
Entwicklung einer interdisziplinär und fachspezifisch anpassbaren Virtual-Reality-Lernumgebung für die Hochschullehre

Anita Susann Krüger, anita.krueger@uni-potsdam.de
Institut für Informatik und Computational Science, Universität Potsdam

1 Motivation und Einleitung

Durch die Bologna-Reformen hat sich der Studienablauf wie auch der Universitätsalltag merklich verändert. Eines ist jedoch gleich geblieben: die Kritik daran, dass ein Studium an der Universität zu praxisfern sei. Als Masterstudentin habe ich mittlerweile doch schon einiges an Universitätserfahrung im Gepäck und kann sagen, dass jene Kritik leider nicht unbegründet ist, da die Vermittlung von praktischem Wissen in Vorbereitung auf den späteren Beruf an vielen Stellen tatsächlich deutlich zu kurz gerät. Wirft man auf der anderen Seite allerdings einen genaueren Blick auf die Logistik von Lehrveranstaltungen, so wird schnell klar, dass es in vielen Kursen – insbesondere in Grundlagenkursen – alleine aufgrund der teils beachtlichen Teilnehmerzahlen auch undenkbar wäre, beispielsweise wissenschaftliche Versuche praktisch durchführen zu lassen, da die vorhandenen Kapazitäten der jeweiligen Einrichtungen, seien es die Räumlichkeiten, die benötigten Materialien, oder eine adäquate Anzahl an verfügbaren Lehrenden zur Anleitung und Betreuung, in den wenigsten Fällen hierfür ausgelegt sind oder sein könnten.

Dass ein höherer Praxisanteil auch im Universitätsstudium sinnvoll und in einigen Bereichen sogar wünschenswert wäre, zeigt sich jedoch bereits besonders innerhalb der ersten Fachsemester von Bachelorstudiengängen. Hier steht nicht selten zunächst eine ganze Reihe von Grundlagemodulen auf dem Studienplan, die auf den ersten Blick für die Studierenden weder tiefgreifende Bezüge zueinander, noch deren konkrete Inhalte eine deutlich erkennbare praktische Anwendbarkeit hinsichtlich des späteren Arbeitsfeldes aufweisen. Als unmittelbare Folge sinkt das Interesse der Studierenden an den Kursinhalten und das erforderliche Wissen wird zuweilen ohne tiefgehendes Verständnis nur noch für Prüfungen auswendig gelernt. Ein Problem, das spätestens dann, wenn auf jenes Grundlagenwissen aufgebaut wird, zum Tragen kommt. Eine praktische Begleitung zu den einzelnen Lerneinheiten von Studienbeginn an würde somit nicht nur helfen, die vermittelten Lerninhalte zu veranschaulichen und auf diese Weise für die Studierenden verständlicher aufzubereiten, sondern es ließen sich darüber hinaus auch die thematischen

Bezüge untereinander besser herstellen und deutlicher herausarbeiten. Da neben den erwähnten Kapazitäten häufig aber auch die Zeit für das praktische Arbeiten fehlt, da allein zur Vermittlung des theoretischen Lernstoffs nicht selten das Kontingent an verfügbaren Semesterwochenstunden bereits ausgeschöpft wird, fällt es oft schwer, Defizite beim Praxisanteil auszugleichen.

Um nun eine für die Hochschullehre praktikable Verbindung zwischen der zu vermittelnden Theorie und ihrer praktischen Anwendung zu schaffen, habe ich an der Universität Potsdam im vergangenen Wintersemester im Rahmen des Seminars *Entwicklung von VR-Lehr-/Lernanwendungen* unter Verwendung der Spieleentwicklungssoftware *Unity* die ersten beiden Moduleinheiten für eine Virtual-Reality-Lernumgebung entwickelt, welche auf der einen Seite von Lehrpersonen nicht nur studienfachspezifisch gestaltet, sondern auch themenübergreifend angepasst und inhaltlich erweitert werden kann, und auf der anderen Seite Studierenden den theoretischen Lernstoff auf interaktive und *begreifbare* Art und Weise beispielsweise mithilfe von Experimenten innerhalb diverser realitäts- und praxisnaher Szenarien praktisch vermittelt.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit möchte ich nun meine entwickelte interaktive Lehr- und Lernanwendung möglichst umfassend und nachvollziehbar dokumentieren. Dazu werde ich zunächst innerhalb des nachfolgenden zweiten Kapitels das grundlegende Konzept des Lernraums vorstellen, sowie eine Einführung in die vorgesehene Handhabung und Bedienung der für Lehrende als noch anpassbares *Unity*-Projekt bereitgestellten Anwendung geben. Um neben diesen theoretischen Betrachtungen auch einen Einblick in die praktische Anwendung zu erhalten, sollen im dritten Kapitel schlussendlich die beiden bereits vorhandenen virtuellen Moduleinheiten im Rahmen eines beispielhaften Spieldurchlaufs in ihren Funktionalitäten sowie in ihren Funktionsweisen als Lehr- und Lernumgebung eingehender beleuchtet werden. Da nicht nur die entwickelte Anwendung in ihrer bisherigen Ausführung um weitere Moduleinheiten ergänzt, sondern insbesondere auch noch die eine oder andere Frage geklärt werden sollte, bevor eine derartige Virtual-Reality-Lernumgebung tatsächlich an Hochschulen von Lehrenden und Studierenden genutzt werden kann, werde ich diese am Ende der Arbeit noch einmal kurz umreißen.

2 Vom Unity-Projekt zur fachspezifischen Lernumgebung

Um nun nicht nur das zugrundeliegende Konzept möglichst nachvollziehbar beschreiben, sondern auch detailliertere Einblicke in die Handhabung und Bedienung der Anwendung für Lehrende, sowie einen generellen Überblick über die geplanten Darreichungsformen geben zu können, soll den folgenden Erläuterungen zunächst eine schematische Darstellung, beginnend beim vorliegenden *Unity*-Projekt bis hin zu einer fertigen Lernumgebung, vorangestellt werden.

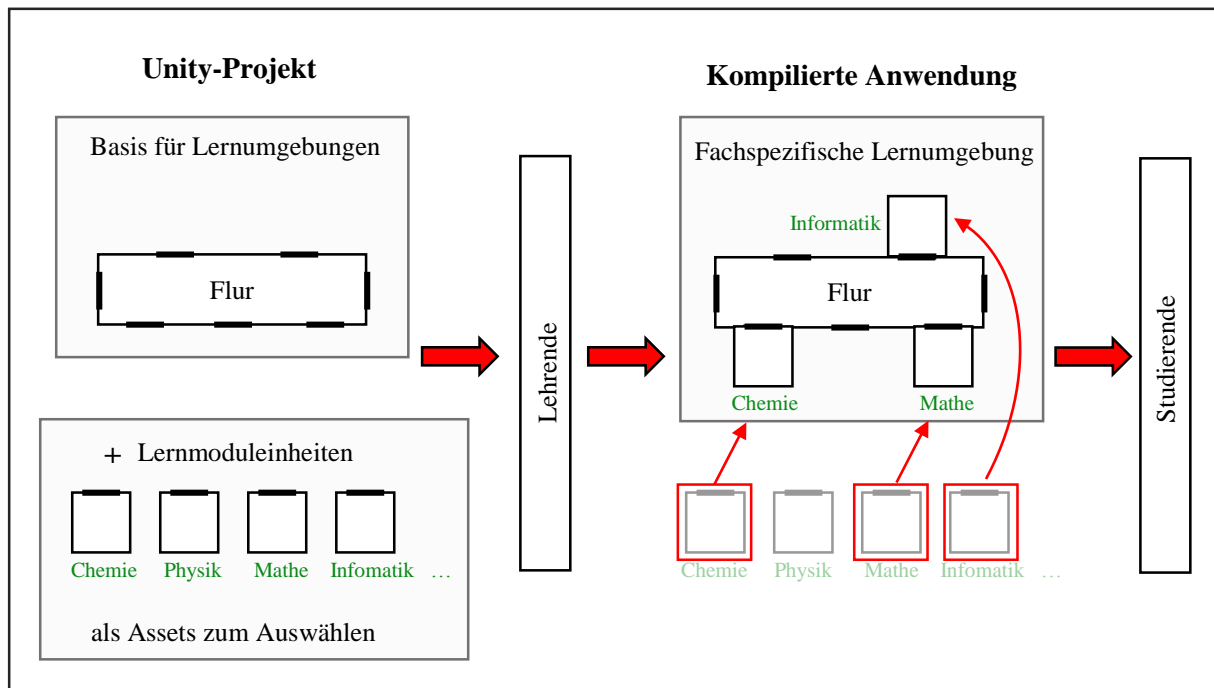


Abbildung 1. Schematische Darstellung des der Anwendung zugrundeliegenden Konzepts.

Das in Abbildung 1 auf der linken Seite dargestellte *Unity*-Projekt wurde von mir im Rahmen des Seminars *Entwicklung von VR-Lehr-/Lernanwendungen mittels Unity* entwickelt und bildet die Grundlage für die Erstellung studienfachspezifischer und themenübergreifender Lernumgebungen durch Lehrende. Das Projekt selbst lässt sich nach einer Installation der Spieleentwicklungssoftware *Unity* hierin öffnen und beinhaltet zunächst in ihrer Standardszene einen dreidimensionalen Flur. Dieser Flur ist die Basis für jede zusammenzustellende Lernumgebung.

Innerhalb des *Unity*-Projekts werden nun als sogenannte Assets weitere Lernmoduleinheiten in Form von dreidimensionalen Räumen, wie etwa Laborräume, zur Auswahl angeboten. In der aktuell bereitgestellten Version ist an dieser Stelle bisher zwar lediglich ein virtuelles Chemielabor als auswählbare Moduleinheit verfügbar, jedoch soll jene vorhandene Auswahl im späteren Entwicklungsverlauf der Anwendung noch um weitere Lernmodule erweitert werden. So ließen sich beispielsweise die Assets um einen Informatikraum, in welchem Studierende auf interaktive und praxisbezogene Weise Computerhardware erforschen, Programmcodes erstellen oder in die Rolle eines Compilers schlüpfen können, aber auch um Biologieräume, geografische Landschaften, Sprachlabore, Verhandlungsräume, Sporthallen usw. dynamisch ergänzen.

Nachdem eine Lehrperson das *Unity*-Projekt erhalten hat, kann diese nun entsprechend ihrer Lehrzwecke eine fachspezifische und themen- beziehungsweise modulübergreifende Lernumgebung für die Studierenden erstellen, indem die hierfür benötigten Assets der Lernmoduleinheiten in die Standardszene des Flurs mit eingefügt werden, wobei der Flur momentan über ins-

gesamt sieben abgehende Türen verfügt. Zwei der sieben Türen fungieren als Ausgänge, über die der Anwender später die Lernumgebung realitätsnah beenden kann, sodass bis zu fünf Lernräume dem Flur hinzugefügt werden können. Bei Bedarf ließe sich die Anzahl der verfügbaren, vom Flur abgehenden und zu Lernräumen führenden Türen später jedoch auch noch anpassen.

Generell enthält jede der verfügbaren Lernmoduleinheiten bereits eine bestimmte Anzahl an Funktionalitäten. Um die Lernumgebung jedoch dynamisch zu halten und eine individuelle Erweiterung der einzelnen Einheiten zu ermöglichen, besitzen die einzelnen Lernräume mehrere optionale Funktionalitäten, die bei Bedarf aktiviert oder mit eigenen Inhalten versehen werden können. Im nachfolgenden Kapitel soll dies auf anschauliche Weise anhand des bereits als erste verfügbare Moduleinheit im *Unity*-Projekt enthaltenen Chemielabors veranschaulicht werden.

Nachdem die Lehrperson eine Lernumgebung entsprechend seiner Intensionen und Vorstellungen wie beschrieben gestaltete hat, kann sie diese über wenige Schritte in *Unity* kompilieren und erhält somit eine Anwendung, die an die Studierenden weitergereicht werden kann.

3 Lernen und Lehren in einer virtuellen Umgebung

Nachdem im Rahmen des vorangegangenen Abschnitts die zur praktischen Nutzung der entwickelten Anwendung notwendigen theoretischen Grundlagen geschaffen wurden, sollen nun im Folgenden auf anschauliche Art und Weise anhand eines beispielhaften Spieldurchlaufs sowohl die genaue Funktionsweise der beiden bereits vorhandenen Moduleinheiten *Flur* und *Chemielabor* eingehender beleuchtet als auch die der Implementierung zugrundeliegenden konzeptuellen Entscheidungen näher beschrieben und diskutiert werden.

3.1 Start der Lernumgebung: Der virtuelle Flur

Sobald die Anwendung gestartet wird, findet sich der Nutzer zunächst im bereits mehrfach erwähnten Flur mit seinen sieben abgehenden Türen wieder. Bei näherer Betrachtung zeigt sich, dass jede dieser Türen entweder mit einem Schild links neben dem Türrahmen, welches zur Orientierung Informationen zum Raum und dessen Funktion bereithält, oder aber mit einem über dem Türrahmen positionierten Exit-Schild versehen wurde. Zusammen mit den Möglichkeiten des Spielers, sich durch den Flur zu teleportieren sowie Türen, deren Griffe bei einer Controllerberührung farblich hervorgehoben werden, zu nutzen und somit entweder im Falle einer Exit-Tür die Lernumgebung zu verlassen oder aber hinsichtlich der übrigen Türen in die jeweils dahinter gelegenen Räume einzutreten, bildet der Flur für den Nutzer eine Art interaktives Spielmenü, über welches sich der Spielverlauf realitätsnah sowie leicht bedienbar steuern lässt.

Sowohl das Verlassen des Spiels über die Exit-Türen als auch das Betreten von Laborräumen wird innerhalb des Spiels, jeweils der entsprechenden Funktion angepasst, über selbstprogrammierte C#-Skripte gesteuert, welche wiederum den Griffen der verschiedenen Türen zugeordnet wurden. Berührt der Spieler nun mit einem seiner beiden Controller einen jener skriptunterlegten Türgriffe, so wird dieser zunächst mit einer Highlight-Color visuell hervorgehoben, um dem Spieler in Anbetracht der sich ebenfalls in der Szene befindlichen, jedoch bisher noch nicht verwendbaren Gegenstände und Raumobjekte, dessen Nutzbarkeit zu symbolisieren. Folgt auf eine Berührung des Griffes nun auch eine Betätigung des griffberührenden Controllers, so wird entweder das Spiel beendet oder aber der Spieler in den dahinter gelegenen Raum an eine Position teleportiert, die im der Funktionalität des Griffes zugrundeliegenden Skript definiert wird.

Obwohl ein derartig durchgeführter plötzlicher Positionswechsel beim Anwender bisweilen eine Motion Sickness hervorrufen kann, wurde bisher von einer Umsetzung realitätsnah zu öffnender Türen abgesehen, da das Hauptaugenmerk zunächst vor allem auf der Implementierung authentisch durchführbarer chemischer Versuche zur Unterstützung sowie Förderung von Lernprozessen lag und der bei einer Verwendung eines indirekten Teleports zu erwartende Präsenzverlust vergleichsweise gering ausfällt. Im Rahmen späterer Evaluationen lässt sich dieses Systemverhalten jedoch noch einmal anwendernah analysieren und gegebenenfalls optimieren.

3.2 Im virtuellen Chemielabor

Nach dem erfolgreichen Betätigen des Türgriffes und dem darauffolgenden indirekten Teleport in den bisher noch einzigen für den Anwender zugänglichen Laborraum findet sich dieser darin zunächst an einer unmittelbar auf der anderen Türseite festgesetzten Zielposition wieder. Durch die Wahl jener türnahen Position wurde versucht, den vom Teleport möglicherweise verursachten Verlust von Präsenz abzumildern und ein realistischeres Betreten des Raums zu simulieren.

Von dieser Position ausgehend kann der Spieler nun entweder über eine erneute Betätigung des Griffes jener Tür, durch die er das Labor betreten hat, an seine im Flur gelegene Ausgangsposition zurückgelangen, mittels Teleport den Laborraum erkunden oder aber am Versuchstisch das in Abschnitt 3.3 noch eingehender betrachtete chemische Experiment durchführen.

Allgemein betrachtet wurde das virtuelle Chemielabor in erster Linie funktional eingerichtet, das heißt, alle darin befindlichen Einrichtungsgegenstände und Objekte dienen dem Zweck, nicht nur ein authentisches, realitätsnahes Szenario für den Anwender zu schaffen, sondern auch die Bereitstellung eines breiteren Spektrums an eingebetteten interaktiven Anwendungen zu ermöglichen. Da die aktuell vorliegende Implementierungsversion dem Anwender momentan le-

diglich die Durchführung eines einzigen chemischen Experiments erlaubt, beschränkt sich das im Szenario verfügbare interaktive Anwendungsspektrum bisher jedoch nur auf diese eine Anwendung und dementsprechend weisen auch nur wenige Raumobjekte Interaktionsmöglichkeiten auf. Die meisten der vorhandenen Gegenstände und Objekte besitzen allerdings bereits das Potenzial für eine Erweiterung der aktuellen Szenerie um weitere interaktive Teilanwendungen, welche zusammengenommen die Lernprozesse des Anwenders als Ganzes auf unterschiedliche und sich gegenseitig ergänzende Art und Weise unterstützen, fördern sowie optimieren können.

Schaut sich der Spieler so beispielsweise von seiner Teleportzielposition zunächst im Raum um, findet er zu seiner Linken einen mit Glastüren versehenen Schrank, in welchem gut sichtbar Bücher, Flaschen sowie Glasbehälter untergebracht wurden. In einer späteren Erweiterung des Spiels könnte dieser Schrank zum einen mit seinen bereits vorhandenen Fächern weiteren Stauraum für im Labor benötigte und nutzbare Gerätschaften oder Substanzen bereitstellen und zum anderen ebenfalls eine Ergänzung um eine interaktive Nutzbarkeit der enthaltenen Bücher, welche sich eventuell sogar multimedial etwa über die Einblendung kurzer Texte oder einer audigestützten Wiedergabe von Inhalten realisieren ließe, zum Nachschlagen wichtiger chemischer Formeln oder Merksätze ermöglichen. Hieran ansetzend könnte auf eine ähnliche Art und Weise auch das an der angrenzenden Wand angebrachte Periodensystem der Elemente für den Spieler in einer überarbeiteten Softwareversion nutzbar gemacht werden. So ließen sich die einzelnen Elemente zum Beispiel mit kurzen Lernvideos hinterlegen, die nach Auswahl des entsprechenden Elements mittels Controller abgespielt werden und dem Nutzer dessen grundlegendste physikalische und chemische Eigenschaften beziehungsweise Besonderheiten vermitteln.

Ebenfalls Raum für die Entwicklung weiterer Teilanwendungen bietet die unmittelbar neben dem oben beschriebenen Schrank platzierte Mülltonne. So ist die umweltschonende sowie fachgerechte Entsorgung von Chemikalien ein grundlegendes Thema in der chemisch-technischen Ausbildung. Über die Mülltonne ließe sich dieses Wissen nun beispielsweise in einem Teilspiel, wie einem kleinen Memory, welches bei der Auswahl der Tonne mit einem der beiden Controller im Raum vor dem Anwender erscheint und bei welchem dieser Paare aus den dargestellten Substanzen und ihrer entsprechenden Entsorgung bilden muss, anschaulich vermitteln.

Doch nicht nur die korrekte Entsorgung von Substanzen nach der Durchführung von Experimenten ist im Laboralltag ein relevantes Thema, sondern auch die Reinigung der verwendeten Gerätschaften. Zu diesem Zweck könnten die in der Szene eingebundenen Spülbecken ebenfalls um eine geeignete Teillernanwendung ergänzt, sowie dabei unter anderem auch die bereits vorhandenen Wasserhähne animiert werden, was darüber hinaus dem Anwender bei der Durchführung von Experimenten eine realitätsnahe Entnahme von Leitungswasser ermöglichen würde.

Auf der den Spülbecken sowie dem Periodensystem gegenüberliegenden Seite des Raumes verfügt das Chemielabor zum einen über eine zweite Tür und zum anderen über ein Regal mit einer darüber angebrachten Kreidetafel. Die zweite Tür weist in der aktuellen Spielversion zwar noch keine hinterlegte Funktionalität wie etwa ein Verlassen des Raums oder des Spiels auf, jedoch suggeriert sie dem Anwender bereits jetzt ein in Laborräumen aus sicherheitstechnischer Sicht erforderliches Vorhandensein eines zweiten Fluchtwegs und schafft somit bei diesem erneut eine stärkere Präsenz. In einer Folgeversion der Anwendung lässt sich über diese Tür ein Übergang zu einem weiteren Laborraum erschaffen, welcher den im Flur bereits vorhandenen Türen folgend ebenfalls von dort aus für den Anwender erreichbar sein wird. Neben jener zweiten Tür ließe sich auch die an derselben Wand angebrachte Kreidetafel für den Anwender um Funktionen erweitern. So könnte dieser die Möglichkeit erhalten, unter Nutzung der auf dem sich unter der Tafel befindlichen Regals bereitgestellten Kreidestücke hierauf chemische Gleichungen zu notieren sowie diese mithilfe des bereits vorhandenen Schwamms auch wieder zu entfernen.

Mit Ausnahme der Eingangstür zum Laborraum bildet das Regal, welches die gesamte Breite der dieser Tür gegenüberliegenden Seite einnimmt, die Grundlage für alle bisher im Raum möglichen Interaktionen, denn hierin befinden sich neben vielen weiteren, momentan jedoch noch nicht nutzbaren Objekten, all jene Gerätschaften sowie Chemikalien, die zur Durchführung des ersten und im folgenden Abschnitt näher beschriebenen Versuchs verwendet werden können. Generell ließen sich jedoch auch hier noch weitere sinnvolle Ergänzungen vornehmen, wie etwa die Bereitstellung weiterführender und vertiefender Experimente hinsichtlich relevanter aktueller Forschungsarbeiten, deren praktische Betrachtungen im Rahmen vieler Kurse meist nicht vorgesehen sind, und deren komplexere Sachverhalte Studierenden auf diese Weise auf selbst-erlebbare, *begreifbare*, anschauliche und praxisbezogene Art vermittelt werden könnten.

3.3 Durchführung des ersten Experiments

Sobald sich der Anwender per Teleport an den Versuchstisch begibt, ist er in der Lage die sich hierauf befindliche Anleitung bezüglich des ersten durchzuführenden chemischen Experiments zu lesen. Bei diesem Experiment handelt es sich um eine einfache Neutralisationsreaktion einer Säure durch Hinzufügen einer Base, für welche insgesamt zwei Bechergläser, etwas Salzsäure, etwas Natriumhydroxid sowie etwas Lackmuslösung als chemischer Indikator benötigt werden. Sowohl die beiden Bechergläser als auch die geforderten Chemikalien findet der Nutzer im hinter dem Versuchstisch zur vereinfachten Interaktion mit den darin vorhandenen Materialien positionierten Regal. Damit sich zudem die für das jeweils durchzuführende Experiment erforder-

lichen Gerätschaften und Substanzen möglichst schnell und korrekt im Regal identifizieren lassen, wurden zum einen die relevantesten Fächer des Regals mit entsprechenden Schildern versehen und zum anderen die einzelnen Chemikalienbehälter gut lesbar beschriftet.

Bewegt der Anwender nun seine Controller über die Regalfächer und den darin enthaltenen Gerätschaften und Chemikalien hinweg, so werden auch hier in Anbetracht des Vorhandenseins bisher nicht nutzbarer Objekte zur einfacheren und übersichtlicheren Bedienbarkeit all jene Objekte mit einer Highlight-Color hervorgehoben, die für den aktuellen Versuchsaufbau nötig sind und somit auch verwendet werden können. Auf Seiten der chemischen Substanzen sind dies bezogen auf den mittleren Regalteil im oberen Regal der Kanister Salzsäure, im darunterliegenden Regal der Kanister Natriumhydroxid, sowie im unteren Regal der kleinere Kanister Lackmuslösung. Jeden dieser Kanister kann der Anwender durch Betätigung des jeweils berührenden Controllers greifen sowie an einem anderen Ort, etwa auf dem Versuchstisch, wieder absetzen.

Auch wenn das mittlere Regalfach des linken Regalteils weitaus mehr als nur die geforderten zwei Bechergläser beinhaltet und die Versuchsanleitung darüber hinaus keinerlei Angaben zu den zu verwendenden Mengen bereithält, welche die Auswahlmöglichkeiten einschränken würden, lassen sich vom Anwender momentan jedoch nur zwei definierte Bechergläser auswählen. Diese eingeschränkte Auswahl liegt in den für den Versuchsablauf entwickelten und benötigten C#-Skripten begründet, welche bereits vor dem Beginn des Experiments den jeweiligen Gläsern zugewiesen werden mussten. Um an dieser Stelle dem Nutzer etwas mehr Freiraum zu schaffen, wurde für beide Bechergläser jedoch in der Grundform das gleiche Skript verwendet und dieses lediglich über das Setzen der entsprechenden Instanzvariablen für jedes Glas individualisiert.

Wählt der Spieler nun die beiden skripthinterlegten und mittels Highlight-Color bei Controllerberührung hervorgehobenen Bechergläser aus, stellt sie auf dem Versuchstisch ab und gibt der Versuchsanleitung folgend in eines der Bechergläser Salzsäure und in das andere Natriumhydroxid, indem er die jeweilige Substanz an das von ihm dafür vorgesehene Glas soweit heranhöhrt, bis sich beide Behälter berühren, so erscheinen in den Gläsern die eingegossenen Flüssigkeiten. Gibt der Anwender in einem Folgeschritt nun auf die gleiche Weise den Inhalten beider Bechergläser Lackmuslösung hinzu, verfärbt sich die eingefüllte Säure den Indikatoreigenschaften entsprechend rot-orange sowie die eingefüllte Base dunkelblau. Auf dieser Grundlage lässt sich schließlich die Neutralisationsreaktion durchführen, indem der Säure schrittweise die Base zugeführt wird, bis die Farbe vom anfänglichen rot-orange in ein rosa umschlägt.

Ähnlich wie das Einfüllen der Chemikalien, basiert auch der zu beobachtende Farbumschlag auf einer in den Skripten der Bechergläser implementierten Identifikation von Berührungen mit

anderen Gegenständen oder Objekten, wobei dieser Prozess jedoch wesentlich von einer vorangegangenen korrekten Befüllung jener zwei Gläser abhängt. Dadurch, dass dem Anwender zur Schaffung von Realitätsnähe wie bereits oben erwähnt eine individuelle Zuordnung der Bechergläser und den darin einzufüllenden Substanzen ermöglicht wurde und somit beide Gläser über identische C#-Skripte verfügen müssen, wird beim Füllprozess jedes Glas zunächst unabhängig vom jeweils anderen Glas betrachtet und lediglich über entsprechende initial gesetzte Variablen der jeweilige Glasinhalt registriert. Auf diese Weise erlaubt das Spiel ebenfalls ein fehlerhaftes Befüllen der beiden Gläser beispielsweise mit derselben Flüssigkeit, was dem Anwender jedoch auch in der Realität passieren könnte und somit das virtuelle Szenario mit seinen Möglichkeiten und Funktionalitäten schlussendlich im Gesamten erneut an Glaubhaftigkeit gewinnt.

Berühren sich nun beim intendierten Zusammenführen der Inhalte die beiden Bechergläser, so wird zunächst mittels der hinterlegten C#-Skripte der jeweilige Glasinhalt überprüft und nur, wenn sich in einem der Gläser Salzsäure sowie in dem anderen Glas Natriumhydroxid befindet, folgt auf die Berührung das virtuelle Eingießen, wobei erneut versucht wurde, eine reale Umgebung zu schaffen, indem sich die Mengen der in den beiden Bechergläsern enthaltenen Flüssigkeiten auf der einen Seite entsprechend verändern¹. Auf der anderen Seite wird bereits am Anfang der Skripte eine Zufallszahl zwischen eins und drei generiert, welche die für den späteren Farbumschlag erforderliche Anzahl an gegenseitigen Berührungen beider Gläser festsetzt. Erst, wenn der Nutzer der Zufallszahl entsprechend ein- bis dreimal der Säure Base hinzugefügt hat, erfolgt der zu erwartende Farbumschlag, wodurch der Spielablauf nicht nur dynamisch gehalten wird, sondern auch der Anwender gezwungen ist, den Versuch wie in der Realität aktiv zu verfolgen und auf seine Beobachtungen aufbauend zu handeln, was letztendlich den durch die Entwicklung der VR-Anwendung beabsichtigten Lerneffekt nicht unerheblich steigern kann.

Sobald der Spieler das vorliegende Experiment durch Erzielen eines Farbumschlags erfolgreich abgeschlossen hat, kann er das Labor wie bereits weiter oben beschrieben verlassen, sowie das gesamte Spiel über das Auswählen einer Exit-Tür beenden, da das Szenario bisher über keine weiteren durchführbaren Experimente beziehungsweise interaktiven Teilanwendungen verfügt. Zudem besteht in der aktuellen Softwareversion momentan noch keine Möglichkeit, eine fehlerhafte Versuchsdurchführung durch andere Interaktionen zu korrigieren oder den Versuch zu wiederholen, ohne dass ein Verlassen und Neustarten des gesamten Spiels erforderlich wird. In späteren Entwicklungsstufen soll zusammen mit der Bereitstellung weiterer Experimente jedoch auch ein Wiederholen von Versuchen ermöglicht werden, indem beispielsweise auf dem

¹ Bei der Lackmuslösung wurde hierauf verzichtet, da Indikatoren im Allgemeinen nur in geringen Mengen zugefügt werden

Versuchstisch ein Tablett bereitgestellt wird, auf welches der Anwender alle genutzten Substanzen und Gerätschaften, sei es mit fehlerhaftem Inhalt oder nach Beendigung des aktuellen Experiments, abstellen kann und diese nach Betätigung des Tablett mit einem der beiden Controller in ihre Ausgangskonfigurationen sowie an ihre Ausgangspositionen zurückgesetzt werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Wie die vorangegangenen Abschnitte gezeigt haben, bildet die momentan vorliegende Version der entwickelten VR-Software zwar bereits eine realitätsnahe Lernumgebung, jedoch lässt diese an vielen Stellen ebenfalls noch eine Vielzahl an Ergänzungs- und Erweiterungsmöglichkeiten zu, wodurch die Anwendung im Gesamten das Potenzial besitzt, zu einem vielfältigen und multimedial gestützten Lernraum ausgebaut zu werden. Neben jenen Ausbaumöglichkeiten, wie sie bereits innerhalb der einzelnen Abschnitte, etwa im Zusammenhang mit dem Aufbau des Flurbereichs oder der Laborraumgestaltung, präsentiert wurden, offenbart die detaillierte Dokumentation zusätzlich jedoch einerseits noch die eine oder andere Schwäche im entwickelten System, wie das nur über den Neustart des Spiels zu erreichende Wiederholen von Versuchen. Andererseits wird auch hier an vielen Stellen klar, dass, bevor eine derartige Virtual-Reality-Lernumgebung tatsächlich an Hochschulen von Lehrenden und Studierenden genutzt werden kann, noch die eine oder andere Frage geklärt werden muss. So zeigt das zweite Kapitel deutlich, dass vor allem bei Lehrenden trotz der überschaubaren Anzahl von Arbeitsschritten – sofern die zusammenzustellende Anwendung nicht noch um weitere eigene Inhalte ergänzt werden soll – bereits ein bestimmtes Maß an Erfahrungen im Umgang mit der verwendeten Spieleentwicklungssoftware *Unity* erforderlich ist. Hier stellt sich somit die Frage, inwieweit Lehrpersonen bereit sind, sich hierfür die entsprechenden Fertigkeiten anzueignen, wobei zur Beantwortung nicht nur das zur Verfügung stehende Zeitkontingent, sondern auch die Bereitschaft, neue Technologien in die Lehre einzubringen berücksichtigt werden müssen. Auf der anderen Seite stehen momentan nur den wenigsten Studierenden die erforderlichen VR-Hardwarekomponenten zur Verfügung, sodass sich auch hieraus die wesentliche Frage ergibt, wie virtuelle Lehre in Hochschulen praktikabel werden kann. Schlussendlich würde eine Evaluation des vorgestellten Anwendungskonzeptes bereits erste Hinweise darauf geben können, wo sowohl Lehrende als auch Studierende Probleme in der Nutzung von VR-Lernumgebungen sehen beziehungsweise, ob sie generell einer derartigen Lehr- und Lernform gegenüber aufgeschlossen wären. Mit einer Evaluation diesbezüglich habe ich nun im Rahmen des zum Entwicklungsseminar angebotenen Folgeseminars *Evaluierung von VR-Lehr-/Lernanwendungen* in den vergangenen Wochen bereits begonnen.