 2022). Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit zur ressourcenschonenden Wiederholung von Übungen und zur Simulation gefährlicher Situationen (Congès et al. 2020; Hamilton et al. 2021; Kaplan et al. 2021; Li et al. 2017),

insbesondere in Laborumgebungen. Dies ermöglicht es Studierenden, Erfahrungen in sicheren, kontrollierten Umgebungen zu sammeln. Durch die Verwendung von VR werden Studierende zudem mit dem Umgang dieser Technik vertraut gemacht, was sie auf vernetzte Arbeitswelten vorbereitet. Digitale Medien wie VR unterstützen zudem kollaboratives Arbeiten (Bremer, 2017; van der Meer et al. 2023) und ermöglichen sowohl synchrone als auch asynchrone Lernszenarien (Bremer, 2017). Studierende werden damit in ihren individuellen Lernprozessen gefördert, indem sie Übungen entsprechend ihrer Vorkenntnisse und im eigenen Tempo absolvieren können.

1.1 Bildungsproblem der Lehrveranstaltung

Im Sinne einer gestaltungsorientierten Mediendidaktik (Kerres, 2024) erfolgte die Auswahl der Lehrveranstaltung, die um eine VR-Komponente ergänzt werden sollte, auf Basis einer pädagogischen Fragestellung – eines sogenannten Bildungsproblems. Die Fragestellung, die hierbei für das MINT-VR-Labs Projekt 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?“

Im Rahmen des Bachelorstudiengangs Lebensmitteltechnologie besuchen die Studierenden in der Regel im zweiten Semester die Lehrveranstaltung „Grundlagen der Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe“ (VPR). Nach Abschluss der Veranstaltung haben die

Studierenden Kenntnisse zum Verständnis grundlegender funktioneller Eigenschaften pflanzlicher Roh-, Hilfs- und Zusatzstoffe und deren Veränderung bei charakteristischen Prozessen der Lebensmitteltechnologie erlangt. Sie verfügen über Kenntnisse der wichtigsten Verfahren der Lebensmittelbe- und -verarbeitung sowie über die Stoffreaktionen unter Prozessbedingungen. Zudem können sie die Wirkung einzelner Verarbeitungsschritte benennen und Verfahrensvarianten hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und weiterer Faktoren vergleichen. Sie sind auch in der Lage, ausgewählte Verfahren und Messungen im Labor nach Einweisung selbstständig durchzuführen.

Ein wichtiger Bestandteil der Veranstaltung ist eine Übungseinheit zur *Extrusion*, bei der die grundlegenden Verfahren und Einsatzmöglichkeiten der Extrusion in der Lebensmittelverarbeitung behandelt werden. Die Studierenden lernen den *Extrusionsprozess*, insbesondere die *Heißextrusion*, anhand eines kleinen Doppelwellenextruders (s. Abb. 1 & Abb. 2) kennen, der an der Hochschule zur Verfügung steht.

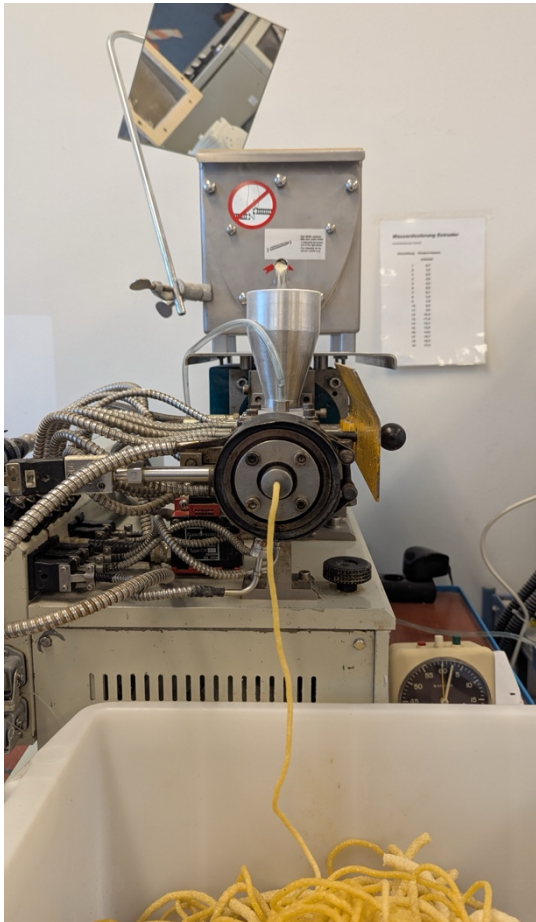


Abbildung 1. Extruder Labor BHT.

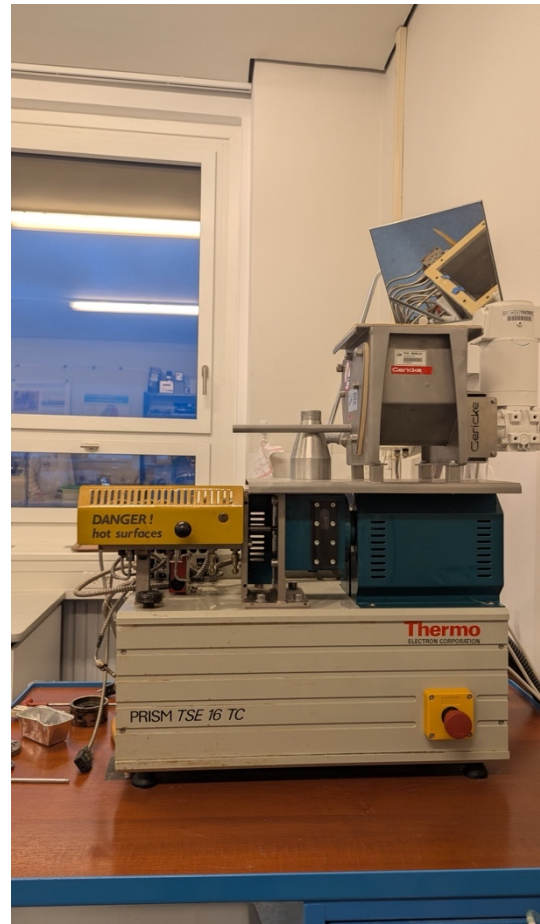


Abbildung 2. Extruder Labor BHT.

Bei der Extrusion (Verheyen et al. 2022) handelt es sich um ein thermisch-mechanisches Verarbeitungsverfahren, mit dem eine Vielzahl von unterschiedlichen Produkten hergestellt werden können. Dabei durchläuft ein zunächst granulares (pulverförmiges) Rohstoffgemisch kontinuierlich die zylinderförmige Reaktionsmaschine. Schnecken fördern und bearbeiten das Rohstoffgemisch, bevor es am Ende als zusammenhängende Masse durch eine Düse gedrückt und ausgeformt wird. Die Heißextrusion ist ein HTST-Prozess (high-temperature short-time) bei Temperaturen von 130 bis 180 °C, der durch thermischen und mechanischen Energieeintrag beeinflusst wird. Faktoren wie Rohstoffzufuhr, Wassergehalt und Schneckendrehzahl bestimmen die Produkteigenschaften. Beim Austritt aus der Düse verdampft

überhitztes Wasser, was das Extrudat aufschäumen und expandieren lässt. Dieses Verfahren wird hauptsächlich zur Herstellung von Frühstückscerealien, Snacks sowie pflanzlichen Proteintexturaten genutzt. Die Heißextrusion gilt als ein sehr flexibles und komplexes Verfahren und wurde daher für die VR-Anwendung ausgewählt (ebd.). Laut der betreuenden Lehrkraft konnte festgestellt werden, dass die Studierenden Schwierigkeiten haben, die theoretisch vermittelten Grundlagen anzuwenden und das Zusammenspiel der Prozess-Parameter in ihrer Auswirkung auf den Prozess und die Eigenschaften des resultierenden Extrudats zu verstehen. In der Lehrveranstaltung werden die Drehzahl, die Temperatur und der Wasserzulauf in einzelnen Stufen variiert. Dabei können nur solche Kombinationen erprobt werden, die grundsätzlich machbar sind. Falsche Einstellungen können zu einer Verklebung der Düse und zum Stillstand der Anlage führen, was im besten Fall eine zeitaufwendige Reinigung erfordert und im schlimmsten Fall zu Schäden am Extruder führt. Der Extruder darf daher während der Übung nur von einem/r Labormitarbeiter/in bedient werden. Aus diesem Grund fehlt den Studierenden praktische Erfahrung. Dies führt zu Desinteresse und unzureichendem Verständnis.

Hier setzt das didaktische Konzept der VRLE an. Die VR-Anwendung ermöglicht es den Studierenden, den Extrusionsversuch selbst durchzuführen, dabei alle möglichen und unmöglichen Parameterkombinationen durchzuprobieren und beliebig oft zu wiederholen sowie das Zusammenspiel der einzelnen Parameter besser nachzuvollziehen. Die VRLE bietet eine spielerische Gelegenheit zum eigenen Ausprobieren und fördert somit Interesse und Verständnis.

2. Theoretische Grundlagen für die Gestaltung von VRLEs

Die aktuelle Forschung beschäftigt sich mit verschiedenen Prinzipien zur Gestaltung von VRLEs. Allerdings fehlen bislang umfassende Meta-Analysen, die eine systematische Einordnung der bisherigen Erkenntnisse ermöglichen. Im Folgenden werden die zentralen Konzepte der Immersion und Presence in VRLEs erläutert sowie Prinzipien und Gestaltungsmöglichkeiten vorgestellt, die zur Reduzierung kognitiver Belastung und zur Förderung effektiver Lernprozesse beitragen.

2.1 Immersion und Presence in VRLEs

Im Kontext von VR beziehen sich die Begriffe Immersion und Presence häufig auf spezifische Aspekte der Nutzer:innenerfahrung (Buchner & Aretz, 2020). Immersion wird dabei als eine technische Grundlage verstanden, die darauf abzielt, die Sinne der Nutzenden intensiv anzusprechen, um eine glaubwürdige Illusion der Realität zu erzeugen (ebd.). Dabei sind vier technische Eigenschaften für Immersion erforderlich (Buchner & Aretz, 2020; Dörner et al. 2019; Slater & Wilbur, 1997):

1. *Inclusive*: Sinneseindrücke sollen ausschließlich durch Computer erschaffen werden, um die reale Umgebung so weit wie möglich zu verdrängen.
2. *Extensive*: Mehrere Sinne, wie Sehen, Hören und Fühlen, werden gleichzeitig angeregt, um ein umfassendes Erlebnis zu schaffen.

3. *Surrounding*: Die VR sollte die nutzende Person vollständig umgeben, sodass diese ein weites und realistisches Sichtfeld hat.
4. *Vivid*: Eine hohe visuelle und akustische Auflösung sorgt für eine detaillierte Darstellung, wodurch die VR lebendig und intensiv wirkt.

Presence bezeichnet das Gefühl der physischen Anwesenheit in einer VR (Slater & Wilbur, 1997; Sanchez-Vives & Slater, 2005). Basierend auf Lee (2004) kann zwischen drei Arten von Presence unterschieden werden: Physische Präsenz (*Physical Presence*), Soziale Präsenz (*Social Presence*) und Selbst-Präsenz (*Self Presence*). Physische Präsenz beschreibt das subjektive Empfinden, tatsächlich in einer virtuellen Umgebung anwesend zu sein und bezieht sich darauf, wie realistisch virtuelle Objekte wahrgenommen werden. Soziale Präsenz bezieht sich auf das Gefühl der Interaktion und Verbindung mit anderen Akteur:innen innerhalb einer virtuellen Umgebung. Diese Art von Presence wird erfüllt, wenn virtuelle soziale Akteur:innen als reale soziale Akteur:innen wahrgenommen werden. Selbst-Präsenz beschreibt das Bewusstsein des eigenen Selbst in einer virtuellen Umgebung. Die virtuelle Darstellung des Individuums wird dabei als das tatsächliche Selbst wahrgenommen (ebd.).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass diese Dimensionen entscheidend für das Verständnis sind, wie Nutzer:innen ihre Erfahrungen in virtuellen Umgebungen wahrnehmen und erleben (Lee, 2004). Die Wahrnehmung dieser Dimensionen ist daher eng mit der kognitiven Belastung verknüpft, die im folgenden Abschnitt behandelt wird.

2.2 Kognitive Belastung in VRLEs

In den 1980er Jahren entstand die Theorie der kognitiven Belastung (Sweller et al. 2019), die sich mit der Informationsverarbeitung im menschlichen Arbeits- und Langzeitgedächtnis beschäftigt. Laut Sweller et al. (2019) werden neue Informationen zunächst im Arbeitsgedächtnis unter einer begrenzten Kapazität verarbeitet, bevor diese im Langzeitgedächtnis gespeichert werden. Dieser Prozess lässt sich unter dem Begriff *Cognitive Load* zusammenfassen (ebd.) und sollte bei der Gestaltung und Nutzung von VRLEs berücksichtigt werden (Müser & Fehling, 2022). Es kann zwischen drei Kategorien der kognitiven Belastung unterschieden werden: *Intrinsic*, *Extraneous* und *Germane Cognitive Load* (Sweller et al. 2019; Müser & Fehling, 2022):

1. Die intrinsische kognitive Belastung (Intrinsic Cognitive Load) hängt von der Komplexität der zu erlernenden Informationen sowie vom Vorwissen der Lernenden ab. Je komplexer das Lernmaterial und je geringer das Vorwissen, desto höher ist die intrinsische kognitive Belastung. Diese Form der kognitiven Belastung kann nur durch eine Veränderung des Lernmaterials oder durch den Aufbau von Vorwissen verändert werden.
2. Die extrinsische kognitive Belastung (Extraneous Cognitive Load) entsteht aus der Präsentation von Informationen (z. B. durch ablenkende visuelle Effekte in VR) oder durch die Gestaltung der Lernaufgabe. Diese Form der kognitiven Belastung kann das Lernen beeinträchtigen, da sie die Aufmerksamkeit vom wesentlichen Inhalt ablenkt und die Verarbeitung wichtiger Informationen beeinträchtigt. Im

Gegensatz zur intrinsischen kognitiven Belastung kann die extrinsische kognitive Belastung durch didaktisch sinnvoll gestaltete Lernmethoden effektiv reduziert werden.

3. Die lernbezogene kognitive Belastung (Germane Cognitive Load) bezieht sich auf die mentalen Ressourcen, die für den Lernprozess verwendet werden. Eine hohe Belastung dieser Art bedeutet, dass mehr Ressourcen effektiv für den Lernprozess zur Verfügung stehen, was zu einer verbesserten Verarbeitung und Speicherung von Informationen führt.

Bei der Konzeption von VRLEs ist es besonders wichtig, die verschiedenen Arten der kognitiven Belastung zu berücksichtigen, um eine Überlastung des Arbeitsgedächtnisses zu vermeiden.

Eine Reduzierung der extrinsischen kognitiven Belastung stellt demnach mehr Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses für die intrinsische kognitive Belastung zur Verfügung, was wiederum die Förderung der lernbezogenen kognitiven Belastung unterstützt (Van Merriënboer & Sweller, 2010).

2.3 Entlastung des Arbeitsgedächtnisses

Um die kognitive Belastung zu reduzieren, können Prinzipien aus der kognitiven Theorie des multimedialen Lernens angewandt werden (Fiorella & Mayer, 2022). So sollten beispielsweise nach dem Kohärenzprinzip hedonistische Aktivitäten, überflüssige dekorative Elemente und Hintergrundgeräusche innerhalb einer VRLE, die nicht der Unterstützung von Lernprozessen dienen, vermieden werden (Fiorella & Mayer, 2022; Zak & Oppl, 2022). Unter Berücksichtigung des Signalprinzips können Lernende durch die Hervorhebung relevanter

Objekte und Aktionen dabei unterstützt werden, ihre Aufmerksamkeit auf die für den Lernprozess wesentlichen Elemente zu lenken (Fiorella & Mayer, 2022).

Durch den gezielten Einsatz dieser Prinzipien können VRLEs so gestaltet werden, dass eine effektive Verarbeitung von Lerninhalten ermöglicht und eine kognitive Überlastung minimiert wird.

2.4 Presence, Agency und Lernprozesse im CAMIL-Modell

Verschiedene Untersuchungen (Radianti et al. 2020; Wu et al. 2020; Zender, 2018) stellen fest, dass es bislang kaum Lehr-/Lerntheorien zum didaktischen Einsatz von VR gibt. Das *Cognitive Affective Model of Immersive Learning* (kurz CAMIL, s. Abb. 3) von Makransky und Petersen (2021) nimmt einen Versuch zur theoretischen Einbettung zum Lernprozess mit VR vor. In ihrem Modell halten die Forschenden Presence und Agency als Voraussetzungen fest, die in einer immersiven 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

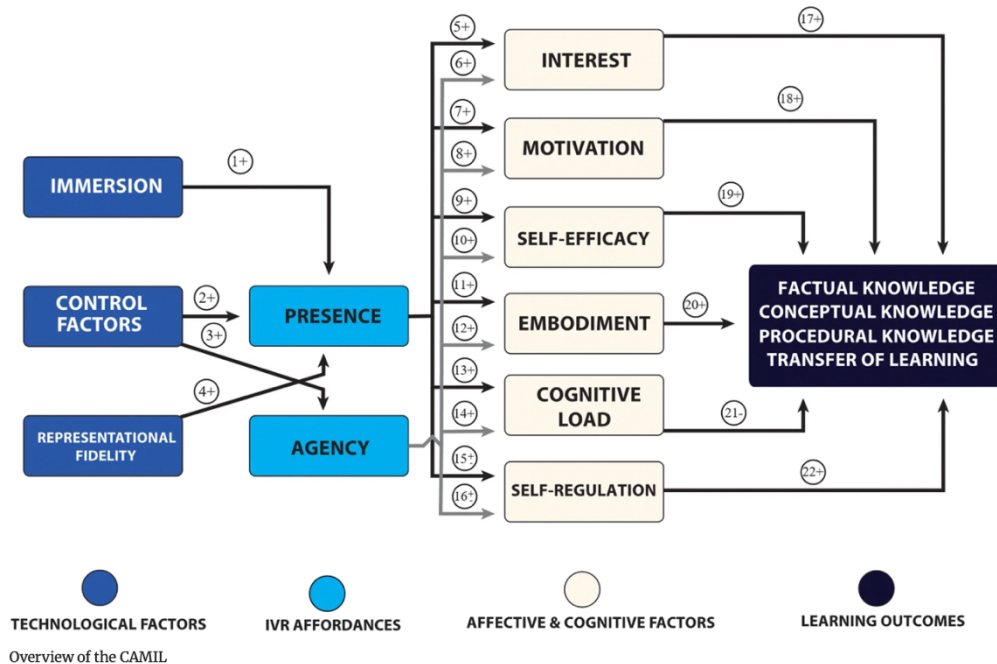


Abbildung 3. The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL), (Makransky & Petersen, 2021, S. 943). Nachdruck mit freundlicher Genehmigung der Autoren.²

Unter dem Begriff Presence verstehen die Autoren ebenfalls das Gefühl der physischen Anwesenheit in einer virtuellen Umgebung, wie bereits in Kapitel 2.1 beschrieben (vgl. Slater & Wilbur, 1997; Sanchez-Vives & Slater, 2005). Makransky und Petersen (2021) ziehen zur Definition von Agency Johnson-Glenberg (2019) heran. Sie definiert Agency als ein Gefühl, welches dadurch entsteht, dass Aktionen innerhalb der VR selbst erzeugt und gesteuert werden können (Wahrnehmung und Erfahrung von Handlungsfähigkeit und Kontrolle). Makransky und Petersen (2021) beschreiben weiterhin, wie Presence und Agency aus technologischen Merkmalen resultieren und wie das

² 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.

Lernen durch affektive und kognitive Prozesse beeinflusst wird. Zu den technologischen Merkmalen, die das CAMIL-Modell berücksichtigt, zählen Immersion (s. Kap. 2.1), Kontrollfaktoren und die Repräsentationsgenauigkeit. Der Begriff Kontrollfaktoren beschreibt laut den Forschenden, inwieweit in einer VR Körperdarstellungen kontrolliert und die Umwelt inklusive ihrer Objekte verändert werden können. Makransky und Petersen (2021) stützen sich zur Definition der Repräsentationsgenauigkeit auf die Arbeit von Dalgarno und Lee (2010). Sie beschreiben, dass sich die Repräsentationsgenauigkeit auf die Qualität und den Realismus der Darstellung in einer VR bezieht.

Zu den affektiven und kognitiven Faktoren, die laut Makransky und Petersen (2021) 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. Diese Faktoren führen schließlich zu faktischem, konzeptionellem und prozeduralem Wissen sowie zum Wissenstransfer.

Makransky und Petersen (2021) unterstreichen in ihrem Modell die Bedeutung einer durchdachten Nutzung von VR-Anwendungen im Lehr-/Lernkontext. Bei der Gestaltung von VRLEs sind daher drei Aspekte zu berücksichtigen, wie die Autoren festhalten: eine authentische Darstellung, einfache Blickwechsel sowie ein hohes Maß an Kontrolle durch die Nutzer:innen. Gleichzeitig ist es wichtig, kognitive Überlastung zu vermeiden. Dabei können didaktische Prinzipien wie das Kohärenzprinzip und das Signalprinzip (s. Kap. 2.3) unterstützen. Immersive virtuelle Welten, geprägt durch Presence und Agency, fördern affektive und kognitive Faktoren wie Interesse,

intrinsische Motivation, Selbstwirksamkeit und Embodiment, was sich positiv auf den Lernprozess auswirkt (Makransky & Petersen, 2021). Das CAMIL-Modell zeigt, wie technologische und didaktische Faktoren zusammenspielen, um effektive Lernprozesse in virtuellen Welten zu ermöglichen.

2.5 Interaktionsmöglichkeiten und virtuelle Lernwelten

Die Gestaltung von VRLEs erfordert weiterhin eine gezielte Berücksichtigung von Interaktionsmöglichkeiten, um eine aktive und intuitive Wechselwirkung zwischen Nutzenden und der virtuellen Umgebung zu gewährleisten (Dörner et al., 2019). Ziel dabei ist es, dass sich Nutzende als aktiv handelnde Akteur:innen wahrnehmen (ebd.). Dörner et al. (2019) beschreiben vier Interaktionsmöglichkeiten innerhalb von VR-Anwendungen. Zum einen können Nutzende virtuelle Objekte auswählen (*Selektion*) und diese über manipulative Eingriffe (*Manipulation*) verändern. Zum anderen können sie Einfluss auf die *Navigation* innerhalb der virtuellen Umgebung nehmen, indem sie sich eigenständig fortbewegen und damit ihre Blickrichtung verändern. Eine weitere Interaktionsmöglichkeit ist die der Systemsteuerung, innerhalb derer eine Interaktion in der virtuellen Umgebung selbst, wie etwa das Wechseln in eine andere virtuelle Umgebung stattfinden kann.

Je nach didaktischer Zielsetzung lassen sich VRLEs unterschiedlich gestalten. Dabei können die eben genannten Interaktionsmöglichkeiten spezifisch angewandt werden, um die aufgestellten Lernziele optimal zu fördern.

Schwan und Buder (2006) unterscheiden in virtuellen Umgebungen je nach Interaktionsform und damit verbundenen Lernzielen Explorations-, Trainings-, Experimental- und Konstruktionswelten. Innerhalb von Explorationswelten können laut der Forschenden Lernende selbstgesteuerte Lernerfahrungen in authentischen Umgebungen (bspw. Kunstaussstellungen oder Museen) sammeln und Parameter wie das Tempo oder den räumlichen Blickpunkt verändern. Trainingswelten rücken die Vermittlung von prozeduralem Wissen und handlungsbezogenen Fertigkeiten 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 dienen der Gestaltung eigener virtueller Umgebungen. Die Autoren halten in ihren Ausführungen fest, dass sich durch die Entwicklung von VRLEs zahlreiche neue Möglichkeiten der Wissensvermittlung eröffnen. VRLEs bieten dabei nicht nur eine realistische Darstellung der physischen Welt, sondern auch den Zugang zu abstrakten oder schwer erreichbaren Informationen. Gleichzeitig stellen sie eine Vielzahl an didaktischen Gestaltungsmöglichkeiten bereit, die an die individuellen Lernbedürfnisse angepasst werden können, beispielsweise in Form von kollaborativen Lernumgebungen.

3. Ist-Analyse der Lehrveranstaltung

Nachfolgend wird die Ist-Analyse der Lehrveranstaltung VPR (Modulnummer B07) des Bachelorstudienganges Lebensmitteltechnologie beschrieben. Als Grundlage der Analyse dient sowohl das Modulhandbuch des Studiengangs (Stand Oktober 2023) als auch Gespräche mit der Modulbeauftragten.

3.1 Organisatorischer Rahmen

Die Lehrveranstaltung findet in sechs Semesterwochenstunden (6 SWS) wöchentlich statt. Davon sind vier SWS als seminaristischer Unterricht (SU) und zwei SWS als Laborübung konzipiert. Der SU und die Übungen finden an unterschiedlichen Tagen in der Woche statt. Die Lehrveranstaltung ist so aufgebaut, dass der SU wöchentlich stattfindet und die Laborübung jeweils vierzehntägig zu einem Doppelblock zusammengefasst ist, sodass mehr Zeit für längere Laborversuche zur Verfügung steht. An der BHT bestehen die Lehreinheiten der Stundenpläne aus Blöcken von jeweils zwei Semesterwochenstunden (1 SWS = 45 Minuten). Der Workload der Lehrveranstaltung umfasst 102 h Präsenzzeit und 48 h Selbststudium. Für die Durchführung des seminaristischen Unterrichts wird ein Seminarraum benötigt und für die Übungen ein Labor.

Bisher besuchten die Studierenden die Veranstaltung in der Regel im dritten Semester. Nach Einführung des neuen Modulkatalogs zum WiSe24/25 rückt die Lehrveranstaltung ins zweite Plansemester vor. Die Veranstaltung wird jedes Semester angeboten und regulär von 15 bis zu 20 Studierenden besucht. Den Lernenden wird empfohlen, zuvor folgende Veranstaltungen besucht zu haben, da die

Lehrveranstaltung inhaltlich hierauf aufbaut:

- B02 Physik für die Lebensmitteltechnologie
- B03 Grundlagen der Verfahrenstechnik 1
- B04 Lebensmitteltechnologische Grundlagen
- B05 Chemie der Lebensmittel
- B06 Allgemeine und Anorganische Chemie
- B08 Mechanische Lebensmittelverfahrenstechnik

3.2 Lehr-Lernziele

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

LZ1: Die Studierenden haben Kenntnisse zum Verständnis grundlegender funktioneller Eigenschaften pflanzlicher Roh-, Hilfs- und Zusatzstoffe und deren Veränderung bei charakteristischen Prozessen der Lebensmitteltechnologie erlangt (Anderson & Krathwohl, 2001, Taxonomiestufe 2, Verstehen).

LZ2: Sie verfügen über Kenntnisse der wichtigsten Verfahren der Lebensmittel Be- und verarbeitung sowie über die Stoffreaktionen unter Prozessbedingungen (mechanische, thermische, chemische und biochemische Verfahren) einschließlich der Haltbarmachung (Taxonomiestufe 2, Verstehen).

LZ3: Sie können die Wirkung einzelner Verarbeitungsschritte benennen (Taxonomiestufe 1, Erinnern; Taxonomiestufe 2, Verstehen)

und Verfahrensvarianten hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und weiterer Faktoren vergleichen (Taxonomiestufe 4, Analysieren). Sie sind in der Lage, ausgewählte Verfahren und Messungen im Labor nach Einweisung selbstständig durchzuführen (Taxonomiestufe 4, Analysieren).

3.3 Prüfungsform

Der Leistungsnachweis der Studierenden erfolgt in zwei Teilleistungen. Die Modulnote wird zum einen durch eine Klausur über die Inhalte des SU ermittelt (120 min). Zum anderen wird das Bestehen der Übung (Bewertung: m.E/o.E.) durch eine mündliche Rücksprache geprüft. Dabei wird pro Person ein Prüfungsthema aus der Gesamtheit der Übungen nach dem Zufallsprinzip ausgewählt. Das Thema ist verbindlich und kann nicht zurückgegeben oder umgetauscht werden. Bei Nichtbestehen wird im zweiten Prüfungszeitraum eine Wiederholungsprüfung über dasselbe Thema durchgeführt. Die Prüfung dauert 25 min und besteht aus einem vorbereiteten 10-minütigen freien Vortrag (ohne mitgebrachte Notizen oder Material) und einer anschließenden 15-minütigen Diskussion.

Die Teilnahme an der Prüfung ist an gewisse Voraussetzungen geknüpft. Dazu zählen die Teilnahme an der Übungseinführung und an allen acht Übungseinheiten inkl. ordnungsgemäße Versuchsdurchführungen, -dokumentation und ggf. Abgabe oder Vortrag der Ergebnisse. Weitere Protokolle sind für die eigenen Unterlagen vorgesehen und werden nicht eingesammelt.

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 gliedert sich in mehrere Phasen. Zunächst führt die Lehrkraft neue Inhalte in Form von Frontalunterricht³ und gemeinsamen Unterrichtsgesprächen ein. Zur Vermittlung der Inhalte nutzt die Lehrkraft überwiegend vorbereitete PowerPoint-Folien und einen Beamer, um die Folien der einzelnen Sitzungen für alle sichtbar einzublenden. Die Folien werden mehr oder weniger vollständig vor oder nach dem Unterricht im Learning Management System *Moodle* zur Verfügung gestellt, dazu ggf. auch weiteres Informationsmaterial. Daneben werden Stoffsammlungen, Erklärungen und Zeichnungen an der Tafel erstellt. Im Rahmen der spezifischen Lerneinheit zum Extruder erhalten die Studierenden kommerzielle Videos von Extruder-Herstellern, um den modularen Aufbau der Extrusionsschnecke und die Veränderung des Materials im Prozess nachvollziehen zu können.

Neben dem Frontalunterricht (im SU) gibt es Phasen (Übungsanteile), in denen die Studierenden in 3er- oder 4er-Gruppen Versuche im Labor durchführen. Die verbindliche Gruppeneinteilung erfolgt zum ersten

³ Frontalunterricht ist eine lehrkraftzentrierte Methode, bei der die Lehrkraft Inhalte vermittelt und die Lernprozesse steuert. Er eignet sich besonders zur Einführung neuer Themen und zur Klärung von Fachfragen, wenn er gut gestaltet und mit anderen Methoden kombiniert wird (Mattes, 2011).

Termin im Semester. Vor den Laborübungen müssen die Studierenden die Labor- und Hygieneordnung in Moodle bestätigen. Bevor die eigentliche Übung beginnt, erhalten die Studierenden eine Einführung in die einzelnen Laborübungen, in der die wesentlichen Grundlagen und das Ziel der jeweiligen Übung kurz erläutert werden. Das Skript zu den Übungen befindet sich vorab in Moodle.

3.4.2 Aktivierung

Die Studierenden werden im SU dazu motiviert, eigene Ideen und Beispiele beizutragen. Dazu zählen z. B. Brainstorming zu Rohstoffen, zu relevanten Eigenschaften für Lösungsmittel, Sammeln möglicher Probleme und/oder Einflussgrößen etc. Hin und wieder gibt es (unverbindliche) Hausaufgaben, z. B. zur Berechnung von Extraktionsausbeuten.

Zusätzlich findet pro Semester eine Exkursion in einen lebensmittelverarbeitenden Betrieb statt, um neben der Laborübung einen Praxisbezug herzustellen und den Lernenden einen Einblick in ein mögliches Berufsfeld zu geben.

3.4.3 Betreuung

Die Lehrveranstaltung wird im Wechsel jeweils von einer Person betreut. Dabei übernehmen die modulbeauftragte Dozentin den SU und ein(e) Labormitarbeiter:in die Betreuung der Laborübungen. Die Dozentin steht bei Fragen sowohl innerhalb der Übung und des SU als auch während einer Sprechstunde zur Verfügung. Darüber hinaus befindet sich innerhalb des Kurses in Moodle ein Forum, in dem die Studierenden Fragen stellen und sich untereinander austauschen können.

4. Didaktisches Konzept

Nachfolgend wird zunächst das didaktische Konzept zur Ergänzung der Lehrveranstaltung VPR um die virtuelle Lernumgebung „Extrusion in VR – Grundlagen der Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe“ beschrieben. Daran anknüpfend erfolgt eine Beschreibung der Gestaltung der virtuellen Lernumgebung unter Berücksichtigung der theoretischen Forschungslage. Diese Lehrveranstaltung wurde ausgewählt, um sie um eine virtuelle Lernumgebung zu ergänzen. Damit wird angestrebt, die Möglichkeiten zur Aktivierung der Lernenden zu erweitern, da eine aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit den Lerninhalten unter Umständen zu kurz kommen kann.

4.1 Lehr-Lernziele

Im Folgenden werden die LZ der virtuellen Lernumgebung anhand der einzelnen Level aufgelistet und der Taxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001) zugeordnet. Die LZ wurden gemeinsam mit der Lehrkraft abgestimmt und neu formuliert.

LZ1: Die Studierenden kennen und verstehen den Einfluss der Verfahrensparameter des Extruders auf den Prozess der Extrusion und auf die Qualität des Endprodukts (Anderson & Krathwohl, 2001, Taxonomiestufe 2, Verstehen).

LZ2: Die Studierenden verstehen, welche Stoffreaktionen während der Extrusion stattfinden und wie sich einzelne Inhaltsstoffe verändern (Taxonomiestufe 2, Verstehen).

LZ3: Die Studierenden können den Extruder selbstständig bedienen, sodass das gewünschte Produkt produziert wird (Taxonomiestufe 3, Anwenden).

4.2 Prüfungsform

Bei der Ergänzung der Lehrveranstaltung VPR um die virtuelle Lernumgebung gilt dieselbe Prüfungsform wie bei der Durchführung der Lehrveranstaltung ohne den Einsatz von VR (s. Kap. 3.3). Es besteht zudem die Möglichkeit, auch über Badges die Leistung der Lernenden darzustellen. Die Badges können durch die Lehrkraft in Moodle im Kurs Digitale Lehre an die Tests angeknüpft werden.

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

Die Lehrveranstaltung folgte weitgehend demselben Ablauf wie die Lehrveranstaltung ohne den Einsatz der VRLE. Die für die Lerneinheit zur Extrusion nötigen theoretischen Grundlagen wurden auch hier durch die Lehrperson zumeist als Präsentationen in Form von Frontalunterricht vermittelt. Für die praktischen Anteile der Lerneinheit zur Extrusion nahm die Einbindung der VRLE einen

Einfluss auf den üblichen Ablauf der Lehrveranstaltung. Der Einsatz der VRLE erfolgte an mehreren Terminen zu Zeiten der Übung mit jeweils einer Teilgruppe der Studierenden. Die Anzahl der Termine richtete sich nach der Kohortengröße der Studierenden, die sich für die Veranstaltung angemeldet hatten, und der zu betreuenden VR-Gruppen. An den Terminen, an denen die VRLE eingesetzt wurde, besuchte die Teilgruppe, die sich gerade nicht in der VRLE befand, wie gewohnt die konventionelle Laborübung. Nachdem die VR-Gruppe die virtuelle Lernumgebung absolviert hatte, wechselten die Gruppen.

4.3.2 Aktivierung

Das Eintauchen in die VRLE regte die Studierenden dazu an, mit der virtuellen Realität zu interagieren, was wiederum das Gefühl von Presence (Lee, 2004; Slater & Wilbur, 1997; Sanchez-Vives & Slater, 2005) erzeugte. Dieses Gefühl bildete den Grundstein für die Aktivierung der Studierenden in der VRLE und den nachfolgend beschriebenen Interaktionsmöglichkeiten. Obwohl die Aktionen und Reaktionen vorprogrammiert sind, bestehen Eingriffs- und Steuerungsmöglichkeiten, die durch Headsets und Controller erfolgen. Diese ermöglichten den Studierenden die Bewegung um den virtuellen Extruder sowie innerhalb der virtuellen Laborumgebung. Zur Hilfestellung bei der Bewegung im virtuellen Raum dienten Tutorials auf Texttafeln, welche die Bedienung der Controller erklärten (s. Abb. 4).



Abbildung 4. Tutorials zum Bedienen der Controller.

Die von Dörner et al. (2019) beschriebenen Interaktionsmöglichkeiten kamen in der vorliegenden VRLE ebenfalls zum Tragen. Den Studierenden wurde die Möglichkeit geboten, relevante Parameter auszuwählen (Selektion), diese zu verändern und deren unmittelbare Auswirkung auf den Extrusionsprozess zu beobachten (Manipulation). Des Weiteren ermöglichte die Steuerung durch Kopfbewegungen und Controller eine eigenständige Navigation durch die VRLE sowie verschiedene Ansichtswechsel (Systemsteuerung). Die genannten Interaktionsmöglichkeiten erlaubten den Studierenden nicht nur die Schulung ihrer motorischen Fähigkeiten, sondern auch die Entwicklung eines tieferen Verständnisses für die komplexen Abläufe des Extrusionsprozesses.

Die aktive Steuerung der Parameter verstärkte das Gefühl der Kontrolle (Agency), welches Makransky und Petersen (2021) als zentralen Faktor für erfolgreiches Lernen in VRLE herausstellen. Durch das eigenständige Experimentieren mit dem Extruder und die unmittelbare Rückmeldung in Form von visuellen oder textuellen Feedbacks (z. B. Pop-up-Fenster bei falschen Eingaben) wurden die

Lernenden motiviert, verschiedene Parametereinstellungen auszuprobieren. Dies unterstützte nicht nur das faktische und prozedurale Wissen, sondern auch die Kompetenz, abstrakte Zusammenhänge praktisch zu erproben.

Ein weiteres Element der Aktivierung war die Möglichkeit des selbstgesteuerten Lernens, wie es z. B. in Explorationswelten möglich ist (Schwan & Buder, 2006). Die Studierenden konnten das Tempo bestimmen, den Extrusionsversuch beliebig oft wiederholen und dabei unterschiedliche Parameterkombinationen testen. Durch diese Form der Kontrolle über den Lernprozess (Pausen-Taste beim Extruder, wiederholbare Versuche) setzten sich die Studierenden aktiv mit dem Extrusionsprozess auseinander. Die Aspekte der Trainingswelt – Vermittlung von prozeduralem Wissen und handlungsbezogenen Fertigkeiten – spielten ebenfalls eine wichtige Rolle. Speziell in diesem Fall, da der Laborextruder nicht selbst von den Studierenden bedient werden darf, bot die VRLE einen sicheren und ressourcenschonenden Ort zum eigenen Erproben ohne Risiko.

4.3.3 Betreuung

Bevor die Studierenden die VR-Anwendung virtuell absolvierten, erhielten sie eine Einführung zu den technischen Grundfunktionen der VR-Brillen. Dafür wurden den Lernenden zunächst die Funktionsweise der Controller und das korrekte Aufsetzen der VR-Brille erklärt. Darüber hinaus wurden die Studierenden hinsichtlich eines potenziellen Auftretens und des Umgangs mit *Motion Sickness* aufgeklärt, dem möglichen Unwohlsein innerhalb der virtuellen Lernumgebung. Anschließend hatten alle Lernenden die Möglichkeit, sich in VR zu bewegen und die verschiedenen Funktionen der Controller auszuprobieren. Die für die technische Einführung

vorgesehene Zeit variierte je nach Kohortengröße. Bei einer Gruppengröße von sechs Personen wurden eine Stunde und acht Brillen eingeplant. Zwei Brillen dienten als Back-up, falls es zu technischen Problemen kommen sollte. Damit die Betreuung der Lernenden, während sie sich in der VR befanden, erleichtert wurde, wurde das Live-Bild der Anwendung auf einen Monitor gestreamt. Für die im Projekt verwendeten VR-Brillen des Typs Meta Quest Pro und Meta Quest 2 sollte vorab sichergestellt werden, dass in dem Raum, in dem die technische Einführung stattfindet, eine stabile WLAN-Verbindung vorhanden ist, da eine Übertragung des Live-Bildes ansonsten nicht möglich ist.

5. Gestaltung der VRLE

In der VRLE haben die Studierenden die Möglichkeit, einen virtuellen Extruder zu bedienen. Sie können die Parameter Drehzahl, Temperatur am Düsenausgang und Wasserdosierung individuell einstellen (s. Abb. 5), um ein geeignetes Extrudat (s. Abb. 6) zu produzieren.

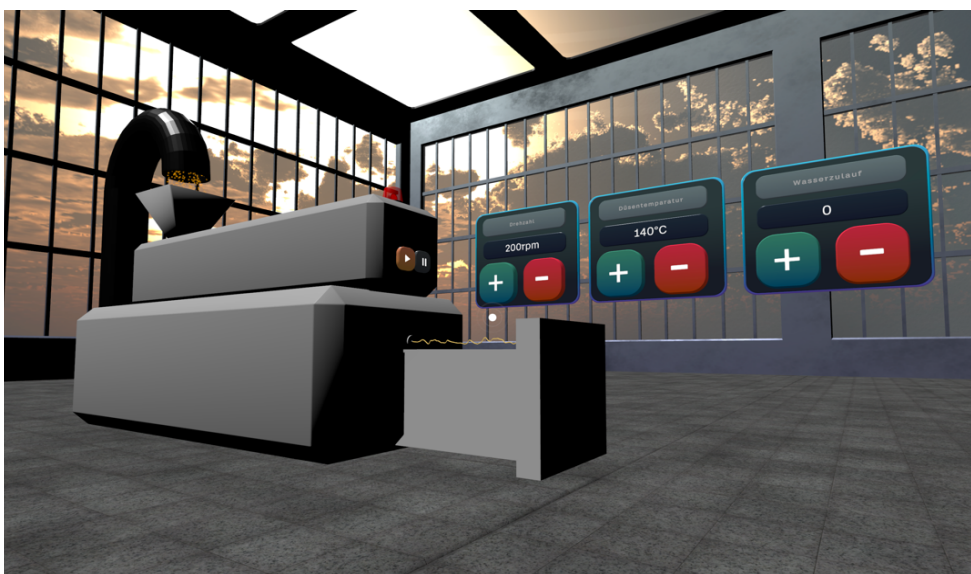


Abbildung 5. Screenshot aus der VR-Anwendung – Virtueller Extruder.

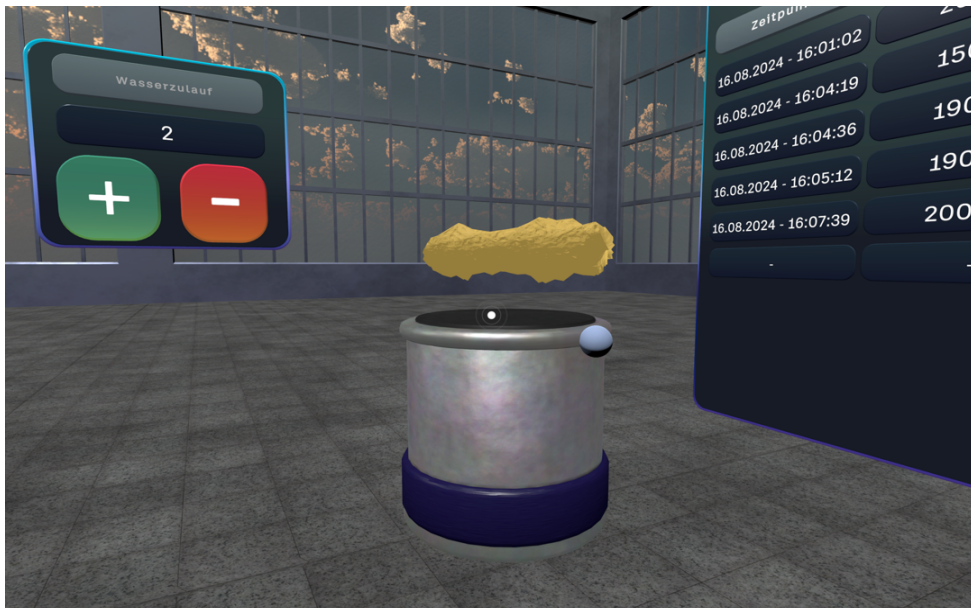


Abbildung 6. Screenshot aus der VR-Anwendung – Abbildung Extrudat.

Die Herausforderung besteht darin, den Extruder so zu bedienen, dass er nicht verblockt. Die Studierenden sollen die Veränderungen im Prozess und in der Extrudatstruktur in Abhängigkeit von den gewählten Parametern beobachten. Ziel ist es, ein möglichst großvolumiges, feinporiges Extrudat herzustellen, das in Dichte und Knusprigkeit an Erdnussflips erinnert. Bei 10 unterschiedlichen Parametereinstellungen sollen Extrudatproben entnommen und der Expansionsindex durch Messung des Extrudat-Durchmessers bestimmt werden. Weiterhin soll eine Bewertung der Produktqualität erfolgen und eine Protokollierung der Ergebnisse. Als Zusatzaufgabe können die Studierenden überlegen, wie die unterschiedlichen Prozessparameter die endgültige Produktstruktur beeinflussen und den Prozessverlauf in das bereitgestellte Zustandsdiagramm eintragen.

Die Gestaltung der VRLE basiert auf den vier technischen Eigenschaften von Immersion (Slater & Wilbur, 1997; s. Kap. 2.1), die eine zentrale Rolle im Lernerlebnis der Studierenden spielen:

1. Inclusive: Die Studierenden können vollständig in die VRLE eintauchen und die reale Umgebung ausblenden.
2. Extensive: Visuelle und auditive Elemente, wie beispielsweise Maschinengeräusche, sprechen mehrere Sinne gleichzeitig an.
3. Vivid: Der Extrusionsprozess wird durch visuelle und akustische Elemente realistisch dargestellt, sodass die Studierenden die Vorgänge detailgetreu nachvollziehen können.
4. Surrounding: Die Studierenden haben die Möglichkeit, den virtuellen Extruder und den Prozess aus verschiedenen Perspektiven zu beobachten, was das Verständnis fördert.

Das Gefühl der Presence (s. Kap. 2.1 & 2.4) wird durch die direkte Interaktion mit dem virtuellen Extruder verstärkt. Die Studierenden können eigenständig die Parameter ändern und sofort die Auswirkungen auf den Prozess beobachten. Diese Interaktivität fördert das Gefühl der Agency, da die Studierenden die Kontrolle über ihre Handlungen in der virtuellen Umgebung haben. Eine Pausenfunktion am Extruder ermöglicht es den Lernenden zudem, das Lerntempo selbst zu bestimmen, was in realen Laboren oft nicht möglich ist.

Die Gestaltung der VR-Anwendung orientiert sich zudem an den Prinzipien zur Reduzierung der kognitiven Belastung (s. Kap. 2.2; 2.3). Um Überlastung zu vermeiden, wurde das Kohärenzprinzip (Mayer & Fiorella, 2022) berücksichtigt. Überflüssige visuelle und auditive Elemente wurden ausgeschlossen, um die Aufmerksamkeit der

Studierenden nicht von den wesentlichen Lernzielen abzulenken. Der virtuelle Extruder ist minimalistisch gestaltet und relevante Informationen werden durch hervorgehobene Pop-up-Tafeln signalisiert (Signalisierungsprinzip). Letzteres unterstützt die Lernenden dabei, ihre kognitiven Ressourcen auf die zentralen Inhalte zu konzentrieren.

Um zusätzlich das Lernen zu unterstützen, sind an den Wänden der VRLE Tafeln angebracht, die Fachbegriffe und Formeln erläutern. Diese Informationen sind besonders hilfreich für Lernende mit weniger (chemischem) Vorwissen, da sie so ihre Kenntnisse erweitern und den Lernprozess besser nachvollziehen können.

Um eine kognitive Überlastung des Arbeitsgedächtnisses zu vermeiden, wurden Aspekte der Theorie der kognitiven Belastung (s. Kap. 2.2) in der Gestaltung der VRLE berücksichtigt. Die Aufgabenstellungen wurden an das Vorwissen der Studierenden angepasst und verständlich formuliert. Ein praktisches Beispiel für die Reduktion des Extraneous Cognitive Load findet sich in der vereinfachten Darstellung der Rohstoffdosierung, die im realen Versuch oft komplex ist. Diese Vereinfachung soll die Studierenden nicht mit unnötigen Details überfordern. Unter Berücksichtigung dessen sollen die Studierenden über genügend mentale Ressourcen für die Bearbeitung der Aufgaben zur Verfügung haben (Germane Cognitive Load).

Die VRLE integriert auch Elemente aus Trainings- und Explorationswelten (s. Kap. 2.5), indem die Studierenden prozedurales Wissen erwerben, wie sie Maschinenparameter zur Optimierung des Extrusionsprozesses einstellen. Dies ist besonders vorteilhaft, da reale Experimente oft kosten- und zeitintensiv sind. In der VRLE können die Studierenden sicher üben und Fehler machen,

ohne reale Konsequenzen fürchten zu müssen. Sie haben die Möglichkeit, den Zustand des Extruders zu überwachen und zu beurteilen, ob dieser blockiert. Dies fördert das Lernen durch Fehler und entspricht dem CAMIL-Modell (Makransky & Petersen, 2021), das die Bedeutung der Kontrolle durch die Lernenden hervorhebt.

6. Evaluation

Die Evaluation war als begleitende (d. h. sie fand während der zu evaluierenden Maßnahme statt) und formative (d. h. aus den Evaluationsergebnissen sollten Ansätze zur Optimierung des Evaluationsgegenstandes abgeleitet werden) Evaluation angelegt (Döring & Bortz, 2016). Dieses Setting hatte den Vorteil, dass die VRLE in ihrem „natürlichen Umfeld“ erprobt wurde und die untersuchte Stichprobe mit der späteren Zielgruppe übereinstimmte. Allerdings brachte es den Nachteil mit sich, dass die Stichprobe sehr klein war. Die Kurse an der BHT sind HAW-typisch klein und zählen maximal 44 Personen. Eine Rekrutierung externer Versuchspersonen war aus mehreren Gründen nicht vorgesehen:

1. Die meisten MINT-VR-Labs-Anwendungen waren fachspezifisch und erforderten entsprechendes Vorwissen, das nur die anvisierte Zielgruppe mitbrachte.
2. Die Anwendungen sollten in ihrem „natürlichen Umfeld“ erprobt werden.
3. Eine finanzielle Entlohnung von Versuchspersonen war im Rahmen des Projekts nicht möglich.

Bei der Evaluation wurden zwei Aspekte genauer untersucht: Wirkungsanalyse und Produktverbesserung. Zur Untersuchung wurden quantitative und qualitative Methoden eingesetzt, abhängig von den personellen Ressourcen und der Größe der Stichprobe.

Die Lehrveranstaltung VPR setzte sich in der Regel aus 15 bis maximal 20 Studierenden zusammen, weshalb die Größe der Stichprobe als gering einzustufen war. Aus diesem Grund wurde eine Minievaluation durchgeführt. Hierfür wurde lediglich ein kurzer Fragebogen eingesetzt, ohne dass eine tiefere qualitative Analyse oder eine Kontrollgruppe zur Verfügung stand. Es handelte sich um eine Wirkungsplausibilisierung, bei der die Studierenden ihren subjektiven Lernerfolg sowie ihre Einschätzungen zu weiteren Erfolgsfaktoren wie der Nützlichkeit der VRLE angaben. Die gewonnenen Daten wurden anschließend für Optimierungszwecke an der VRLE genutzt, um Weiterentwicklungen voranzutreiben.

7. Fazit

Das vorliegende didaktische Konzept zeigte, wie die im Rahmen des Projekts „Interaktive Lehre in virtuellen MINT-Laboren“ (MINT-VR-Labs) entwickelte VRLE „Extrusion in VR – Grundlagen der Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe“ in die Lehrveranstaltung VPR des Bachelorstudiengangs Lebensmitteltechnologie der Berliner Hochschule für Technik integriert wurde. Ziel war es, die Präsenzlehre didaktisch sinnvoll zu ergänzen und den Studierenden eine immersive Lernumgebung bereitzustellen, in der sie komplexe Prozessabläufe erfahrbar machen konnten.

Bei der VRLE handelte es sich um die sechste Anwendung, die gemeinsam mit dem Projektteam und einem externen Partner

entwickelt wurde. Die Lehrveranstaltung eignete sich besonders, da VR Lernenden ermöglicht, in einer sicheren Experimentalumgebung physikalische Grenzen zu überwinden und praxisnahe Erfahrungen zu sammeln, die in realen Laboren nur eingeschränkt oder mit hohem Ressourceneinsatz möglich gewesen wären.

Die VRLE wurde im Sommersemester 2024 erstmals in der Hochschullehre eingesetzt und hinsichtlich ihres Beitrags zum Kompetenzerwerb der Studierenden sowie ihrer Usability evaluiert. Die Ergebnisse lieferten wertvolle Hinweise darauf, wie VR Lernprozesse unterstützen kann und an welchen Stellen Anpassungen notwendig waren.

Mit der Einrichtung der neuen VR-Zone in der Campusbibliothek stehen nun zudem institutionelle Strukturen zur Verfügung, die eine nachhaltige Verankerung von VR-Anwendungen im Studium ermöglichen und den regelmäßigen Einsatz der VRLE unterstützen.

8. Literatur

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman.
- Blade, R. A., & Padgett, M. L (2015). Virtual environments standards and terminology. In K. S Hale & K. M. Stanney (Eds.), *Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications* (2nd ed., pp. 23–35). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b17360>
- Bremer, C. (2017). Einsatz digitaler Medien in der Hochschullehre: Szenarien und Mehrwerte für die Kompetenzentwicklung. In J. Erpenbeck & W. Sauter (Hrsg.), *Handbuch Kompetenzentwicklung im Netz. Bausteine einer neuen Bildungswelt* (S. 307-336). Schäfer-Pöschel.
- 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. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X>
- Congès, A., Evain, A., Benaben, F., Chabiron, O., & Rebiere, S. (2020). Crisis Management Exercises in Virtual Reality. In *IEEE VR 2020 - Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces*, (pp. 87–92). <https://imt-mines-albi.hal.science/hal-02586166v1>
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- DeepL Write (2024). DeepL Write (Gratisversion). <https://www.deepl.com/de/write>

- Döring, N., & Bortz, J. (2016). Evaluationsforschung. In N. Döring & J. Bortz, *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Auflg., S. 975–1036). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5_18
- Dörner, R., Broll, W., Jung, B., Grimm, P., & Göbel, M. (2019). Einführung in Virtual und Augmented Reality. In R. Dörner, W. Broll, P. Grimm, & B. Jung (Hrsg.), *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (2. Aufl., S. 1–42). Wiesbaden: Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1>
- Dörner, R., Geiger, C., Opperman, L., Paelke, V., & Beckhaus, S. (2019). Interaktionen in virtuellen Welten. In R. Dörner, W. Broll, P. Grimm, & B. Jung (Hrsg.), *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (2. Aufl., S. 219–265). Wiesbaden: Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1>
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2022). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: Coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles. In R. E. Mayer, & L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (3rd ed., pp. 185–198). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.013>
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computer Education*, 8, 1–32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>

- Johnson-Glenberg, M. C. (2019). The Necessary Nine: Design Principles for Embodied VR and Active STEM Education. In P. Diaz, A. Ioannou, K. K. Bhagat, & J. M. Spector (Eds.), *Learning in a Digital World: Perspective on Interactive Technologies for Formal and Informal Education* (pp. 83-112). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-981-13-8265-9_5
- Kaplan, A. D., Cruit, J., Endsley, M., Beers, S. M., Sawyer, B. D., & Hancock, P. A. (2021). The Effects of Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality as Training Enhancement Methods: A Meta-Analysis. *Human Factors*, 63(4), 706–726. <https://doi.org/10.1177/0018720820904229>
- Kerres, M. (2024). Mediendidaktik. *Lernen in der digitalen Welt* (6. Aufl.). De Gruyter Oldenbourg.
<https://doi.org/10.1515/9783110456837>
- Lee, K. M. (2004). Presence, explicated. *Communication Theory*, 14(1), 27–50. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2885.2004.tb00302.x>
- Li, L., Yu, F., Shi, D., Shi., J., Tian, Z., Yang, J., Wang, X., & Jiang, Q. (2017). Application of virtual reality technology in clinical medicine. *American Journal of Translation Research*, 9(9), 3867–3880.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28979666/>
- 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 (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3rd ed., pp. 296–303). Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/9781108894333>

Mattes, W. (2011). *Methoden für den Unterricht. Kompakte Übersichten für Lehrende und Lernende.*

<https://archive.org/details/wolfgang-mattes-methoden-fur-den-unterricht-kompakte-ubersichten-fur-lehrende-un>

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>

Open AI. (2024). ChatGPT Version 4o & 4o-mini. <https://chatgpt.com>

perplexity.ai (2024). Version Claude 3.5, GPT-4o & Sonar (Gratisversion). <https://www.perplexity.ai>

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>

Sanchez-Vives, M., & Slater, M. (2005). From presence to consciousness through virtual reality. *Nature Review Neuroscience*, 6, 332–339. <https://doi.org/10.1038/nrn1651>

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, 24. März). *Virtuelle Realität und E-Learning*. Abgerufen am 1. November 2024, von <https://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/vr/vr.pdf>

Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive

- architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- van der Meer, N., van der Werf, V., Brinkman, W. P., & Specht, M. (2023). Virtual reality and collaborative learning: a systematic literature review. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1159905>
- Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2010). Cognitive load theory in health professional education: Design principles and strategies. *Medical Education*, 44(1), 85–93. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03498.x>
- Verheyen, C., Jorkowski, J., & Martin, A. (2022). *Extrusion - Traditionelles Strukturierungs- und Texturierungsverfahren für die Lebensmittelproduktion der Zukunft. DLG-Expertenwissen*, 2/2022 (1. Aufl.). DLG e.V. Fachzentrum Lebensmittel. <https://www.dlg.org/mediacenter/alle-publikationen/dlg-expertenwissen/lebensmitteltechnologie/dlg-expertenwissen-02-2022-extrusion>
- Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1991–2005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>
- Zak, K., & Oppl, S. (2022). Der Einsatz von Virtual-Reality-Lernszenarien für Softskills-Trainings. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 59(1), 142–158. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00784-2>
- Zender, R., Weise, M., Heyde, M., Söbke, H., & Schiffner, D. (2018). Lehren und Lernen mit VR und AR – Was wird erwartet? Was funktioniert? In D. Schiffner (Hrsg.), *Proceedings der Pre-*

Conference-Workshops der 16. E-Learning Fachtagung Informatik (Vol. 2250). CEUR-WS. https://ceur-ws.org/Vol-2250/WS_VRAR_paper5.pdf

9. 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

Krohn, J. & Pehl, L. (2025). Didaktisches Konzept zur Implementierung der virtuellen Lernumgebung „*Extrusion in VR – Grundlagen der Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe*“. 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.