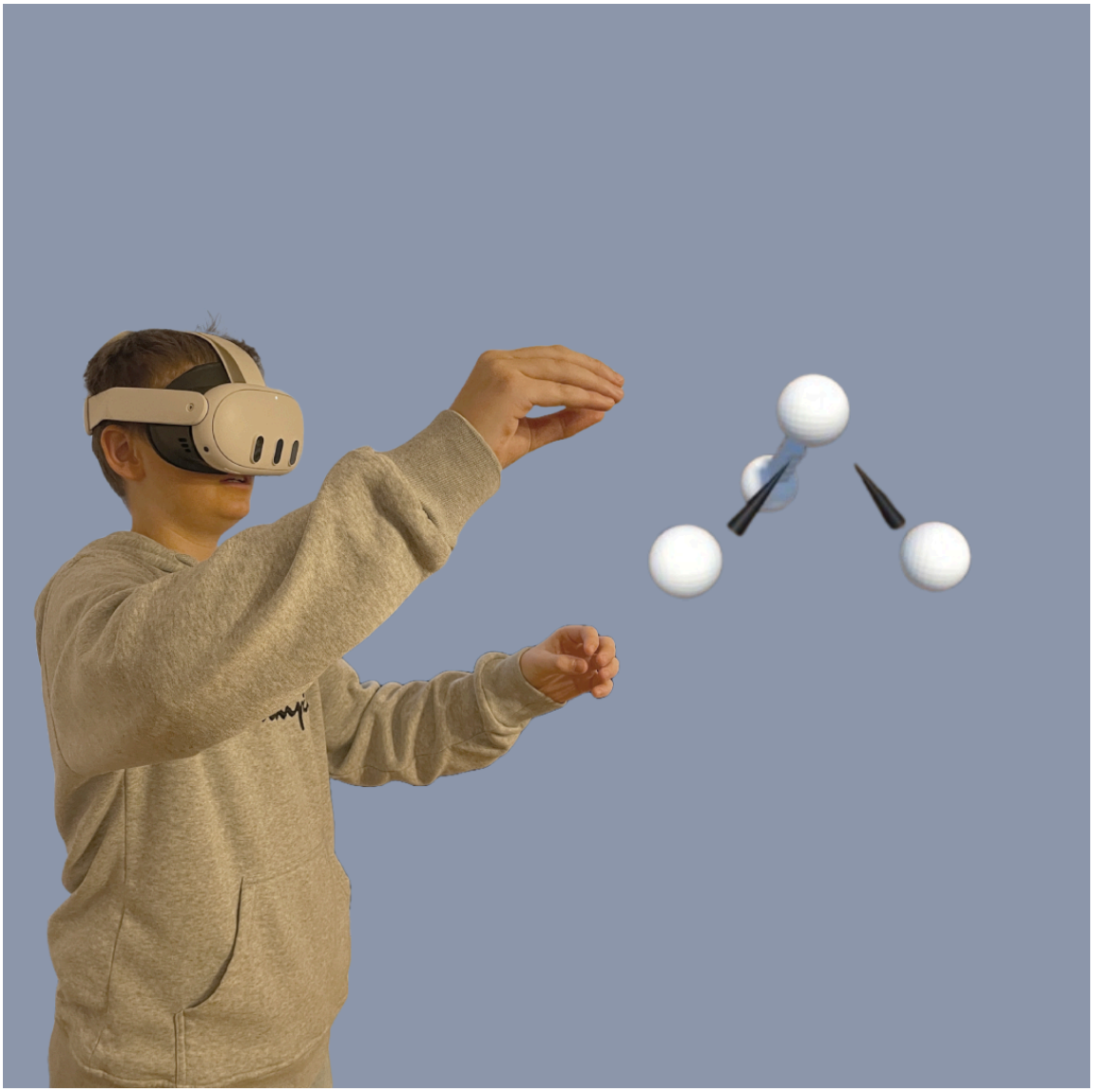
Auswirkungen von VR-Lernmitteln auf die Lerneffizienz im Fach Chemie

Ein Projekt von Mateo Mamaladze und Juan Rivera Chopinaud



Kurzfassung

Ziel unseres Projektes ist es, das Lernen von komplexen Themen, hier Darstellungsformen von Molekülen im Bereich der Chemie, mit Hilfe von Virtual Reality effizienter zu gestalten und die Lernbereitschaft zu erhöhen. Um dies zu erreichen, haben wir ein VR-Programm entwickelt, das darauf ausgelegt ist, den Probanden die Keil-Strich-Formel zu veranschaulichen und näher zu bringen. Nach der Erklärung der notwendigen Grundlagen konnte ein Schüler sein Verständnis mit Hilfe von bereitgestelltem analogem Material vertiefen, während der andere gleichzeitig mit dem entwickelten Programm arbeitete. Anschließend wurde von beiden Probanden ein schriftlicher Test durchgeführt und die Lärmwahrnehmung mit Hilfe eines Rückmeldebogens abgefragt. Schließlich wurden die Daten ausgewertet und ein Fazit gezogen. Aufgrund der geringen Datenmenge ist es schwierig, eine eindeutige Aussage zu treffen, jedoch zeigen sich Tendenzen.

Inhaltsverzeichnis

0. Kurzfassung S.1
1. Einleitung S.3
   1.1. Ideenfindung S.3
   1.2. Erwartungen an die Lernwirksamkeit von VR S.3
2. Stand der Forschung und Ansatz unserer Arbeit S.3
   2.1. Bisherige Forschung zu VR im Lernkontext S.3
3. Vorgehensweise, Materialien und Methode S.4
   3.1. Welche Hardware ist für die Studie geeignet? S.4
   3.2. Welche Programme sind für die Studie geeignet? S.4
   3.3. Welche Themen sind für die Studie geeignet? S.5
   3.4. Entwicklung des schriftlichen Tests S.5
   3.5. Entwicklung der Software S.6
4. Versuchsdurchführung S.7
   4.1. Versuchsaufbau S.7
   4.2. Der Test S.7
   4.3. Der Fragebogen S.7
   4.4. Interview S.
   4.5. Versuchsdurchführung S.8
   4.6. Testgruppen S.8
5. Ergebnisse S.8
   5.1. Testergebnisse S.8
   5.2. Fazit zu den Testergebnissen S.9
   5.3. Umfrageergebnisse S.10
   5.4. Fazit zu den Umfrageergebnisse S.11
   5.5. Interviewergebnisse S.11
   5.6. Bemerkungen unsererseits S.11
6. Ergebnisdiskussion S.12
   6.1. Was lief gut? S.12
   6.2. Komplikationen S.12
   6.3. Was könnte man verbessern S.12
   6.4. Welche Auswirkungen könnte unsere Forschung haben S.13
7. Fazit S.13
8. Quellen S.14

1. Einleitung

1.1 Ideenfindung

Seit Jahren sind unsere Mitschüler und wir von den momentan vorherrschenden Lernmethoden frustriert. Besonders bei anschaulichen Themen wie dem Solarsystem oder in unserem Fall Atommodelle und Molekülformeln wünschten wir uns immer eine interaktivere Lernmethode und nicht nur das Lernen aus dem Buch oder Heft. Mit der zunehmenden Verwendung von Ipads kamen wir diesem Ziel ein Stück näher, aber es fehlte immer noch etwas. Wir dachten länger darüber nach und mit dem Erscheinen eines neuen VR Headsets, welches auch AR Fähigkeiten hat, lag die Nutzung von VR als Methode auf der Hand. Um ein geeignetes Thema zu finden, haben wir uns mit mehreren Lehrern aus dem naturwissenschaftlichen Bereich beraten. Unsere Chemie und Biologielehrerin schlug vor etwas mit Molekülstrukturen zu machen. Nach einigem Kopfzerbrechen kamen wir auf die Idee verschiedene Darstellungsarten von Molekülen zwei- und dreidimensional in VR darzustellen. Da dies aber den Rahmen gesprengt hätte, reduzierten wir den Forschungsbereich auf nur die Keil-Strich-Formel, da sich diese am besten im dreidimensionalen Raum darstellen lässt. Letztendlich handelt es sich um eine zweidimensionale Darstellung eines dreidimensionalen Moleküls.

1.2 Erwartungen an die Lernwirksamkeit von Virtual Reality

Wie bereits erwähnt, haben wir verschiedene Parameter getestet, darunter die Leistung im schriftlichen Test, das Lernerlebnis aus Sicht der Probanden, unsere Eindrücke und die benötigte Zeit. Unsere Hypothese war, dass das Lernerlebnis für die VR-Benutzer im Durchschnitt besser war, andererseits schätzten wir, dass die benötigte Zeit für die VR-Benutzer länger sein würde, da es sich um eine neue Lernmethode handelt, an die man sich erst gewöhnen muss. Schließlich gingen wir davon aus, dass die Leistungen im schriftlichen Test zwischen den beiden Testgruppen vergleichbar sein würden, wobei die VR-Nutzer nur geringfügig besser abschneiden würden.

2. Stand der Forschung und Ansatz unser Arbeit

2.1 Bisherige Forschung zu Virtual Reality im Lernkontext

In den letzten Jahren hat Virtual Reality im Lernkontext zunehmend an Bedeutung gewonnen. Verschiedene Studien haben sich schon vor uns intensiv mit dem Thema beschäftigt, da diese Technologie eine noch nie dagewesene Möglichkeit bietet. Auch weil es für den Normalverbraucher immer einfacher wird, diese Technologie zu erwerben, wird in diesem Bereich viel geforscht. Eine dieser Studien von Rahman et al. (2022) hebt hervor, dass VR-Labore es den Teilnehmern ermöglichen, komplexe Konzepte und Sachverhalte zu verstehen und durch interaktive Programme selbst zu erforschen. Auch eine Studie von Lin et al. (2023) zeigt, dass Training in Virtual Reality die Lerneffizienz steigert. Als Ergebnis dieser Studie stellten die Wissenschaftler fest, dass die Probanden mit dem VR-Training höhere Testergebnisse erzielten als mitMat den herkömmlichen

Lernmethoden. Allerdings bringt diese Technologie auch viele Herausforderungen mit sich, wie z.B. hohe Anschaffungskosten, empfindliche Geräte und die erhöhte Komplexität bei der Erstellung solcher Programme. Außerdem ist diese Forschung im schulischen Kontext noch relativ jung und weist viele Lücken auf, die zu schließen wir uns zur Aufgabe gemacht haben.

3. Vorgehensweise, Materialien und Methode

3.1 Welche Hardware ist für die Studie geeignet?

Um den Rahmen einzugrenzen, haben wir uns einige Anforderungen gestellt, es war von Anfang an klar, dass wir eine VR-Brille mit der Möglichkeit, auch die Umgebung zu sehen, benötigen. Dies schränkte die Auswahl auf Augmented Reality Brillen und VR Brillen mit Passthrough Möglichkeit ein. Außerdem sollte die Brille programmierbar sein und mit gängigen Game Engines funktionieren. Natürlich spielte auch der Preis eine Rolle, denn 3000€ für eine Apple Vision Pro sind für ein Jugend Forscht Projekt nicht zu stemmen. So fiel die Wahl schnell auf zwei Modelle der Marke Meta, der Meta Quest 3 oder den Meta Quest 3s. Beide haben die Möglichkeit eines farbigen Pass-Through und liegen im Preisbereich von 300-600€. Sie sind auch kompatibel mit Game Engines wie Unity oder Unreal Engine. Der größte Unterschied liegt in der Art der Linsen und der Displayauflösung, bei der Quest 3s werden sogenannte Pancake-Linsen verwendet und die Displayauflösung beträgt 1.832 x 1.920 pro Auge, die Quest 3 hingegen verwendet Fresnel-Linsen, die für ein weniger verzerrtes Bild bekannt sind und verfügt über eine höhere Auflösung von 2.064 x 2.208. Da wir mögliche Defizite durch verzerrte Bilder und die daraus manchmal resultierende Übelkeit und Qualitätseinbußen weitestgehend vermeiden wollten, haben wir uns für den teureren Quest 3 entschieden.

3.2 Welche Programme sind für die Studie geeignet?

Wir haben folgende Anforderungen an die Game Engine gestellt:

1. Leichte Erlernbarkeit
2. Benutzerfreundliche Oberfläche
3. VR- und 3D-Kompatibilität
4. Geringe Fehleranfälligkeit

In einem Umfeld von vielen talentierten und erfahrenen Programmierern wurde uns Unity empfohlen, da es alle unsere Anforderungen erfüllt. Außerdem gibt es online viele Tutorials, wie man ein Programm für Meta Quest 3 mit Unity programmiert. Zudem bietet Unity die Möglichkeit, ein Plug-In namens Meta XR All-in-One SDK zu installieren, was die VR-Implementierung erheblich vereinfacht. Damit war es aber noch nicht getan, denn die einzelnen 3D Modelle der Moleküle und Verbindungen mussten noch erstellt werden. Da wir beide bereits fortgeschrittene Kenntnisse in diesem Bereich mit dieser Software haben., entschieden wir,, dass Blender die einfachste Möglichkeit wäre, diese zeiteffizient zu erstellen

3.3 Welche Themen sind für die Studie geeignet?

Das war wahrscheinlich der schwierigste Teil dieses Abschnittes und wir brauchten mehrere Anläufe. Nach einer ersten Beratung mit unseren Lehrern haben wir uns zunächst für das Fach Chemie entschieden. Um die Themenfindung zu erleichtern, haben wir auch hier Vorgaben gemacht:

1. Das Thema muss in ca. 15 Minuten erlernt und vertieft werden können.
2. Das Thema muss uns bereits bekannt sein, aber für die Klassen des 2.
3. Es muss einen Nutzen haben, es in VR zu vertiefen.

Ausgehend von diesen Vorgaben hatten wir relativ schnell ein Thema: Die verschiedenen Darstellungsarten von Molekülen: Als Basis haben wir die Valenzstrichformel festgelegt. Die zu vertiefende Ergänzungen waren schließlich die Skelettformel, das Kalottenmodell, die Keilstrichformel und die Strukturformel. Um eine grobe Vorstellung und einen Leitfaden für die Erstellung des Programms zu bekommen, haben wir nun eine grobe Skizze des schriftlichen Tests erstellt. Nachdem wir damit fertig waren, stellten wir fest, dass der Umfang zu groß war und es unrealistisch wäre, so viel Stoff in weniger als 15 Minuten zu lernen. Aus diesem Grund haben wir das Thema auf die Keil-Strich-Formel reduziert, da wir vermuteten, dass dies den größten Unterschied zwischen der VR und der analogen Vertiefung darstellt.

3.4 Entwicklung des schriftlichen Tests

Der schriftliche Test dient als Grundlage für die Entwicklung der Software und ist der wichtigste Teil der Evaluation, daher kommt ihm eine besondere Bedeutung zu. Der schriftliche Test sollte die erworbenen Kompetenzen abfragen, wobei es wichtig war zu sehen, ob die Probanden ein tieferes Verständnis des Themas oder nur oberflächliches Wissen erlangt haben. Um dieses Ziel zu erreichen, mussten verschiedene Aufgabentypen und Schwierigkeitsgrade erstellt werden. Mit Unterstützung unserer Chemie- und Biologielehrerin haben wir diese drei Grundkompetenzen erarbeitet:

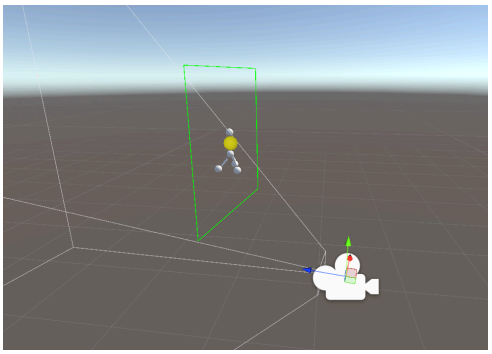
1. Das Erstellen von Keil-Strich-Formeln.
2. Das Erkennen und Verbessern dieser
3. Das Verstehen des Konzepts der Keil-Strich-Formel.

Dazu erstellten wir dann Aufgaben, die dann zum abschließenden schriftlichen Test wurden. Der Anspruch bei diesem war auch nicht die fehlerfreie Bearbeitung, dies ist in einem Zeitrahmen von 3 Minuten unrealistisch. Unser Ziel war es lediglich die Unterschiede in der Vertiefung herauszuarbeiten.

3.5 Entwicklung der Software

Nachdem nun klar war, welche Kompetenzen in VR vertieft werden sollten, ging es an den unserer Meinung nach schwierigsten Teil: die Entwicklung der Software. Die Idee der Software ist folgende: Man hat drei Moleküle mit steigender Komplexität zur Auswahl: Ammoniak, Methan und Ethan. Nachdem man sich für eines entschieden hat, wird dieses als dreidimensionales Objekt in dem Raum dargestellt, in dem man sich befindet. Die Bindungen zwischen den Atomen werden jedoch entweder als Keil, Zylinder oder gestrichelt dargestellt. Je nachdem, aus welcher Perspektive man das Molekül

betrachtet, verändern sich die Bindungen. Hier sind die Bindungen hinter der Ebene gestrichelt, vor der Ebene als Keil und in der Ebene als Zylinder dargestellt. Um dieses Programm in die Realität umzusetzen, sind wir Schritt für Schritt vorgegangen. Zuerst mussten wir eine virtuelle Ebene erzeugen, um zu bestimmen, welche Verbindung welche ist. Diese Ebene geht durch den sogenannten Anker, dieser Anker ist immer das Zentrum des Moleküls und liegt parallel zur Kamera, also auch im Blickfeld des Benutzers. Nachdem wir diese Funktion implementiert hatten, haben wir alles, was vor der Ebene liegt, blau eingefärbt, alles, was die Ebene berührte, gelb und alles, was hinter der Ebene war, rot, um die Funktionalität zu testen. Das Ergebnis sah wie folgt aus



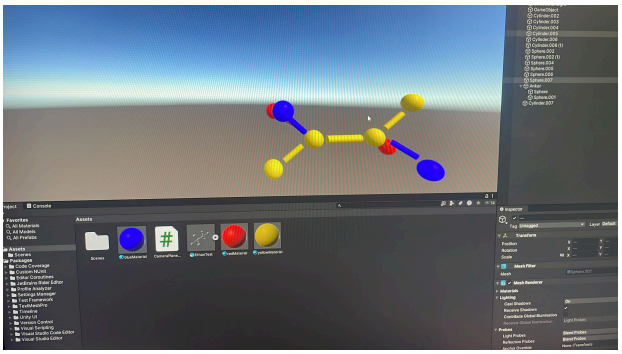


Abbildung 1, Die Ebene wird parallel zur Kamera erstellt, 04.12.2024, Screenshot Kamera Plane
Abbildung 2, Die Atome und Bindungen sind passend gefärbt, 07.12.2024 Foto Molekül_Farben

Nun mussten wir nur noch die Bindungen ersetzen, anstatt sie zu färben. Um dies zu erreichen, haben wir alle Verbindungen “Cylinder.001”, “Cylinder.002” usw. genannt, um sie von den anderen Objekten unterscheiden zu können. Während das Programm läuft, wird in sehr kurzen Abständen überprüft, was vor, hinter und in der Ebene ist und die vorhandenen Bindungen werden gelöscht und durch die richtigen ersetzt. Als das Programm nach vielem Debuggen fehlerfrei lief, habe ich es mit dem Programm “Sidequest” auf die VR-Brille exportiert, damit es auch ohne Computer laufen kann.

Hier ist ein Beispiel, wie das fertige Programm für einen Benutzer aussehen könnte, der Ethan ausgewählt hat:

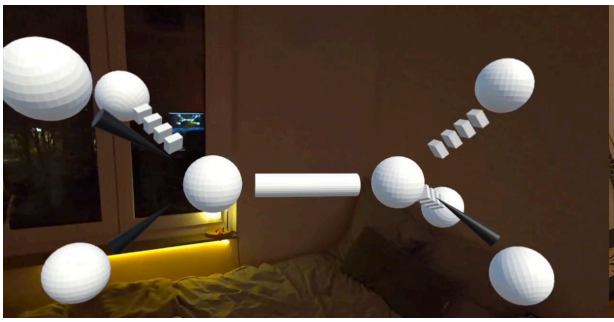


Abbildung 3, Ethan Programm läuft in einem Schlafzimmer, 25.12.2024 Bilschirmaufnahme Ethan
Abbildung 4, Ammoniak Programm läuft in einem Wohnzimmer, 25.12.2024 Bildschirmaufnahme Ammoniak

4. Versuchsdurchführung

4.1 Versuchsaufbau

Zur Durchführung der Studie wurden lediglich eine VR-Brille, der schriftliche Test und der Feedbackbogen benötigt. Der schriftliche Test und die Feedbackbögen wurden ausgedruckt und mit einem Kugelschreiber ausgefüllt. Auf der VR-Brille waren die drei Moleküle als separate Programme vorhanden und einsatzbereit. Damit die Schülerinnen und Schüler die Aufgaben sinnvoll bearbeiten konnten, wurden ihnen Hilfsmittel zur Verfügung gestellt, wie z.B. ein Periodensystem und ein Hilfsblatt mit den Valenzstrichformeln der relevanten Moleküle. Außerdem wurde uns ein leeres Klassenzimmer zur Verfügung gestellt, in dem wir die Tische an den Rand geschoben hatten. So kam uns eine große Fläche für die VR-Anwendung zugute.

4.2 Der Test

Der Test umfasste 6 Aufgaben, wobei die letzten 3 Aufgaben jeweils einen a und b Teil hatten.

Aufgabe 1) Zeichne die Keilstrichformel von HCN
Aufgabe 2) Zeichne die Keilstrichformel von HOCl
Aufgabe 3) Umwandeln von Methanol von Valenz zu Keilstrichformel
Aufgabe 4) a) Kann man CH2O in einer Ebene zeichnen (J o. N)
b) Kann man PH3 in einer Ebene zeichnen (J o. N)
Aufgabe 5) a) Ist diese Keilstrichformel korrekt (J o. N) (Wasser war linear anstatt gewinkelt)
b) Ist diese Keilstrichformel korrekt (J o. N) (Ammoniak, war korrekt)
Aufgabe 6) a) Zeichne die Keilstrichformel von HCOOH
b) Korrigiere die Keilstrichformel von Propanol (Es waren zu viele Wasserstoffatome . . . hinter der Ebene)

Wir haben den Test absichtlich zu lang gemacht, um den Probanden verschiedene Aufgaben zu geben und größere Punkte Unterschiede kriegen zu können.

4.3 Der Fragebogen

Der Fragebogen enthielt 5 Fragen:

Name:
Klasse:
Wie viel Spaß hattest du beim Lernen:
Wie schwer fandest du den Stoff und Test:

Wie selbstsicher fühlst du dich mit dem Thema:
Anmerkungen:

4.4 Versuchsdurchführung

Die Durchführung begann damit, dass die beiden Probanden gemeinsam an einem Tisch saßen. Dort erhielten sie eine kurze Einführung in die Thematik der Keilstrichformel. Dazu wurde ihnen die Valenzstrichformel erklärt, indem die Regeln der Valenzstrichformel genannt wurden und 3 Beispiele gemeinsam bearbeitet wurden. Anschließend wurde das EPA-Modell erklärt. Für dieses wurden wieder die Regeln genannt, sowie die gängigen räumlichen Anordnungen (Tetraeder, Trigonal-Pyramide etc.). Nun wurde die Keilformel besprochen, indem die Regeln dafür genannt wurden und wiederum 3 Beispiele gemeinsam durchgesprochen wurden. Dieser Teil dauerte 6 Minuten und wurde einheitlich gestaltet. Danach teilten wir die Probanden auf, einer lernte mit der VR-Brille, der andere bekam Moleküle zur eigenen Bearbeitung und Vertiefung. Der Proband mit der VR-Brille hat die Projekte jeweils für 1 min auf der VR-Brille durchgearbeitet. Dieser Teil dauerte 3,5 min. Schließlich schrieben beide den Test für 3 min. Zuletzt wurden die Fragebögen ausgefüllt, was 1 min dauerte und das neue Testpaar wurde hereingelassen.

4.5 Testgruppen

Da wir die Einschränkung hatten, dass die Testgruppe im zweiten Jahr Chemie sein musste, kamen an unserer Schule nur 9. Um eine möglichst große Vielfalt zu erreichen, haben wir jeweils zwei Personen aus zwei verschiedenen Klassen an der Studie teilnehmen lassen. Um ausgewogene Ergebnisse zu erhalten, achteten wir auf ein ausgewogenes Verhältnis von Jungen und Mädchen und auf unterschiedliche Leistungsniveaus, wobei in beiden Gruppen sowohl leistungsstarke als auch leistungsschwache Schüler vertreten waren.

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1 Testergebnisse

Die Tests wurden häufig nicht vollständig bearbeitet. Dies ist auf die kurze Bearbeitungszeit und die Komplexität des Themas zurückzuführen, wie uns die Teilnehmer mitteilten. Die bearbeiteten Aufgaben waren oft nur teilweise richtig, da oft die richtige Schreibweise fehlte. Überdurchschnittlich oft wurden die Aufgaben 4 und 5 gelöst, was mit deren Richtig/Falsch-Schema zusammenhängen könnte.
Die Bewertung der Tests erfolgte einheitlich durch dieselbe Person nach folgendem Schema

Aufgabe 1, 2, 6a:

Richtige Anordnung der Atome im Raum 1P
Richtige Darstellung der nicht-bindenden EP 1P
Richtige Darstellung der bindenden EP 1P

Richtige Darstellung der Keile und Striche 1P

Aufgabe 3, 6b:

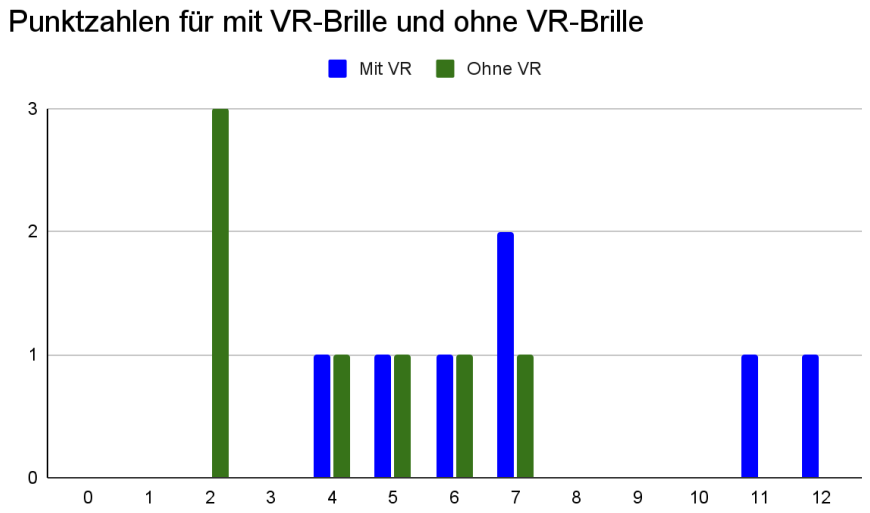
Erkennen der Fehler 1P

Korrektur dieser 2P

Aufgabe 4a), 4b), 5a), 5b):

Korrektes Ankreuzen 1P

Auffallend ist, dass die Testpersonen mit VR-Brille im Durchschnitt 2 bis 3 Punkte besser abschnitten als die Testpersonen ohne VR-Brille. Außerdem waren die mit Abstand besten Teilnehmenden alle VR-Brillen-Nutzer und die schlechtesten alle Nicht-VR-Brillen-Nutzer. Besonders auffällig war dies bei Aufgabe 3, die besonders viel dreidimensionales Vorstellungsvermögen erfordert. Aber auch die Aufgaben 1 und 2 wurden von den VR-Brillen Nutzern besser gelöst. Bei den Aufgaben 4, 5 und 6 waren die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen nicht so signifikant.



Ein weiterer Aspekt war, dass die Personen mit VR-Brille effizienter waren und mehr Aufgaben in der gleichen Zeit bearbeiteten, so dass sie im Durchschnitt weniger Zeit pro Aufgabe benötigten als die Personen ohne VR-Brille.

Allerdings gab es auch einige VR-Brillen-Nutzer, die eine vergleichbare Punktzahl erreichten wie viele Nutzer ohne VR-Brille.

5.2 Fazit zu den Testergebnissen

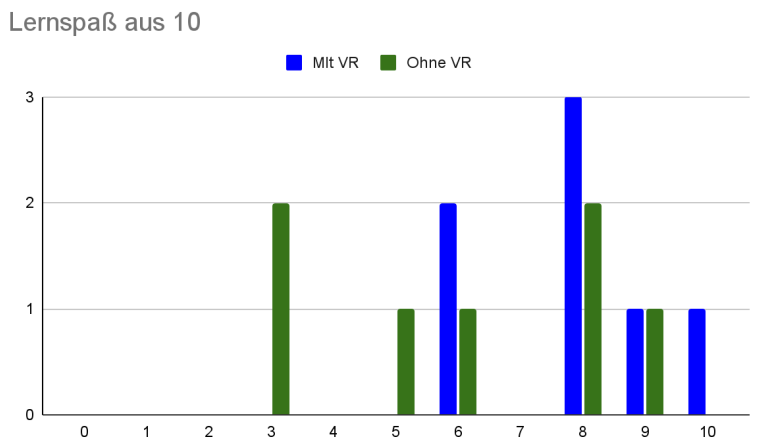
Die Testergebnisse zeigen, dass die Teilnehmenden der beiden Gruppen zwar vergleichbare Ergebnisse erzielten, die Teilnehmenden mit der VR-Brille jedoch besser abschnitten als die Teilnehmenden ohne VR-Brille. Da dies vor allem bei Aufgaben auftrat, die räumliches Denken erforderten, zeigt dies den positiven Einfluss auf die Fähigkeit, sich komplexe chemische Elemente vorzustellen. Es zeigt auch den positiven Einfluss der Visualisierung auf die allgemeine Aufnahme von Lerninformationen. Allerdings war die Testgruppe klein, sodass die Testergebnisse nicht die große Menge repräsentieren. Unsere Hypothese konnte bestätigt werden

5.3 Umfrageergebnisse

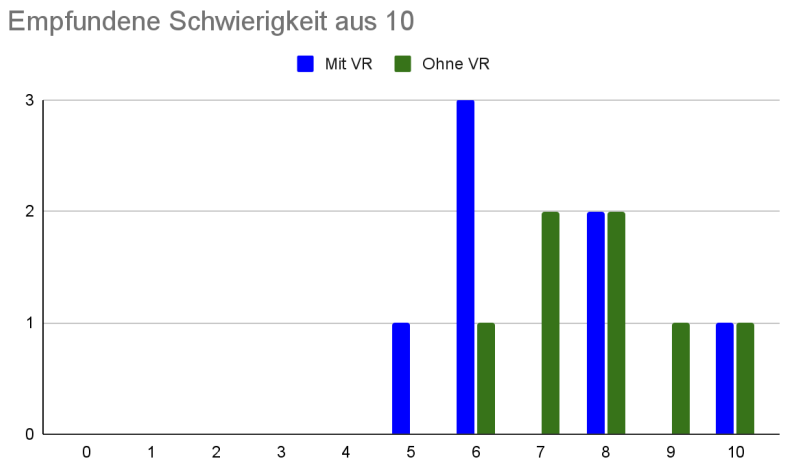
Wie bereits erwähnt, bestand unser Fragebogen aus drei Fragen:

Wie viel Spaß hattest du?
Wie schwer fandest du den Inhalt und den Test?
Wie gut schätzt du dich in diesem Fach ein?

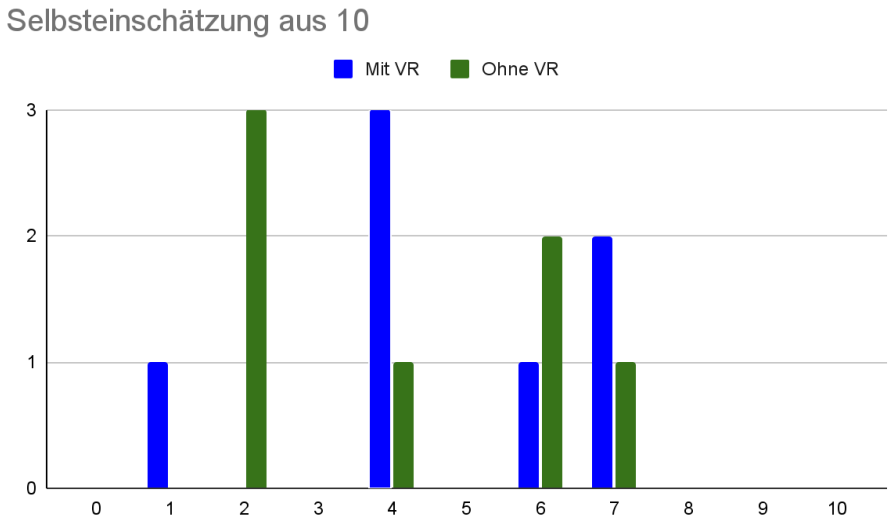
Die erste Frage wurde eher positiv beantwortet, wobei 10 für viel Spaß beim Lernen steht. Dennoch lässt sich die Tendenz erkennen, dass die Personen mit VR-Brille mehr Spaß beim Lernen hatten als die Personen ohne VR-Brille. Im Durchschnitt gaben die Personen mit VR-Brille an, dass ihnen das Lernen 7,85/10 Spaß gemacht hat, im Vergleich zu 6/10 bei den Personen ohne VR-Brille.



Der Lerninhalt und der Test wurden von den Schülern als schwierig eingestuft, wobei 10 für sehr schwierig steht. Dennoch lässt sich die Tendenz erkennen, dass die Personen mit VR-Brille den Stoff etwas leichter fanden als die Personen ohne VR-Brille. Im Durchschnitt bewerteten die Personen mit VR-Brille den Schwierigkeitsgrad mit 7/10 im Vergleich zu 7,85/10 bei den Personen ohne VR-Brille



Viele Teilnehmer zweifelten noch an ihren Fähigkeiten, da 10 für volles Verständnis steht. Dennoch lässt sich die Tendenz erkennen, dass sich die Personen mit VR-Brille sich etwas besser einschätzen als die Personen ohne VR-Brille. Im Durchschnitt gaben die Personen mit VR-Brille an, dass sie ihre Fähigkeiten auf eine 4,57/10 einschätzen, im Vergleich zu 4,14/10 bei den Personen ohne VR-Brille. Bei dieser Frage war der Unterschied am geringsten.



5.4 Fazit zu den Umfrageergebnissen

Die Testergebnisse zeigen, dass die Testpersonen, die mit der VR-Brille gearbeitet haben, tendenziell mehr Spaß hatten, die Inhalte als leichter empfanden und sich danach etwas besser über das Thema einschätzten. Dies unterstützt die Hypothese, dass Lernen mit VR mehr Spaß macht als herkömmliches Lernen und insgesamt zu einem besseren Lernerlebnis führt. Dies wird auch dadurch bestätigt, da die Testpersonen die Inhalte als weniger schwierig empfanden und somit weniger überfordert waren. Die bessere Selbsteinschätzung zeigt wiederum, dass die VR-Nutzer teilweise ein besseres Verständnis des Themas hatten. Insgesamt wurde unsere Hypothese also erneut bestätigt.

5.5 Bemerkungen unsererseits

Obwohl wir erwartet hatten, dass die Nachfrage nach der Nutzung der VR-Brille sehr groß sein würde, war sie nicht so groß wie erwartet, da viele eine gewisse Scheu vor der Nutzung dieser neuen Technologie hatten.

Auffällig war auch, dass es beiden Gruppen anfangs an Lernmotivation mangelte, vor allem nach der komplexen Einführung. Während dies bei der Gruppe, die auf Papier lernte, auch länger anhielt, waren die Teilnehmer der anderen Gruppe sehr motiviert, wenn es um interaktives Lernen ging. Dennoch schrieben alle motiviert den Test.

Aufgrund des engen Zeitrahmens hatten wir nicht viel Zeit für die Einführung, und wir merkten, dass einige Teilnehmer sichtlich gestresst waren, weil wir den Stoff sehr schnell durchgingen.

6. Ergebnisdiskussion

6.1 Was hat gut geklappt?

Nach der Durchführung des Experiments haben wir verschiedene Aspekte identifiziert, die besonders gut funktioniert haben. Als erstes ist zu erwähnen, dass das Experiment für alle eine überwiegend positive Erfahrung war und die anfängliche Schüchternheit sich in Freude am Lernen verwandelte. Auch die Interaktion zwischen uns und den Probanden hat gut funktioniert. Es gab keine Verständigungsprobleme oder ähnliches und eine kleine Belohnung in Form von Gummibärchen am Ende hat die Arbeitsmoral gestärkt. Die Teilnehmer haben auch ausnahmslos gesagt, dass sie etwas gelernt haben, diesen Eindruck hatten wir auch. Das ist nicht nur gut für unser Experiment, sondern hat auch positive Auswirkungen auf die Probanden. Besonders positiv ist die VR-Interaktion aufgefallen. Selbst bei Schülern, die sonst im theoretischen Teil etwas abgelenkt und gelangweilt wirken, schlug die Langeweile dort in Begeisterung um. Alle schienen zumindest interessiert und machten gut mit. Erstaunlicherweise hat sich auch der Teil der Gruppe, der den analogen Vertiefungsteil machen musste, nicht beschwert oder war gar unmotiviert. Sie stellten Fragen und wirkten meistens interessiert. Letztendlich sind auch unsere Testergebnisse

6.2 Komplikationen

Allerdings lief nicht alles glatt. Da wir nur zwei Personen gleichzeitig testen wollten, eine mit VR und eine mit der konventionellen Methode, und unser Zeitrahmen durch den Unterrichtsausfall stark eingeschränkt war, hatten wir insgesamt nur 135 Minuten für den Test zur Verfügung. Diese wurde auch noch auf mehrere Räume verteilt, was uns pro Unterrichtsstunde ungefähr 10 Minuten Vorbereitungszeit gekostet hat. Am Anfang brauchten wir ca. 17 Minuten pro Paar, aber mit der Zeit gingen wir auf 15 Minuten runter. So haben wir es geschafft, 14 Personen zu testen. Dieser Zeitdruck hat sich auch bemerkbar gemacht und wahrscheinlich zu einem Qualitätsverlust unsererseits geführt. Problematisch war auch der schnelle Verlust des Akkus, den wir aber durch das Aufladen während des theoretischen Teils kompensieren konnten. Problematisch war auch, dass unser Raum unerwartet zweimal belegt wurde und durch den unerwarteten Raumwechsel Zeit verloren ging.

6.3 Was könnten wir verbessern?

Um den Komplikationen entgegenzuwirken, ist der wichtigste Verbesserungsvorschlag, der sowohl von uns als auch von den Schülern kam, dass man mehr Zeit braucht. Dem könnte man entgegenwirken, indem man einen Raum fest zur Verfügung stellt und mehr Unterrichtsstunden dafür reserviert. Man könnte auch den Raum etwas verkleinern und weniger Stoff vermitteln und abfragen, auch wenn das auf Kosten des Experiments geht. Auch die technische Durchführung ist nicht perfekt. Das Verschieben des Moleküls und der einfache Wechsel des Moleküls in einem Programm waren Verbesserungsvorschläge der Schüler.

6.4 Welche Auswirkungen könnte unsere Forschung haben?

Unsere Forschung kann wertvolle Erkenntnisse und auch Fakten über die Effektivität des Einsatzes von Virtual Reality im Unterricht insgesamt liefern. Die durchschnittliche Leistungssteigerung der VR-Teilnehmer und die Verbesserung des Lernerlebnisses zeichnen ein klares Bild. Virtual Reality hat eine Zukunft in der Bildung. Forschungsprojekte wie unseres könnten die Aufmerksamkeit der Schule, des Ministeriums oder ähnlicher Organisationen wecken und so Investitionen in diese Richtung anregen. Natürlich gibt es noch viele Hürden zu überwinden, aber es wäre ein Schritt in die richtige Richtung. Auch wenn unsere Studie aufgrund der geringen Teilnehmerzahl nicht sehr aussagekräftig ist, lässt sich doch eine Tendenz erkennen. Schließlich zeigt diese Studie auch, dass es sich lohnt, Zeit in die Entwicklung solcher Software zu investieren, da sie vielen Schülern helfen kann. Langfristig trägt dies dazu bei, neue Standards im digitalen Lernen zu setzen und Bildung in Zukunft zugänglicher und interaktiver zu gestalten.

7. Fazit

Die Studie zeigt, dass der Einsatz von VR beim Lernen von Konzepten, die räumliches Vorstellungsvermögen erfordern, viele Vorteile bietet. Dies wird zum einen durch die Testergebnisse untermauert, bei denen die Probanden, die die VR-Brille nutzten, insbesondere bei Aufgaben, die räumliches Denken erfordern, bessere Ergebnisse erzielten. Sie konnten die Aufgaben auch effizienter lösen und waren somit in der Lage, mehr Aufgaben in der gleichen Zeit zu bearbeiten. Auf der anderen Seite untermauern die Ergebnisse der Untersuchung diesen Befund. Denn diese zeigen, dass die VR-Nutzer im Durchschnitt mehr Spaß hatten, den Stoff besser verstanden und als leichter empfanden. Sie zeigten also nicht nur eine bessere Leistung, sondern auch eine bessere Lernerfahrung.

Aufgrund der kleinen Testgruppe können die Ergebnisse jedoch nicht verallgemeinert werden. Sie zeigen jedoch eine Tendenz auf. Daher sind weitere Untersuchungen notwendig, um die Ergebnisse unserer Studie mit einer größeren Testgruppe und mehr Zeit pro Person zu bestätigen. Abschließend können wir sagen, dass wir unser Ziel erreicht haben. Unsere Hypothese hat sich bestätigt und Schüler können mit Virtual Reality zumindest in einem Teilbereich der Chemie besser lernen als mit herkömmlichen Methoden.

8. Quellen

8.1 Fotos:

Alle selbst gemacht

8.2 Diagramme:

Google Docs

8.3 Internetseiten:

Youtube, DilmerValecillos, How to create a Quest 3 Mixed Reality Game - Unity BEGINNER Tutorial! https://www.youtube.com/watch?v=-tVfg8Zaqos&t=337s, besucht am 10.12.2024

Youtube, CamAyres, Setting Up the XR Interaction Toolkit in Unity 6 for a Meta Quest 3 https://www.youtube.com/watch?v=rKDuYzS-D2E, besucht am 10.12.2024

8.4 Wissenschaftliche Arbeiten:

Weichao Lin, Liang Chen, Wei Xiong, Kang Ran, Anlan Fan: Measuring the Sense of Presence and Learning Efficacy in Immersive Virtual Assembly Training; [fehlt]; 8, AUGUST 2021; gesamt
Link: https://arxiv.org/pdf/2312.10387

Fozlur Rahman, Marium Sana Mim, Feekra Baset Baishakhi, Mahmudul Hasan, Md. Kishor Morol; A Systematic Review on Interactive Virtual Reality Laboratory; Dhaka, Bangladesh, [fehlt], gesamt
Link: https://arxiv.org/pdf/2203.15783