

Interaktionsszenarien in der VR zu Trainingszwecken

Jonathan Becker

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Germany
jonathan.becker@haw-hamburg.de

Zusammenfassung In dieser Ausarbeitung für das Master Hauptseminar werden Probleme im Bereich Interaktiver Virtual Reality Szenarien identifiziert. Für diese werden Lösungen aufgezeigt um Qualitative Anwendungen zu entwickeln.

Keywords: Virtual Reality · Interaktive Szenarien · Training

1 Einleitung

Virtual Reality wurde schon seit ihrer Entstehung als Werkzeug genutzt, um dem Menschen vor und bei der Arbeit zu unterstützen. Die anfänglichen Möglichkeiten waren noch beschränkt und die Geräte nicht regulär erhältlich. Mit dem Fortschritt der Technik sind der Einsatz realistisch und die Verwendungszwecke vielfältiger geworden. Inzwischen ist Virtual Reality auch in der Ausbildung angekommen. Die Vorteile des Mediums lassen sich ganz gut mit einem Zitat von Konfuzius beschreiben, das auf die Gesamtheit von Virtual Reality zutrifft:

”Sage es mir, und ich werde es vergessen ... Zeige es mir, und ich werde es vielleicht behalten ... Lass es mich tun, und ich werde es können.” (Konfuzius)

Dieses ist zwar auch in der Realen Welt möglich, doch bietet Virtual Reality einige unschlagbare Vorteile.

Der wohl größte Vorteil liegt in der Möglichkeit des Probehandelns und Experimentierens. Alles was eine Anwendung zulässt kann getan werden, mit lediglich virtuellen Konsequenzen. Es entstehen keine Kosten wenn virtuelle Maschinen Schaden nehmen oder Werkstoffe unbrauchbar werden. Besonders die Arbeitssicherheit lässt sich dadurch verbessern, dass Gefahrensituationen nachgestellt und ohne Gefahren trainiert werden können. Auch ist es möglich lange Abläufe zu unterteilen und an beliebige Stellen zurückzusetzen, um unterschiedliche Handlungsabläufe auszuprobieren. So lassen sich auch seltene oder theoretische Situationen üben und dieses jederzeit ohne komplizierten Setups bereitzustellen oder aufbauen zu müssen [29]. Mithilfe von Immersion lassen sich auch die psychologischen Einwirkungen darstellen um ein realistisches Training zu erzeugen.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Fähigkeit der Skalierbarkeit und Transportfähigkeit solcher Anwendungen, wenn es sich um reine Virtual Reality handelt. Die Bereicherung um Mixed Komponenten kann ein Szenario verbessern, hat aber auch den Nachteil, dass Skalierung, Einfachheit in der Nutzung und Transportfähigkeit vermindert werden können. Die an die Örtlichkeiten gestellten Anforderungen sind im Normalfall auch gering, es reichen meist schon 25 Quadratmeter pro Setup und ein Anschluss für Strom. Die digitale Beschaffenheit der Anwendung erlaubt es theoretisch auch später noch diese anzupassen und zu erweitern, was stark von der Qualität des Entwicklungsprozesses abhängig ist.

Doch wie kommt es zu einem brauchbarem Ergebnis? Trainings-Anwendungen für Virtual Reality zu erstellen erfordert die Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen. Der Entwicklungsprozess kommt dem eines Spieles am nächsten. Dabei ist es notwendig, dass eine hohe Transferrate zwischen allen Beteiligten der beiden Seiten herrscht, damit ein solches Projekt gelingt. Dies ist die Grundlage für das Gelingen.

Das Ziel dieser Ausarbeitung ist es allgemeine Probleme und Lösungen für einen Teil des Entwicklungsprozesses einer solchen Trainings-Anwendung im Überblick zu beschreiben. In der Literatur gibt es schon zu einzelnen Projekten Berichte, Informationen und Pattern. Der Gesamtprozess mit all den Tücken von Virtual Reality ist aber noch wenig dokumentiert. Die entsprechenden Informationen sollen Wege, Praktiken und Kriterien zeigen, die für einen Teil dieser Prozesse zutreffen. Diese Ausarbeitung soll damit einen generellen Überblick über den Prozess und die Komponenten geben, damit nicht nur ein spezielles Projekt beschrieben wird. Ein Teil des Wissens stammt dabei aus der Arbeit an einem laufendem Projekt mit dem Ziel, eine Trainings-Anwendung für Virtual Reality zu erstellen.

Für dieses Ziel werden als Erstes wichtige Punkte und Abhängigkeiten in der Literatur identifiziert. Danach werden diese anhand der so kategorisierten Herausforderungen betrachtet und entsprechende Lösungsansätze vorgestellt. Das Kapitel endet mit einer Zusammenfassung von Methoden, die im Entwicklungsprozess angewendet werden können. Als Letztes folgt dann noch ein Ausblick mit einer Bewertung und Planung für die Zukunft.

2 Verwandte Arbeiten

Es gibt gewisse Kategorien, die in Zusammenhang mit Lernen in der Virtual Reality immer wieder aufkommen. Eine erste Gemeinsamkeit für alle Trainings-Anwendungen ist, dass sie in irgendeiner Form Feedback über das geleistete geben müssen. Dieses kann auch schon ohne Hilfsmittel durch den Nutzer selbst geschehen, wenn dieser merkt, dass die Aufgaben einfacher und schneller erledigt sind [12]. Alternativ ist es natürlich möglich eine Vielzahl von Daten in der Virtuellen Welt zu erheben und auszuwerten. Diese können dann dazu genutzt werden in Echtzeit oder hinterher in einer Zusammenfassung Rückmeldung über

das Getane zu geben. Oftmals sind es zahlreiche Möglichkeiten, aus denen eine Wahl getroffen werden kann. Die richtige Mischung ist dann abhängig von der Zielgruppe, Technik und den Didaktischen Konzepten. Didaktik ist dabei ein eigenes Thema für sich, das in dieser Ausarbeitung nicht speziell behandelt werden wird.

2.1 Lernziele

Die möglichen Trainings-Anwendungen lassen sich anhand ihrer zu vermittelnden Lernziele gruppieren. Dazu zählen z.B.: Orientierung in Räumlichkeiten, Handlungsabläufe, Gefahrensituationen, Reaktionsvermögen, etc. Die vorkommenden Lernziele sind sehr unterschiedlich, dennoch sind diese das Zentrum der Anwendung, denn sie bestimmen, welche Voraussetzungen der Umsetzung zu Grunde liegen.

Räumlichkeiten kennen zu lernen und Abstände einzuschätzen sind Lernziele, die von natürlicheren Arten der Fortbewegung profitieren. Direkte Translation der echten Bewegung hat zum Beispiel eine bessere Kontinuität als Teleportation, ist aber durch die reale Welt beschränkt [26] [23]. Oftmals ist eine Erweiterung der Bewegung aber notwendig und dann müssen Abwägungen gemacht werden [22] [11]. Ebenso ist die Fortbewegungsmethode ein großer Faktor für Cybersickness und Komfort in der Anwendung [1] [28]. In gewissen Anwendungen ist die Fortbewegungsmethode sogar das Lernziel, z.B. wenn es darum geht die Kontrolle eines elektrischen Rollstuhls zu erlernen [21] oder irgendeines anderen Fortbewegungsmittels.

Abläufe haben wiederum andere Stellschrauben, die von der Beschaffenheit dieser abhängig sind. In den meisten Fällen sind hier die Interaktionen der wichtigste Punkt, da diese zusammen mit ihrer Reihenfolge das Lernziel sind. Dieses ist der Fall, wenn es darum geht Maschinen zu bedienen oder ein Einsatz geübt werden soll. Welcher Abstraktionsgrad der richtige ist, ist von unterschiedlichen Parametern wie der körperlichen Anstrengung, Frequenz und Übertragbarkeit abhängig [20]. Ein Beispiel, das die Grenzen aufzeigt, ist ein Trainings Szenario für den Aufbau einer Schalenkonstruktion für Gießbeton. Die Anwendung wurde zwar als hilfreich eingestuft um Abläufe zu lernen und Gefahren zu verhindern. Durch die Abstraktion der Interaktion mit Controllern und fehlendes Force Feedback ist es aber nicht möglich Trainierende auf die Feinheiten der realen Handhabung vorzubereiten [9].

Gefahrensituationen haben den Part, dass diese erst erkannt werden müssen, bevor eine Reaktion auf diese folgen kann. An dieser Stelle ist Realismus / Immersion wichtig, denn diese beeinflussen die Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse auf die Realität. Handelt es sich um einfach zu erkennende Gefahren ist es möglich mit abstrakteren Konzepten zu arbeiten. Ein Beispiel dafür ist risikoreiches Verhalten, das direkte Auswirkungen auf die Sicherheit hat. In einer Umsetzung für Sicherheits-Training in südamerikanischen Minen kamen lediglich Immersive Displays zum Einsatz, die aber ausreichten um solche Situationen darzustellen [30]. Ein weiteres Ergebnis der selben Studie war, dass die

Meisten der Einschätzung waren ihnen könnten die dargestellten Unfälle nicht passieren. Es wurde die Theorie aufgestellt, dass dieses an der menschlichen Natur liegen kann und daran, dass nicht jeder der Teilnehmenden in all den dargestellten Arbeitsbereichen arbeitete. An dieser Stelle wäre es möglich mit Virtual Reality eine höhere Immersion zu erzeugen, die die Unfälle stärker an die Personen heranträgt um eine bessere Beurteilung zu erhalten.

Reaktionsvermögen schließt nicht nur Reaktionen auf unvorhergesehenes ein sondern auch jene für den Normalfall. Abläufe, die selten geübt werden, sorgen dafür, dass Entscheidungen mit weniger Routine getroffen werden [15]. Dieser Punkt unterscheidet sich von normalen Abläufen darin, dass diese Entscheidungen unter Zeitdruck getroffen werden müssen und die Konsequenzen für langsames oder falsches Handeln oft nicht mehr rückgängig zu machen sind. Für dieses Lernziel sind so auch andere Metriken zur Beurteilung notwendig um diese Entscheidungen zu repräsentieren und den Nutzern die Möglichkeit zu geben aus diesen zu lernen.

2.2 Immersion und Task Oriented

Virtual Reality ist ein Medium, das als erstes durch seine Fähigkeit besticht, den Nutzer in ein andere Welt zu bringen. Das große Ziel war es schon immer diese Virtuelle Welt so realistisch wie möglich zu machen. Sutherland hatte die Idee des Ultimate Displays [25]: die Idee, die Virtuelle Welt so real wie die Echte zu machen, mit all ihren Konsequenzen. Dieses Ziel ist dabei bei weitem noch nicht zu erreichen und inwieweit dieses erstrebenswert ist, ist eine andere Diskussion. Für viele Aufgaben ist dieses allerdings auch nicht notwendig oder wünschenswert. Und auch für andere Szenarien reicht es aus, wenn diese gut genug sind um die Aufgaben auszuführen und draus zu lernen. Oft ist eine Approximation der Realen Welt ausreichend um dennoch ein gutes Level an Immersion zu erreichen. Der Philosoph Samuel T. Coleridge hatte dieses "willing suspension of disbelief" genannt [3]. Er beschreibt dass, der Mensch willens ist über die Unstimmigkeiten hinwegzusehen und das Gegebene zu akzeptieren, wenn es in seine Vorstellung der Situation passt. Wenn dieser Punkt erreicht ist, lassen sich so mit der Virtuellen Welt Reaktionen der Realen hervorrufen [26]. Dennoch wird ohne ein gewisses Level an Realismus die Anwendung oft nicht so gut bewertet und limitiert das Lernen aus Sicht der Nutzer [2].

Da es für Trainingsszenarien nicht zwingend notwendig ist mit "suspension of disbelief" zu arbeiten, sind die Möglichkeiten in der Gestaltung variabel, wobei die Nähe zur Realität von Vorteil ist um das Gelernte zu übertragen. Oftmals ist schon die virtuelle Anwesenheit am richtigem Ort genug um etwas wie das öffentliche Sprechen zu üben [17].

2.3 Zusammenarbeit

In vielen Szenarios ist es notwendig, dass mehrere Personen zusammenarbeiten. Dieses bringt in der Virtual Reality ein paar Herausforderungen. Wenn die

Personen sich im selben realen Raum aufhalten, müssen Kollisionen vermieden werden. Eine Möglichkeit ist es den Virtuellen Raum zu synchronisieren, sodass alle das selbe Mapping zwischen den Welten haben. Dann sind die visuellen Hinweise der anderen Avertare ausreichend um Kollisionen zu vermeiden. Insgesamt ist dieses ein Forschungsgebiet, das noch am Anfang steht [10], es gibt aber noch viele Probleme zu beseitigen [2].

3 Was zu bedenken ist, Herausforderungen und Herangehensweisen

Trotz all den Ansätzen und Lösungen, die für spezifische Probleme bereits in der Literatur zu finden sind, muss ein großer Teil dennoch jedes mal wieder erneut bedacht und überarbeitet werden. Um die entsprechenden Herausforderungen zu meistern lohnt es sich diese als erstes in relevante Kategorien zu unterteilen. Welche Gruppen zu bedenken sind ist abhängig vom Lernziel. Liegt der Schwerpunkt des Szenarios auf Orientierung, sind Bewegung und Environment wichtige Kategorien und Handinteraktionen haben eine niedrigere Priorität. Wenn für die Fortbewegung nun aber das Bedienen komplexer Türen eine Rolle spielt, werden Handinteraktionen wieder wichtig. Um solchen Fallstricken aus dem Weg zu gehen ist das wichtigste Mittel zum Gelingen die Zusammenarbeit mit den zukünftigen Nutzern der Anwendung. Wichtig ist in diesem Punkt auch, dass mit dem aktuellen Stand der Technik einige Gebiete einfacher darzustellen sind als andere. Hard-skills lassen sich so deutlich einfacher darstellen als Soft-skills, die kompliziertere Modelle benötigen um ausreichend vermittelt zu werden [8].

3.1 Interaktion

Interaktionen machen die Virtuelle Welt aus, ohne diese bleibt sie lediglich ein dreidimensionaler Film. Auch wenn das Thema Interaktionen in Virtual Reality nicht mehr neu ist, haben sich noch keine Standards etabliert, die selbst in nicht optimalen Situationen aufgrund ihrer Gewohnheit präferiert werden. Interaktionen können anhand unterschiedlichster Kriterien aufgeteilt werden, sei es Natürlichkeit, Controller Typ oder Auslösungsart um ein paar zu nennen. Die Grenzen in den Kategorien verschwimmen aber schnell oder lösen sich ganz auf wenn Hybride zum Einsatz kommen. Hier sollen sie anhand ihres Auslösers unterschieden werden. Für eine weitere grundlegende Übersicht bietet sich "Virtual und Augmented Reality (VR/AR)"-[4] als Quelle an.

- Hände und Füße, die in die Virtuelle Welt gebracht werden. Sei es durch Controller oder irgendeine andere Art der Integration. Sie dienen zum Teil auch als Grundlage für die anderen Interaktionstypen.
- Magische Interaktionen sind jene, die keine vergleichbare Alternative in der Realen Welt haben. Dazu zählt World-In- Miniature (WIM) Technik als Beispiel [24].
- UI lässt sich in User- und World-space aufteilen. Zweites trifft zu, wenn diese in die Virtuelle Welt integriert sind.

- Bewegung, die durch die Übertragung von Translation und Rotation aus der realen Welt entsteht oder durch irgendeine andere Interaktion ausgelöst wird.

Im Folgendem wird es um Selektion und Manipulation gehen, die sich stärker auf die ersten drei Punkte beziehen und als Zweites um die Bewegung. Die zwischen den beiden Punkten auftretenden Abhängigkeiten werden angesprochen, da diese den Nutzungskomfort beeinflussen.

Selektion und Manipulation Selbst wenn es nur darum geht einen virtuellen Schrank zu öffnen sind die Möglichkeiten für Interaktionen nur schwer zählbar. Jetzt könnte man jede Interaktion in einem Szenario optimieren, eine Sisyphos Arbeit, die zum Glück aber nur selten von Interesse ist. Ein möglicher Fall dafür wäre es, wenn komplexe Handinteraktionen das Übungsziel sind und diese so gut es geht nachgebildet werden müssen. Ein Beispiel, bei dem die Genauigkeit und das Feedback der Interaktion zählt, ist das Training für den Job eines Paper Conservators [6]. Um die physikalischen Gegebenheiten entsprechend darzustellen wurde mit Force Feedback gearbeitet. Generell ist es bei Aufgaben, die Feingefühl benötigen, von Vorteil diese als Mixed Anwendungen zu bauen, um zumindest passives haptisches Feedback zu bekommen [5]. Für diesen Zweck lässt sich fast alles in einen Controller umwandeln solange man es schafft an dem Objekt einen Controller zu befestigen. Dieses ist der einfachste Weg eine Anwendung zu Mixed Virtual Reality zu machen und von passivem haptischem Feedback zu profitieren. In den meisten Fällen ist dieses aber nicht notwendig und der große Teil der Interaktionen ist einfach zwischen den Welten zu übertragen. Zum Beispiel ist bereits beim Anblick einer Tür deren Funktionsweise in vielen Situationen sofort zu erkennen. Insgesamt ist die Reihenfolge der Interaktionen oft wichtiger als die Ausführung.

Bei den vielen zur Auswahl stehenden Wegen ist es in den meisten Fällen sinnvoll einen einheitlichen Mittelweg zu finden. Dieses gilt es realitätsnah umzusetzen, um eine gute Übertragbarkeit zu ermöglichen. Realistische Interaktionen sind spätestens dann notwendig, wenn vom Trainingsmodus in den Testmodus geschaltet wird, denn dieser sollte keine Hilfsmittel zur Verfügung stellen, die nicht auch in der Realen Welt zugegen sind. Der einfachste Weg ist es, das zu nutzen was schon vorhanden ist, die Hände, sei es durch Controller oder ein Optisches Verfahren zur Positionsbestimmung dieser. So lassen sich die häufigsten Interaktionen, das Zugreifen oder Drücken, einfach gestalten. Die Selektion ist problemlos, im Rahmen dessen was die Filigranität des Selectors zulässt möglich. Hier haben Methoden, die Hände in die Virtuelle Welt bringen, einen Vorteil. Die Manipulation ist in den meisten Fällen durch das Objekt beschränkt, denn nur wenige der Objekte haben unterschiedliche Interaktions-Modi, die gleichzeitig aktiv sind, diese Objekte benötigen dann besondere Gestaltung um dieses zu ermöglichen. An diesem Punkt wird die Granularität entschieden, je nach dem wie feinteilig eine Interaktion umgesetzt ist. Das Problem an dieser Art der Interaktion ist, dass sie lediglich in Nähe des Nutzers stattfinden kann.

Andere Methoden wie Sprach-, Gestik- oder Blick-Steuerung können diese Probleme zwar umgehen, sind nicht aber so nützlich aufgrund der Probleme der Übertragung auf die reale Welt. Sie können aber im Trainingsteil hilfreich sein um weitere Informationen, Hilfe oder Steuerung der Anwendung zu kontrollieren. An dieser Stelle sollen dann noch einmal zwei Methoden erwähnt werden, die versuchen das Problem der eingeschränkten Bewegung zu beheben: Die World in Miniatur (WIM) Technik [24] bietet sich zum Beispiel für das Training an, da sie die räumliche Anordnung vermittelt. Wenn diese aber ausschließlich verwendet wird, kann es aufgrund des unterschiedlichen Sichtpunktes später zu Problemen kommen, die erst im Test auffallen. Ähnliches gilt auch für die Go-go Interaction Technique, die mit einem nichtlinearen Mapping der Greifdistanz arbeitet [18]. Am Ende ist damit spätestens im Test Szenario eine Bewegungsmethode notwendig, wenn dieses größer als die zur Verfügung stehende Fläche ist.

Bewegung Bewegung ist wichtig, sie ermöglicht es entfernte Objekte zu erreichen und dient als ein Interface, mit noch nicht vollkommen erforschten Auswirkungen auf den Nutzer [7]. Sicher ist aber, dass natürlichere Bewegungsmethoden zu besseren Ergebnissen führen, wobei Walking in Place trotz seiner Realitätsnähe weniger akzeptiert wird als Joystick Kontrolle, der deutlich mehr Cybersickness zugeschrieben wird [28] [26]. Die Probleme des Walking in Place hängen oft mit der Detektierung der Bewegung zusammen, die mit Delay arbeitet oder nicht präzise ist. Normale Bewegung lässt sich auch ausdehnen, indem Redirection genutzt wird [14] [13] [16]. Das Problem an Methoden ohne kontinuierliche Rotation, wie Redirection, ist, dass die gedanklichen Spatial Maps Fehler aufweisen können [19] [11].

Die am häufigsten anzutreffende Methode der Fortbewegung ist aber Teleportation. Das erste Problem ist, dass die räumlichen Unterbrechungen die Orientierung im Raum mindern. Das zweite Problem ist, dass diese Art der Fortbewegung Hybrid ist, da sie von Selektion abhängig ist. Sei es der Zielpunkt, der angewählt, wird oder eine Richtung, die vorgegeben werden muss. Des weiteren muss es eine Auslösung für die Teleportation geben. Möglich wäre natürlich, den Blick zu nutzen um sich zu vorher festgelegten Punkten zu teleportieren. Überwiegend geschieht dieses aber über den Controller. Somit ist zusätzlich eine Taste belegt. Es sind zwar generell genug vorhanden, das Problem ist aber, dass es so je nach Typ des Controllers geistige Verrenkungen benötigt, einen Gegenstand zu halten und sich gleichzeitig zu Teleportieren, wenn die Finger abenteuerliche Kombinationen greifen müssen.

Für Bewegung gibt es noch keine perfekte Lösung, abgesehen von einem Raum, der groß genug ist. Entsprechend ist es wichtig, das richtige Verfahren auszuwählen oder eine eigene Metapher zu finden, mit der sich der Ort wechseln lässt. Dieses lässt nicht nicht generell festlegen, da in jedem Szenario andere Räume vorhanden sind. Eventuell gibt es auch ein Fahrzeug oder einen Aufzug, der zum Ortswechsel genutzt werden kann.

3.2 Gestaltung des Wahrnehmbaren

Die Übertragbarkeit war bereits Thema, doch was bedeutet dieses für das Design der Anwendung? Lerninhalte müssen nicht nur von der Virtuellen Welt in die Reale übertragbar sein sondern auch umgekehrt. Ohne diese Voraussetzung kommen die beiden Welten nicht zusammen und es ist nicht möglich, effektiv in der Virtuellen Welt zu lernen. An diesem Punkt wird die Interdisziplinarität solcher Projekte besonders deutlich. Es werden Personen für den Code, Grafische Gestaltung, Lerninhalte, Technische Modelle und weitere Aufgaben benötigt. Die meisten dieser Aufgabengebiete benötigen schon mehr als eine Disziplin um vollständig abgedeckt zu werden.

Ein weiterer Punkt der Interdisziplinarität ist, dass Personen mit dem Wissen der Praxis eingebunden werden müssen. Ein Beispiel hierfür wäre ein Drehregler, der in der Virtuellen Welt andersherum gedreht werden muss. Je nach dem was dieser auslöst, wäre auch eine Beschriftung in der Realen Welt nicht ausreichend um Probleme zu vermeiden. Wenn Wissen über eine Aktion nicht zuverlässig ist, ist es meistens sinnvoll, den Prozess zu abstrahieren um nichts Falsches zu vermitteln.

Was die Grafischen Komponenten angeht, gibt es im Moment noch keinen einfachen Weg, diese in die Virtuelle Welt zu bringen. Es entstehen zwar im Moment Tools, die den Weg von den typischerweise vorliegenden CAD Daten in die Virtuelle Welt unterstützen aber auch dieser Prozess benötigt Arbeit um ein brauchbares Ergebnis zu erzielen. An diesem Punkt wird sich wahrscheinlich noch einiges in der nächsten Zeit ändern.

3.3 Bauen für VR

Eine Anwendung für Virtual Reality zu erstellen bedeutet, dass eine Game Engine zum Einsatz kommt. Diese haben die benötigten Eigenschaften um komplexe Virtuelle Environments zu realisieren und einige bieten spezielle Schnittstellen für Virtual Reality an. Ansich lassen sich alle Paradigmen der Softwareentwicklung auch auf die Arbeit mit einer Game Engine übertragen. Diese bringen natürlich ihr eigenes Set an Vor- und Nachteilen mit, wie das der Fall mit komplexen Entwicklungs-Umgebungen ist. Besonders da viele versuchen einen einfachen Einstieg zu ermöglichen, bieten sie Paradigmen und Möglichkeiten an, die es zu meiden gilt, um die Stabilität größerer Anwendungen nicht zu gefährden. Der Vorteil hiervon ist, dass dieses es ermöglicht Prototypen deutlich schneller zu erstellen. Sorgsam erstellter Code ist so weiterhin die Voraussetzung, um Projekte auch in der Zukunft wiederzuverwenden oder anderen zur Verfügung zu stellen [27].

Komplexität der Interaktionen In dieser Ausarbeitung werden nur die übergeordneten Konzepte behandelt, die Details für ein Beispiel eines Interaktions-Systems sind Bestandteil des Master Grundprojektes.

Interaktionen weisen unter diesen Voraussetzungen ihre eigenen Probleme auf, die sich zum Vorteil wenden lassen. Der erste Punkt sind die Inputgeräte, diese variieren stark in ihrer Handhabung und Dynamik. Ältere Generationen sind oft recht klobig und erlauben nicht so präzise Selektion. Die neueren sind oft schon fähig, Modelle der Hand zu erraten und diese anzuzeigen und erlauben Gesten wie das Greifen. Die letzte Gruppe nutzt keine Controller und errechnet die Hände auf visueller Basis. Selbst innerhalb dieser Kategorien unterscheidet sich die Qualität zum Teil deutlich. Diesen Teil gilt es generell mit einer Schnittstelle von den Interaktionen zu trennen. Das Selbe zählt für mögliche Outputgeräte, wobei hier die Systeme ohne Controller wenig Möglichkeiten haben.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist, wie Interaktionen ihre Daten und Abhängigkeiten verwalten. Um Seiteneffekte und Konfigurierbarkeit einfach zu halten ist es sinnvoll jede Interaktion als Mikroservice zu betrachten. Dieses reduziert die Aufgaben, die von einer Interaktion zu bewältigen sind. Mit der lokalen Datenspeicherung sind diese auch vollkommen unabhängig von einander und es ist möglich Seiteneffekte auf dieser Ebene auszuschließen.

Der andere Teil ist die Implementation der Interaktionen. Wenn diese nicht nur aus dem Anklicken von Objekten bestehen sollen, werden es schnell über ein Dutzend unterschiedlicher, die zu implementieren sind. Die Unterschiede sind zwischen vielen dabei nur minimal, z.B bei einem Drehknopf und einer Schraube, wobei zweites lediglich eine zusätzliche Translation an der Längsachse benötigt. Weiterhin haben alle Interaktionen gemeinsam, dass die Objekte gegriffen werden können. So lassen sich mit Vererbung große Teile des Codes einsparen, für den Preis, dass die Interaktionen in eine sinnvolle Hierarchie gebracht werden müssen und die Verständlichkeit mit der Tiefe des Vererbungen abnimmt.

Es gibt aber dennoch Objekte, die sich auf diese Art nicht handhaben lassen. Wenn ein Objekt nun aus unterschiedlichen Interaktionen besteht, müssen diese koordiniert werden um Abhängigkeiten darzustellen. Hierfür ist es geeignet Aktoren zu erstellen, die ein bestimmtes Set an Interaktionen kontrollieren. Diese enthalten dann lediglich die Logik für das spezifische Ziel und lassen sich für dieses auch wiederverwenden. So lassen sich die Klassen der Interaktionen möglichst klein halten um deren Qualität nicht zu reduzieren. Ebenso ist das Testen so einfacher mit sichtbar aufgeschlüsselten Abhängigkeiten, als wenn Superinteraktionen für den selben Zweck erstellt werden.

Komplexität der Szenarien Wenn Interaktionen schon kompliziert sind, wirkt sich dieses auf die Szenarien aus, diese müssen sich zurücksetzen lassen, Test enthalten um ihre Vollständigkeit zu überprüfen, eine state machine berücksichtigen um Bedingungen zu realisieren und sich abschalten lassen. Um auf Interaktionen reagieren zu können ohne von der Architektur der Mikroservices abzuweichen ist ein Eventsystem hilfreich. Somit wird dann die Kontrolle über die Interaktionen zu einer Art Orchestrator aus der Welt der Mikroservices, um die Konsistenz zu wahren und diese zu steuern. Dieses hat auch den Vorteil, dass die gesamte übergreifende Logik an einem Ort ist und somit einfacher zu dokumentieren und zu warten ist. Denn selbst wenn hierfür ein grafisches Interface

genutzt wird, ist dieser Teil immer einer, der nur schwierig im Griff zu halten ist aufgrund der vielen Anforderungen, die an Abläufe gestellt werden können.

Wege zum Erfolg Wenn es nun gilt all die guten Vorsätze umzusetzen, sind geeignete Methoden notwendig um dieses zu ermöglichen. Wichtig dabei ist, dass am Ende agil gearbeitet wird. Besonders hilfreich dabei ist das Rapid Prototyping. Es lohnt sich erst einen Prototypen zu bauen, denn etwas auszuprobieren ist oft der einzige Weg herauszufinden, ob die Umsetzung so eine gute Idee ist. Wenn nun die Idee für ein neues Feature aufkommt, kann der Lebenszyklus des Prototypen wie folgt beschrieben werden: Ist das Feature wirklich gewollt oder notwendig, dann muss die technische Umsetzung geprüft werden. Nicht immer ist alles mit den vorhandenen Ressourcen (Zeit, Technologie, etc.) realisierbar. Dann wird ein Prototyp entwickelt, an dem die Frage zu beantworten ist, ob das Ergebnis nutzbar ist und wie mit eventuellen Nebenwirkungen umgegangen werden soll. Als Letztes kommt die Entscheidung, ob das Feature die Anwendung verbessert und es integriert werden soll. Dieser Punkt muss dann auch wieder mit den endgültigen Nutzern getestet werden.

An dieser Stelle greift dann auch das Prinzip des "Fail Fast", je früher fest steht, dass ein Feature nicht realisierbar ist und oder das Ergebnis nicht nutzbar sein wird, desto schneller ist es möglich sich dem nächstem Prototypen zuzuwenden. An dieser Stelle ist dann auch die permanente Evaluation mit den endgültigen Nutzern notwendig, denn diese sind es, die entscheiden, ob das Projekt am Ende in der Ecke verstaubt.

Wenn es dann darum geht die einzelnen Szenarien zu erstellen, ist Abstraktion und Kapselung an vielen Stellen notwendig. Denn an einem Szenario sind viele unterschiedliche Kompetenzen beteiligt. Und wenn einzelne Elemente gut genug sind, lassen diese sich weiterverwenden egal ob Code oder Grafisches Element.

4 Ausblick und Zukunft

Zusammengefasst ist die Erstellung von Virtual Reality Szenarien für Training nicht komplizierter als Softwareprojekte. Die Herausforderungen und Bewertungskriterien sind aber andere. Zentrale Punkte sind hier beschrieben worden und welche Rolle sie in der Entwicklung und in der Nutzung spielen. Viele der Kriterien wurden schon in anderen Arbeiten dargestellt und analysiert. In dieser Arbeit wurden wichtige Kriterien vorgestellt und zusammengebracht.

Im weiterem Verlauf des Masters soll im Rahmen des Grundprojektes das erwähnte Interaktions-System erstellt werden und Parameter dafür analysiert werden. Im Hauptprojekt soll dieses auf seine Eigenschaften in der Nutzung untersucht werden.

Literatur

1. ap Cenydd, L., Headleand, C.J.: Movement modalities in virtual reality: A case study from ocean rift examining the best practices in accessibility, comfort, and immersion. *IEEE Consumer Electronics Magazine* **8**(1), 30–35 (Jan 2019). <https://doi.org/10.1109/MCE.2018.2867971>
2. Christensen, N.H., Hjerimitslev, O.G., Stjernholm, N.H., Falk, F., Nikolov, A., Kraus, M., Poulsen, J., Petersson, J.: Feasibility of team training in virtual reality for robot-assisted minimally invasive surgery. In: *Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual*. pp. 8:1–8:4. VRIC '18, ACM, New York, NY, USA (2018). <https://doi.org/10.1145/3234253.3234295>, <http://doi.acm.org/10.1145/3234253.3234295>
3. Coleridge, S.T.: *Biographia literaria* (zugriff: 2020-02-23) (2004), <https://www.gutenberg.org/files/6081/6081-h/6081-h.htm>
4. Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., Jung, B.: *Virtual und Augmented Reality (VR/AR)*. eXamen.press, Springer Vieweg, Berlin (2013). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-28903-3>
5. Franzluebbbers, A., Johnsen, K.: Performance benefits of high-fidelity passive haptic feedback in virtual reality training. In: *Proceedings of the Symposium on Spatial User Interaction*. p. 16–24. SUI '18, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2018). <https://doi.org/10.1145/3267782.3267790>, <https://doi.org/10.1145/3267782.3267790>
6. Geary, A.: A haptic virtual reality training tool for paper conservators. In: *ACM SIGGRAPH 2003 Sketches & Applications*. pp. 1–1. SIGGRAPH '03, ACM, New York, NY, USA (2003). <https://doi.org/10.1145/965400.965498>, <http://doi.acm.org/10.1145/965400.965498>
7. Gillies, M.: What is movement interaction in virtual reality for? In: *Proceedings of the 3rd International Symposium on Movement and Computing*. pp. 31:1–31:4. MOCO '16, ACM, New York, NY, USA (2016). <https://doi.org/10.1145/2948910.2948951>, <http://doi.acm.org/10.1145/2948910.2948951>
8. Górski, F., Zawadzki, P., Buń, P., Starzyńska, B.: Virtual reality training of hard and soft skills in production. In: *Proceedings of the 23rd International ACM Conference on 3D Web Technology*. pp. 33:1–33:2. Web3D '18, ACM, New York, NY, USA (2018). <https://doi.org/10.1145/3208806.3219787>, <http://doi.acm.org/10.1145/3208806.3219787>
9. Hafsia, M., Monacelli, E., Martin, H.: Virtual reality simulator for construction workers. In: *Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual*. pp. 11:1–11:7. VRIC '18, ACM, New York, NY, USA (2018). <https://doi.org/10.1145/3234253.3234298>, <http://doi.acm.org/10.1145/3234253.3234298>
10. Kim, A.S.: Behind the starbucks counter: Design solutions for utilizing virtual reality for collaborative training. In: *Proceedings of the 37th ACM International Conference on the Design of Communication*. pp. 29:1–29:5. SIGDOC '19, ACM, New York, NY, USA (2019). <https://doi.org/10.1145/3328020.3353938>, <http://doi.acm.org/10.1145/3328020.3353938>
11. Kitson, A., Riecke, B.E., Stepanova, E.R.: Influence of movement expertise on a virtual point-to-origin task. In: *Proceedings of the 2Nd International Workshop on Movement and Computing*. pp. 100–103. MOCO '15, ACM, New York, NY, USA (2015). <https://doi.org/10.1145/2790994.2791014>, <http://doi.acm.org/10.1145/2790994.2791014>

12. Koutitas, G., Smith, K.S., Lawrence, G., Metsis, V., Stamper, C., Trahan, M., Lehr, T.: A virtual and augmented reality platform for the training of first responders of the ambulance bus. In: Proceedings of the 12th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments. pp. 299–302. PETRA '19, ACM, New York, NY, USA (2019). <https://doi.org/10.1145/3316782.3321542>, <http://doi.acm.org/10.1145/3316782.3321542>
13. Langbehn, E., Bruder, G., Steinicke, F.: Subliminal reorientation and repositioning in virtual reality during eye blinks. In: Proceedings of the 2016 Symposium on Spatial User Interaction. pp. 213–213. SUI '16, ACM, New York, NY, USA (2016). <https://doi.org/10.1145/2983310.2989204>, <http://doi.acm.org/10.1145/2983310.2989204>
14. Lubos, P., Bruder, G., Steinicke, F.: Safe-&-round: Bringing redirected walking to small virtual reality laboratories. In: Proceedings of the 2Nd ACM Symposium on Spatial User Interaction. pp. 154–154. SUI '14, ACM, New York, NY, USA (2014). <https://doi.org/10.1145/2659766.2661219>, <http://doi.acm.org/10.1145/2659766.2661219>
15. Moore, N., Yoo, S., Ahmadpour, N., Tommy, R., Brown, M., Poronnik, P.: Als-simvr: Advanced life support virtual reality training application. In: 25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology. VRST '19, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2019). <https://doi.org/10.1145/3359996.3365051>, <https://doi.org/10.1145/3359996.3365051>
16. Nishi, A., Hoshino, K., Kajimoto, H.: Straightening walking path using redirected walking technique. In: ACM SIGGRAPH 2016 Posters. pp. 61:1–61:2. SIGGRAPH '16, ACM, New York, NY, USA (2016). <https://doi.org/10.1145/2945078.2945139>, <http://doi.acm.org/10.1145/2945078.2945139>
17. Pellett, K., Zaidi, S.F.M.: A framework for virtual reality training to improve public speaking. In: 25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology. VRST '19, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2019). <https://doi.org/10.1145/3359996.3364727>, <https://doi.org/10.1145/3359996.3364727>
18. Poupyrev, I., Billinghurst, M., Weghorst, S., Ichikawa, T.: The go-go interaction technique: Non-linear mapping for direct manipulation in vr. In: Proceedings of the 9th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. pp. 79–80. UIST '96, ACM, New York, NY, USA (1996). <https://doi.org/10.1145/237091.237102>, <http://doi.acm.org/10.1145/237091.237102>
19. Riecke, B.E., Sigurdarson, S., Milne, A.P.: Moving through virtual reality without moving? *Cognitive Processing* **13**(1), 293–297 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10339-012-0491-7>, <http://dx.doi.org/10.1007/s10339-012-0491-7>
20. Rogers, K., Funke, J., Frommel, J., Stamm, S., Weber, M.: Exploring interaction fidelity in virtual reality: Object manipulation and whole-body movements. In: Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. pp. 414:1–414:14. CHI '19, ACM, New York, NY, USA (2019). <https://doi.org/10.1145/3290605.3300644>, <http://doi.acm.org/10.1145/3290605.3300644>
21. Rossol, N., Cheng, I., Bischof, W.F., Basu, A.: A framework for adaptive training and games in virtual reality rehabilitation environments. In: Proceedings of the 10th International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry. p. 343–346. VRCAI '11, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2011). <https://doi.org/10.1145/2087756.2087810>, <https://doi.org/10.1145/2087756.2087810>

22. Ruddle, R.A., Lessels, S.: For efficient navigational search, humans require full physical movement, but not a rich visual scene. *Psychological Science* **17**(6), 460–465 (2006). <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01728.x>, <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01728.x>, pMID: 16771793
23. Slater, M., Usoh, M., Steed, A.: Taking steps: The influence of a walking technique on presence in virtual reality. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* **2**(3), 201–219 (Sep 1995). <https://doi.org/10.1145/210079.210084>, <http://doi.acm.org/10.1145/210079.210084>
24. Stoakley, R., Conway, M.J., Pausch, R.: Virtual reality on a wim: Interactive worlds in miniature. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. p. 265–272. CHI '95, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., USA (1995). <https://doi.org/10.1145/223904.223938>, <https://doi.org/10.1145/223904.223938>
25. Sutherland, I.E.: The ultimate display. In: *Proceedings of the IFIP Congress*. pp. 506–508 (1965)
26. Usoh, M., Arthur, K., Whitton, M.C., Bastos, R., Steed, A., Slater, M., Brooks, Jr., F.P.: Walking > walking-in-place > flying, in virtual environments. In: *Proceedings of the 26th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*. pp. 359–364. SIGGRAPH '99, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY, USA (1999). <https://doi.org/10.1145/311535.311589>, <http://dx.doi.org/10.1145/311535.311589>
27. Vituccio, R., Cho, J., Tsai, T.Y.J., Boak, S.: Creating compelling virtual reality and interactive content for higher education: A case study with carnegie mellon university. In: *ACM SIGGRAPH 2018 Educator's Forum*. SIGGRAPH '18, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2018). <https://doi.org/10.1145/3215641.3215647>, <https://doi.org/10.1145/3215641.3215647>
28. Whitton, M.C., Cohn, J.V., Feasel, J., Zimmons, P., Razzaque, S., Poulton, S.J., McLeod, B., Brooks, F.P.: Comparing ve locomotion interfaces. In: *IEEE Proceedings. VR 2005. Virtual Reality, 2005*. pp. 123–130 (March 2005). <https://doi.org/10.1109/VR.2005.1492762>
29. van Wyk, E., de Villiers, R.: Usability context analysis for virtual reality training in south african mines. In: *Proceedings of the 2008 Annual Research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on IT Research in Developing Countries: Riding the Wave of Technology*. p. 276–285. SAICSIT '08, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2008). <https://doi.org/10.1145/1456659.1456691>, <https://doi.org/10.1145/1456659.1456691>
30. van Wyk, E., de Villiers, R.: Virtual reality training applications for the mining industry. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Computer Graphics, Virtual Reality, Visualisation and Interaction in Africa*. p. 53–63. AFRIGRAPH '09, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2009). <https://doi.org/10.1145/1503454.1503465>, <https://doi.org/10.1145/1503454.1503465>