

Die Viermastbark Peking in Virtual Reality als neue Form der Wissensvermittlung

DOMINIK TRAU^{1,2}, THOMAS P. KERSTEN¹ & FELIX TSCHIRSCHWITZ³

Zusammenfassung: Virtual Reality (VR) hat sich durch die immersive Visualisierung raumbezogener Daten in den letzten Jahren in der Geoinformatik etabliert. Dadurch bietet VR dem Anwender neue Möglichkeiten, sich durch Interaktion mit der VR-Applikation Wissen anzueignen und auch spielerisch zu erarbeiten. In diesem Beitrag wird die Entwicklung einer VR-Applikation vorgestellt, mit der eine neue Form der Wissensvermittlung durch Interaktivität in einem Virtual Reality-System untersucht und umgesetzt wurde. Als Beispiel für diese Umsetzung dient die an der HafenCity Universität Hamburg entwickelte VR-Applikation der Viermastbark „Peking“, welche ab 2023 als restauriertes Museumsschiff ein wichtiges Exponat des zukünftigen Deutschen Hafenmuseums in Hamburg verkörpern wird. In der Applikation ist es möglich, die „Peking“ zu betreten und zu erkunden sowie am Beispiel von drei Szenarien (3D-Modellerstellung, Segel- sowie Flaggenkunde) mit dem VR-Modell zu interagieren, um so viele theoretische Aspekte der Wissensvermittlung durch Interaktivität in die entwickelte VR-Applikation zu integrieren und zu untersuchen. Damit soll die VR-Applikation einen entscheidenden Anteil zum Lernprozess des Anwenders beitragen. In fortgeschrittenen Ansätzen, wie bei durch den Anwender selbständig formulierten komplexeren Fragestellungen, besteht jedoch noch Entwicklungspotential.

1 Einleitung

Die Erschaffung virtueller Realitäten war in der Anfangszeit lediglich größeren Forschungslaboren und militärischen Einrichtungen vorbehalten, wodurch nur beschränkte Einsatzmöglichkeiten existierten (DÖRNER 2013). Durch das Aufkommen preiswerter Virtual Reality Systeme Mitte der 2010er Jahre (Oculus Rift, HTC Vive) sowie verbesserter Verfügbarkeit und Lizenzierungsmöglichkeiten von Spiele-Engines ist diese Technologie heutzutage für die breite Öffentlichkeit zugänglich und soll einen wichtigen Beitrag für die zukünftige Entwicklung der Mediennutzung leisten.

Immer mehr VR-Entwicklungen beschäftigen sich mit nicht mehr existierenden Bereichen oder Objekten, z.B. historische Stadtzustände oder Kulturstätten (DEGGIM et al. 2017; TSCHIRSCHWITZ et al. 2019; WALMSLEY & KERSTEN 2019). Allerdings besitzen sowohl die generierten virtuellen Umgebungen als auch die zur Erzeugung verwendeten Spiele-Engines viel mehr Potential als die bloße Darstellung und Präsentation von Kulturgütern für den Anwender. Beispielsweise kann unter dem Einsatz von interaktiven Elementen auch das Edutainment für ein breiteres, fachlich nicht so versiertes Publikum oder Nutzergruppe gefördert werden. Weiterhin bietet die

¹ HafenCity Universität Hamburg, Labor für Photogrammetrie & Laserscanning, Überseeallee 16, D-20457 Hamburg, E-Mail: [Dominik.Trau, Thomas.Kersten]@hcu-hamburg.de

² Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, Neuenfelder Straße 19, D-21109 Hamburg, E-Mail: Dominik.Trau@gv.hamburg.de

³ IB&T Software GmbH, An'n Slagboom 51, D-22848 Norderstedt, E-Mail: Felix.Tschirschwitz@card-1.com

Implementierung von dynamischen Elementen eine Steigerung des immersiven Erlebnisses für den Betrachter.

Am Beispiel der Viermastbark „Peking“ werden unterschiedliche Formen der interaktiven Wissensvermittlung mithilfe verschiedener Elemente entwickelt und untersucht. Diese neue Form des Wissenstransfers beinhaltet sowohl historische Kennwerte des Schiffes als auch Informationen über den Entstehungsprozess der VR-Applikation, denn als Zielgruppe stehen die breite Öffentlichkeit und nicht nur ausgewählte Experten im Fokus.

2 Methode

Für die Visualisierung der Viermastbark „Peking“ und zur Erstellung der interaktiven VR-Anwendung wurde die Spiele-Engine Unreal Engine 4.22.3 des Softwareunternehmens Epic Games Inc. eingesetzt. Als Hardwarelösung kommt das Head-Mounted-Display HTC Vive Pro der beiden Hersteller HTC und Valve Corporation zum Einsatz.

Zur Präsentation als Exponat im zukünftigen Deutschen Hafenmuseum wird die „reale“ Viermastbark „Peking“ (Abb. 1, links) in einen Zustand von 1927/1928 zurückversetzt. Für die Erstellung des „virtuellen“ Schiffes „Peking“ (Abb. 1, rechts) sind neben 3D-Modellen und Plänen aus der Schifffahrtsbranche auch durch geodätische Methoden (Photogrammetrie und terrestrisches Laserscanning (TLS)) erfasste Informationen vom Schiff und vom Inventar des Schiffes verwendet worden.



Abb. 1: Die "Peking" 2017 (FREUNDE DER VIERMASTBARK PEKING E.V. 2020) vor der Peters-Werft in Wewelsfleth (links) und die virtuelle Rekonstruktion des Schiffes (rechts)

Die „Peking“ ist eine Viermast-Stahlbark, welche von der Reederei F. Laeisz in Auftrag gegeben und in den Jahren 1910 und 1911 durch die Werft Blohm + Voss in Hamburg gebaut wurde. Das insgesamt über 115 m lange Schiff mit vier bis zu 50 m hohen Masten besitzt eine lange und wechselhafte Geschichte, die ausführlich durch den Verein FREUNDE DER VIERMASTBARK PEKING E.V. (2020) beschrieben wird. In der Zeit bis kurz nach 1927/1928 wurde das Schiff für den Salpetertransport von Chile nach Europa eingesetzt und diente dann nach einigen Umbauten als Schulschiff für Seeoffiziersanwärter. Seit 2017 ist die „Peking“ nach einigen Besitzerwechseln wieder in Deutschland und wird zurzeit in der Peters-Werft in Wewelsfleth (bei Glückstadt)

restauriert, um voraussichtlich ab 2023 eines der Aushängeschilder des zukünftigen Deutschen Hafenumuseums in Hamburg darzustellen.

Nachfolgend werden spezielle Schwerpunkte des Visualisierungsprozesses dargestellt, die sich signifikant von bisherigen Ansätzen in der VR-Visualisierung unterscheiden. Zunächst wird der gesamte Workflow besonders im Hinblick auf die verwendeten Datenformate vorgestellt, bevor die Implementierung von dynamischen und interaktiven Elementen in diesem Projekt näher beschrieben wird.

2.1 Entwicklung der VR-Applikation

Als „virtueller Liegeplatz“ der „Peking“ wurde der Hansahafen im Hamburger Stadtteil Kleiner Grasbrook gewählt, da dieser ein visuell geschlossenes Areal bietet und den historischen Ankerplatz während der aktiven Zeit des Schiffes darstellt. Umliegende Objekte wie Gebäude, Kaimauern und Vegetation sind nur rudimentär generiert, um nicht vom Hauptuntersuchungsgegenstand, der Viermastbark „Peking“, abzulenken. Eine zu detaillierte Ausführung kann den Fokus des Betrachters zu sehr auf diese Elemente lenken. Zur Darstellung der Gebäude wurden überwiegend Objekte des Hamburger 3D-Stadtmodells in der Detailstufe LoD 2 (Level of Detail) herangezogen, welche vor allem durch die Sichtbeschränkung in alle Himmelsrichtungen zum immersiven Erlebnis beitragen sollten. Diese Daten sowie das als Untergrund genutzte Digitale Geländemodell mit einer Rasterweite von einem Meter sind frei verfügbar und stammen vom Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg.

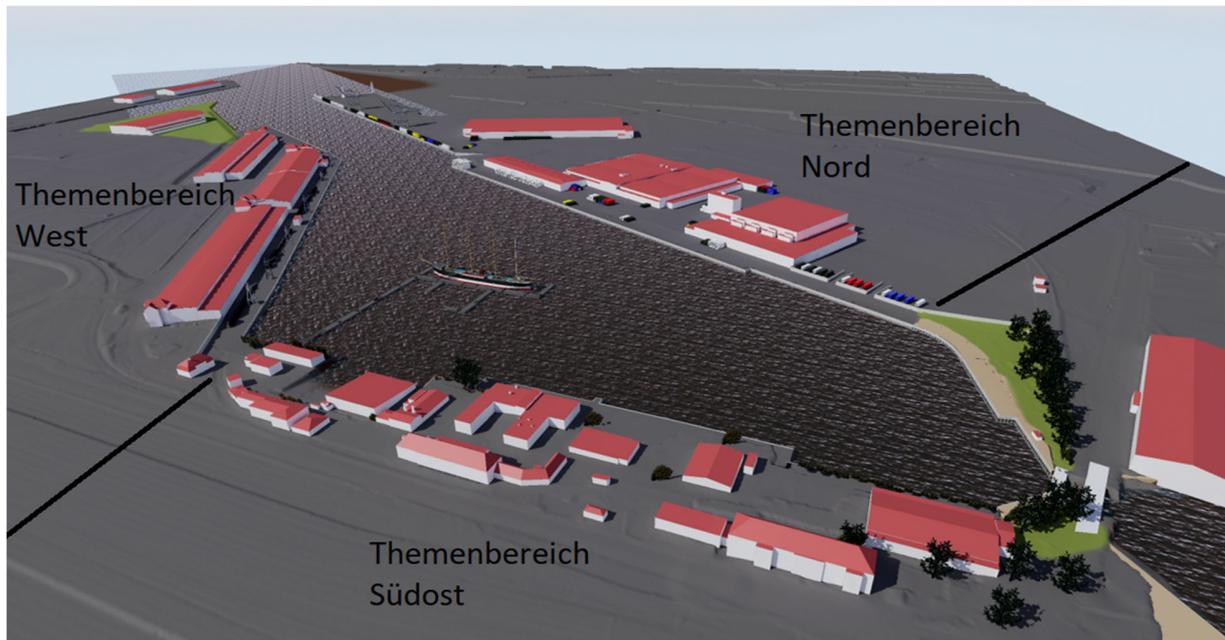


Abb. 2: Die drei im VR-Projekt festgelegten Themenbereiche im Hamburger Hansahafen

Wie in Abb. 2 dargestellt, ist das Areal des Hansahafens in drei Themenbereiche unterteilt. Es ist ausdrücklich nicht das Ziel dieser Gestaltung, exakt die Realität abzubilden, sondern einen Eindruck über die typische, in diesem Bereich vorhandene, Hafencharakteristik zu vermitteln.

Im nördlichen Umfeld wurden neben den vorhandenen Logistikkomplexen vor allem Container, Verladekräne und Mauern der Szene hinzugefügt. Der zweite Themenbereich im Süden umschließt die Zentrale der Hamburg Port Authority (HPA) und ist, gemäß des momentanen Zustandes, überwiegend mit Bäumen und Sträuchern gestaltet. Währenddessen befindet sich der dritte Themenbereich am westlichen Ende des Hafenbeckens und umschließt die historischen Schuppen 50 und 51, welche bereits als Umschlagplatz für Fracht Anfang des 20. Jahrhunderts dienten. Heute sind dort viele Krananlagen und Waggons zu finden, welche in diese VR-Applikation als Ausstattung der Szenerie platziert wurden.

Für dieses Projekt war eine der zentralen Zielsetzungen, die Viermastbark „Peking“ als detailliertes 3D-Modell zu erstellen, um dieses virtuell im FPV (First-Person-View) besuchen und erleben zu können. Zu diesem Zweck wurden für die Erstellung des Schiffsrumpfes zum einen digitale Modelle von an der Restauration der „realen“ Viermastbark „Peking“ beteiligten Unternehmen verwendet, die jedoch unterschiedliche Entwicklungszustände und Schwerpunkte besaßen. Zum anderen konnten auch eine TLS-Punktwolke des Rumpfes sowie der originale Konstruktionsplan aus dem Jahre 1910 herangezogen werden. Aus all diesen Datenquellen sind die jeweils umfangreichsten und detailtreuesten Bereiche selektiert und das Schiff über mehrere Entwicklungsabschnitte virtuell konstruiert worden.

Für die Modellierung der Decksaufbauten (z.B. Abb. 3, rechts) sind vor allem Anregungen vom baugleichen Schwesterschiff, der „Passat“ (Abb. 3, links), herangezogen worden, das als Museumsschiff in Travemünde vor Anker liegt. Zudem lieferte die originale Bauvorschrift der „Peking“ wichtige Informationen. Der generelle Ablauf der CAD-Modellierung auf Grundlage verschiedenster Daten wurde in der Literatur bzw. in weiteren Projekten bereits ausführlich behandelt. Beispielhaft wird dieser Workflow in KERSTEN & LINDSTAEDT (2012a) oder KERSTEN et al. (2013) umfänglich erläutert.



Abb. 3: Blick über das Hauptdeck der "Passat" (links) und über das visualisierte Hauptdeck der "Peking" (rechts)

Die „Peking“ war während der Erstellung dieses Projektes nicht zugänglich, da das Schiff zur Restauration in der Werft liegt (siehe ULRICH 2020). Die einzigen beiden in Hamburg verfügbaren Komponenten des Schiffes (das Hilfssteuerrad im Museum für Hamburgische Geschichte und die Krullgalion im Internationalen Maritimen Museum Hamburg) sind photogrammetrisch erfasst und für Interaktionen auf der virtuellen Viermastbark implementiert

worden. Insgesamt wurden für die Visualisierung des Schiffes und der Umgebung sowie interaktiven Elementen 544 Arbeitsstunden aufgewendet. Ein Großteil hiervon nahm die CAD-Modellierung mit 238 Stunden ein, was im Verhältnis zu der gesamten Arbeitszeit anderen Modellierungsprojekten ähnelt (z.B. das „Alt-Segeberger Bürgerhaus“ in KERSTEN et al. (2013) und der „Kaiserdom Königsutter“ in KERSTEN & LINDSTAEDT (2012b)). Der Anteil der Visualisierung der VR-Applikation (222 Stunden) fällt entsprechend umfangreich aus, da einzelne Konzepte erst entwickelt werden mussten. Bei zukünftigen ähnlichen Projekten ist davon auszugehen, dass der Beitrag am Gesamtarbeitsaufwand aufgrund der gewonnenen Erfahrung geringer sein wird.

Weiterhin werden mithilfe interaktiver Elemente dem Betrachter mehrere Visualisierungsformen in VR präsentiert. In diesem Projekt wurden zwei Objekte exemplarisch ausgewählt, welche als Punktwolke, Dreiecksvermaschung, CAD-Modell und Fotografie dargestellt werden. Hierfür sind die originale Krullgalion und das Hilfssteuerrad der „Peking“ photogrammetrisch mit einer Nikon D800 erfasst und zur Erzeugung der genannten Datenformate entsprechend prozessiert worden. Im Zuge der photogrammetrischen Auswertung konnte eine Genauigkeit der verwendeten Maßstäbe von 0,2 mm (Krullgalion) und 1,8 mm (Steuerrad) zur Skalierung der Punktwolken bestimmt werden, die aber auf die Modellierung des Schiffes keine Auswirkung hat.

Um die Rechenleistung der VR-Applikation durch z.B. animierte Segel zu reduzieren, sind alle Segel des Schiffes in der Standardansicht gerafft. Durch die Interaktion mit der VR-Applikation (siehe auch Kapitel 2.3.) kann ein Matinee (EPIC GAMES 2020), eine Animationssequenz, ausgelöst werden, wodurch das Hissen selektierter Segel aktiviert wird. Innerhalb von fünf Sekunden werden ausgewählte Segelgruppen iterativ skaliert, bis die Segel vollständig gesetzt sind, um so eine unterbrechungsfreie Bewegung zu simulieren (Abb. 4). Durch das Ansprechen und das interaktive Hissen der Segel soll der Anwender eigenständig Informationen bzw. Wissen über die Segel (Position und Bezeichnung) erlernen (siehe Kapitel 2.3.).

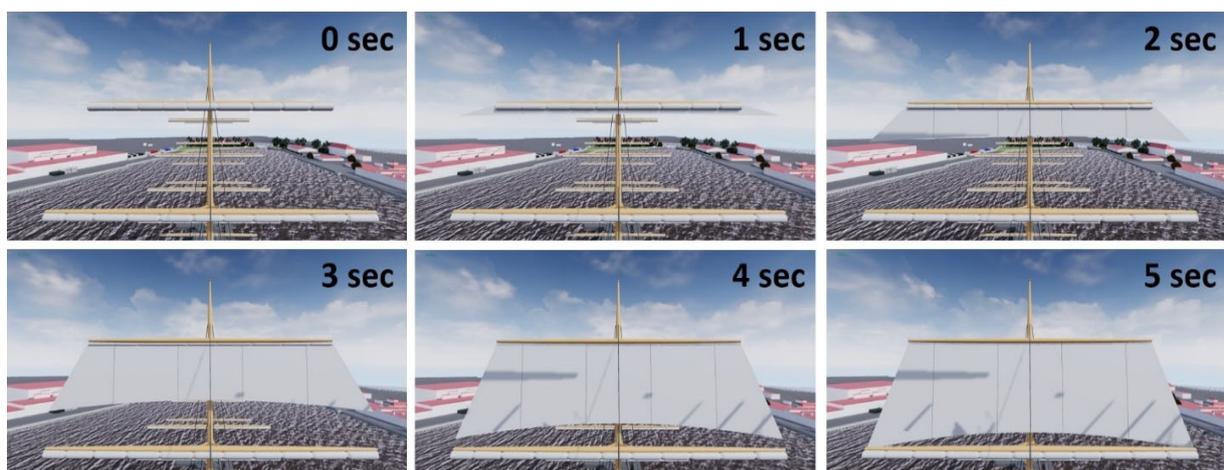


Abb. 4: Hissen des Vorroyalsegels als Matinee-Sequenz

2.2 Dynamische Komponenten des Projektes

In einer VR-Applikation ist es zudem möglich, natürliche Bewegungen der Umwelt in visueller Form darzustellen, um die Szenerie „lebendiger“ wirken zu lassen. Denn herkömmliche Anwendungen, die die Realität als visualisiertes 3D-Modell wiedergeben, besitzen zwar die wissenschaftliche Akkuratessse, jedoch ist die Immersion für den Nutzer eingeschränkt. In dieser Anwendung ist zum einen das Verhalten des Wassers realitätsnah imitiert. Durch die Anwendung eines Offsets können bestimmte Punkte der Wasseroberfläche eine andere vertikale Lage im Raum annehmen, sodass eine Bewegung vorgegeben wird. Auch visuell wird dieser Effekt unterstützt, indem je nach Blickwinkel des Betrachters mittels spezieller Beleuchtungstechnik die Spiegelung und Hervorhebung von Strukturen im Wasser unterstützt wurde.

Zum anderen wird an der Takelage, durch das Prinzip des „Verlet-Algorithmus“ (JAKOBSEN 2001) das Wirken externer Kräfte simuliert. So konnten Segel mit einem realistischen physikalischen Verhalten erzeugt werden. Hierfür wurden Ebenen mit jeweils tausenden Teilflächen generiert. Jede dieser Teilflächen wurde klassifiziert und so die an den Rahen befestigten Bereiche als unbeweglich festgelegt, während die restlichen Regionen unter Einwirkung äußerer Kräfte (Wind, Schwerkraft) von der zugewiesenen Position abweichen konnten. Anhand dieses Vorgehens konnten wehende Segel erschaffen werden.

2.3 Implementierung interaktiver Elemente

Zusätzlich zu der Visualisierung von Objekten wurden in diesem VR-Projekt noch interaktive Vorgänge eingebunden, um die Immersion des Nutzers mit der Umgebung zu fördern. Die implementierten Interaktionen sowie die resultierenden Prozesse sind im Hinblick sowohl unter Berücksichtigung verschiedenster Formen der Wissensvermittlung als auch auf die Anforderungen an Interaktivität konzipiert worden, um die Eignung von VR-Systemen dafür zu untersuchen.

Im Folgenden werden alle drei entwickelten interaktiven Menüs erläutert. In der VR-Anwendung kann sich der Nutzer durch Teleportation mittels Controller fortbewegen und durch das VR-Modell navigieren (Abb. 5, rechts). Beim Eintreten in markierte Bereiche erscheinen an festgelegten Stellen interaktive Auswahlmöglichkeiten, bei welchen der Betrachter mithilfe der Controller einzelne Button auswählen kann, um an Informationen und damit verbunden an Wissen zu gelangen. Als Reaktion resultiert immer eine Veränderung der Umgebung und die Anzeige von zusätzlichen Informationen in Form von Bildern, 3D-Modellen und Animationen. Dieser Vorgang stellt einen erheblichen Vorteil gegenüber der Informationsaufnahme in der Realität dar, da auf einem echtem Segelschiff solche Auswirkungen bzw. Animationen nicht „per Knopfdruck“ möglich sind.

In Abb. 5 (links) ist das erste interaktive Menü dargestellt. Mit dieser Interaktion kann der Nutzer alle mitgeführten Flaggen der „Peking“ betrachten und nähere Informationen darüber erlangen. Der Aufbau des Layouts ähnelt den beiden nachfolgenden interaktiven Elementen stark, lediglich ein einleitender Text ist nicht vorhanden. Mit der Auswahl eines Button wird die jeweilige Flagge am Fahnenmast am Heck des Schiffes gehisst und im rechten Bereich des interaktiven Menüs erscheint ein erläuternder Text speziell zu dieser Flagge der „Peking“.



Abb. 5: Das interaktive Menü "Flaggen der Peking" (links) und die gezielte Fortbewegung durch Teleportation im VR-Modell (rechts)

Das zweite implementierte Menü hat Informationen über die Segel der „Peking“ (Abb. 6) zum Thema. Wie alle weiteren Interaktionsmöglichkeiten ist das Layout in drei Abschnitte eingeteilt. Zunächst zur Orientierung befindet sich eine Überschrift im oberen Bereich der Komponente. Daraufhin ist immer ein einleitender und erklärender Text gegeben, bevor interaktive Elemente einen Großteil der Aufmerksamkeit einnehmen. Neben der Auswahl einiger historischer Fotografien auf der linken Seite kann der Anwender einen, mehrere oder alle Checkboxes der rechten Grafik auswählen. Daraufhin werden die Segel des jeweiligen Mastes zur Wissensvermittlung farblich hervorgehoben, so dass Bezeichnung und Position der Segel erlernt werden können. Zeitgleich beginnt der Hissvorgang, wie in Kapitel 2.1. beschrieben, am visualisierten Modell. Durch nochmalige Interaktion mit einer ausgewählten Checkbox kann der Prozess auch invers durchgeführt werden.



Abb. 6: Die "Peking" unter vollen Segeln (links) und das interaktive Menü "Segel der Peking" (rechts)

Bei dem dritten vorgestellten Menü handelt es sich um die Möglichkeit, Objekte des Schiffes (Krullgalion und Hilfssteuerrades) in verschiedenen Visualisierungsformen darzustellen. Die Interaktion ist so gestaltet, dass der Benutzer beim Betreten der näheren Umgebung der Krullgalion (Abb. 7, rechts) vor dem Schiff und des Hilfssteuerrades auf dem Mittschiffsdeck (Abb. 7, links) unterschiedliche Auswahlmöglichkeiten aktiviert. Der Aufbau des Layouts gleicht dem der anderen interaktiven Menüs. Mithilfe mehrerer Checkboxes kann der Betrachter eine favorisierte Visualisierungsform des Objektes selektieren, woraufhin das Objekt entsprechend vor

dem Nutzer erscheint. Bei dem Format der Punktwolke und der Vermaschung ist es möglich, auch den Detaillierungsgrad zu bestimmen. Zusätzlich erscheint eine erklärende Einheit (Tafel) links neben dem Objekt, das in einen textlichen und visuellen Part eingeteilt ist und über mehrere Seiten den Entstehungsprozess des jeweiligen Datenformates erläutert. Damit erhält der Anwender Erklärungen über Photogrammetrie und CAD-Modellierung.

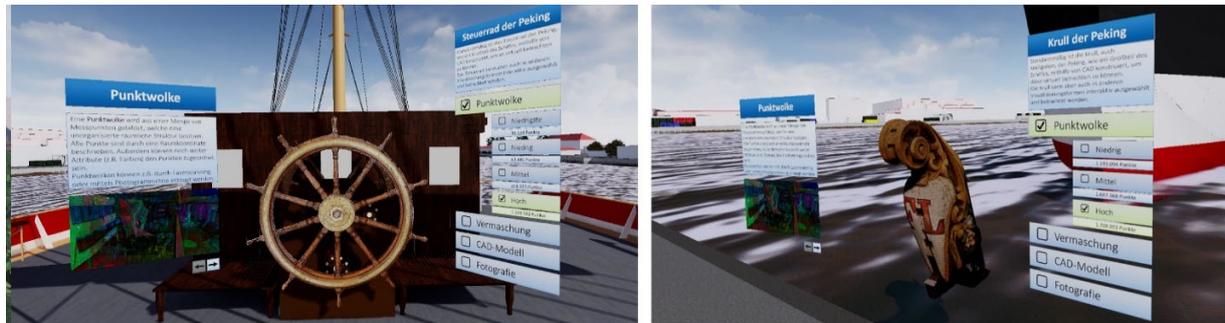


Abb. 7: Interaktive Menüs "Steuerrad der Peking" (links) und "Krull der Peking" (rechts)

3 Ergebnis

Im Anschluss an die Entwicklung der VR-Applikation für die Viermastbark „Peking“ fand eine differenzierte Auseinandersetzung mit den erzielten Resultaten statt. Hierfür sind verschiedene Kriterien zu berücksichtigen. So werden qualitative Merkmale, wie die implementierten interaktiven Elemente, näher betrachtet, bevor die benötigte Rechenleistung unter quantitativen Gesichtspunkten reflektiert wird.

3.1 Interaktive Wissensvermittlung am Beispiel der „Peking“

Dieses Kapitel gliedert sich in zwei Abschnitte. Zunächst werden einige zentrale Theorien der Wissensvermittlung aufgeführt und hinsichtlich der erstellten VR-Applikation untersucht. Im zweiten Abschnitt wird eine stufenweise Steigerung von Interaktivität eingeführt, welche mit den implementierten interaktiven Elementen der VR-Applikation „Peking“ verglichen wird.

Nachfolgend werden **zentrale Thesen der Wissensvermittlung** (BENKERT 2001; ISSING & KLISMA 2002; DÖRNER 2013) mitsamt kurzer Erläuterung aufgeführt und inwieweit *diese umgesetzt werden konnten*:

- **Situiertheit und Authentizität** - Dieser Punkt beschreibt, dass der Lernprozess gefördert wird, wenn zum einen der Lerninhalt in Zusammenhang mit vorhandenem Wissen gesetzt wird und zum anderen in einer bestimmten bzw. authentischen Umgebung stattfindet.
 - *In der VR-Anwendung bietet die Viermastbark ein authentisches Umfeld und die Wissensaufnahme findet mithilfe bekannter Strukturen statt. So besitzen alle Interaktions-Menüs ein gleichbleibendes Schema (durch verschiedene Tasten werden immer Zusatzinformationen generiert und eine Veränderung der virtuellen Welt hervorgerufen), wodurch der Nutzer beim Erlernen des Handlungsprinzips unterstützt wird.*

- **Multiple Kontexte** - Ein weiterer Faktor ist, dass die Wissensaufnahme durch die gelegentliche Veränderung der Perspektive sowie der Variation von Situationen und Aufgaben begünstigt wird.
 - *Durch die verschiedenen Ansätze der virtuellen Umgebung kann der Nutzer seine Perspektive beliebig variieren.*
- **Sozialer Kontext** - Außerdem wird der Wissenstransfer vorteilhaft beeinflusst, wenn ein Austausch mit weiteren Personen, unabhängig der Fachkenntnis, stattfindet.
 - *Die soziale Interaktion mit weiteren Personen ist momentan nur eingeschränkt möglich.*
- **Selbststeuerung und Kooperation** - Weiterhin steigert eine selbständige Auswahl der Lernmethode die Motivation des Lernenden. Auch eröffnet die Kooperation mit zusätzlichen Personen neue Sichtweisen.
 - *Mit der entwickelten VR-Applikation ist dem Betrachter die anzuwendende Lernstrategie freigestellt.*

Eine weitere Thematik ist die Interaktivität, für die aufgrund vieler betroffener Fachdisziplinen keine einheitliche Klassifikation existiert. ISSING & KLISMA (2002) stellen folgende Steigerung auf, welche die schrittweise **Zunahme von Interaktivität** repräsentiert und abschnittsweise der erstellten VR-Applikation gegenübergestellt wird.

- **Zugriff auf bestimmte Informationen**
 - *In der VR-Anwendung sind mehrere Interaktionsmöglichkeiten implementiert, die weiterführende Informationen anzeigen können.*
- **Ja/Nein- und Multiple-Choice-Antwortmöglichkeiten**
 - *Alle interaktiven Menüs gestatten die Auswahl einzelner Optionen, ein interaktives Element ermöglicht auch die kombinierte Selektion mehrerer Checkboxes.*
- **Aktivierung bestimmter Zusatzinformationen**
 - *Die interaktiven Komponenten sind so gestaltet, dass zusätzliche Erklärungen und Informationen angeboten werden.*
- **Komplexe Fragestellung mit intelligentem Feedback**
 - *Der Nutzer in dieser VR-Applikation kann nur zwischen bestimmten Antwortmöglichkeiten wählen und keine selbstständigen Fragestellungen definieren.*
- **Freier ungebundener Dialog mit dem System**
 - *Diese Funktion ist nicht implementiert worden.*

3.2 Betrachtung der Rechenleistung

Die Darstellung der digitalen Elemente in Virtual-Reality-Systemen bedarf sehr geringer Latenzen, um ein einwandfreies, schwindelfreies VR-Erlebnis zu generieren. Um eine ideale VR-Erfahrung für den Anwender zu erschaffen, wird eine „motion-to-photon time“ (Zeitspanne zwischen der Sensordetektion der Bewegung und der Reaktion auf dem Bildschirm) von weniger als 20 Millisekunden (ms), dies entspricht 50 FPS (frames per second), angestrebt (MCCAFFREY 2017). Für die nachfolgende Untersuchung wurde ein im geodätischen Labor der HafenCity Universität befindlicher Computer verwendet. Wie anhand von Tab. 1 zu erkennen ist, liegt die Recherausstattung über den empfohlenen Systemanforderungen.

Tab. 1: Minimale, empfohlene und verwendete Systemanforderungen für die genutzte HTV Vive Pro (HTC CORPORATION 2020)

Hardware	Minimale Systemanforderungen	Empfohlene Systemanforderungen	Verwendete Systemanforderungen
Prozessor	Intel® Core™ i5-4590 3,3 GHz (3,7 GHz)	Intel® Core™ i5-4590 3,3 GHz (3,7 GHz)	Intel® Core™ i7-6700K 4,0 GHz (4,2 GHz)
Grafikkarte	NVIDIA GeForce™ GTX 970	NVIDIA GeForce™ GTX 1070	NVIDIA GeForce™ GTX 1080
Arbeitsspeicher	4 GB	4 GB	16 GB
Betriebssystem	Windows 7 SP1, Windows 8.1, Windows 10	Windows 10	Windows 10

Bei einem gleichbleibenden Blick auf eine Szene mit wenigen Elementen und einem geringen Detaillierungsgrad werden in der VR-Anwendung Spitzenwerte von bis zu 54 FPS/19 ms (Abb. 8, links) erreicht. Mit zunehmenden Details nimmt die Leistung, wie bei der Ansicht des gesamten Schiffes (\emptyset : 21 FPS/48 ms - Abb. 8, Mitte), immer mehr ab. Durch die physische Simulation von Prozessen nimmt die benötigte Rechenleistung rapide zu und dadurch verzögert sich die Visualisierung, so dass bei der Betrachtung der Segel (\emptyset : 15 FPS/67 ms - Abb. 8, rechts) aus nächster Nähe der Nutzer die Latenzen deutlich wahrnehmen kann.



Abb. 8: Performance verschiedener Szenarien: Blick über die Hafenszenerie (links), Ansicht des gesamten Schiffes (Mitte) und physische Simulation eines Segels (rechts)

4 Fazit & Ausblick

Die Zielsetzung dieses an der HafenCity Universität Hamburg durchgeführten Projektes bestand darin, die Viermastbark „Peking“ in einem Zustand um das Jahr 1927/1928 in einer Virtual-Reality-Applikation zu visualisieren, da das Schiff zu der Zeit noch als Frachtsegler auf der Hamburg-Chile-Route verkehrte. Das Schiff stellt als ein bedeutender Teil der Hamburger Geschichte in virtuell aufbereiteter Form ein einzigartiges immersives Erlebnis dar (Abb. 9 und Abb. 10). Im Zuge dieser VR-Realisierung konnten die formulierten theoretischen Anforderungen der Wissensvermittlung durch Interaktivität untersucht und größtenteils erfolgreich umgesetzt werden. Es konnte dadurch gezeigt werden, dass VR-Systeme in der Lage sind, eine neue Form der Wissensvermittlung zu ermöglichen. Optimierungspotential besteht bei der Wissensvermittlung im Hinblick auf den Austausch mit weiteren Personen, der in dieser 1. Version der VR-Applikation nicht vorgesehen war. Jedoch existieren Technologien, die eine Kooperation und Kommunikation von mehreren Nutzern an verschiedenen Orten in VR erlauben und in anderen Projekten an der HafenCity Universität Hamburg bereits erfolgreich erprobt wurden (KERSTEN et al. 2018; TSCHIRSCHWITZ et al. 2019). In Bezug auf die Interaktivität kann geschlussfolgert

werden, dass VR-Systeme nur bis zu einem gewissen Grad interaktiv sind und vor allem der Umgang mit eigenständigen Fragestellungen noch nicht umfassend implementiert werden kann. Die Performance des VR-Systems ist stark abhängig von der Anzahl der implementierten Elemente, Interaktionen und dynamischen Komponenten. Maximal werden Framerates von 60 FPS erreicht, während in einigen Sequenzen lediglich im Durchschnitt 15 Bilder pro Sekunde angezeigt werden, vor allem Punktwolken und die physikalisch korrekt simulierten Segel des Schiffes beanspruchen große Mengen an Rechenleistung. Die Optimierung der Performance war allerdings kein vordergründiges Ziel in diesem Projekt.



Abb. 9: Überblick über die in der VR-Applikation visualisierte Viermastbark "Peking"



Abb. 10: Die visualisierte "Peking" bei gesetzten Segeln in der VR-Applikation

Des Weiteren sind noch viele Ansätze bzw. Optionen vorhanden, welche zusätzliches Entwicklungspotential besitzen und eine Erweiterung der VR-Applikation erlauben. Beispielsweise könnten zukünftig mobile Endgeräte mit der AR-Technologie (Augmented Reality) eingesetzt werden. Bei dieser Variante würde ein Protagonist in VR das Geschehen steuern, während weitere Personen zugleich die Szenerie individuell betrachten, jedoch nicht eingreifen können (z.B. anlehnend an GROOVE JONES 2017). Allein diese VR-Applikation zeigt beispielhaft, dass durch den Einsatz von Virtual Reality interaktive Wissensvermittlung mit Unterstützung von Animationen in einer neuen Form realisierbar ist und in Zukunft eine immer größere Rolle in der Mediennutzung bei Bildungseinrichtungen einnehmen kann.

5 Dank

Die Autoren danken Ursula Richenberger, der Direktorin des Hafenumuseums, für die allgemeine Unterstützung des Projekts. Wir danken für die Informationen, technischen Zeichnungen und das 3D-CAD-Modell der „Peking“, welche von Helmut Radebold (TECHNOLOG Services GmbH, Hamburg) zur Verfügung gestellt wurden, das 3D-Modell der Viermastbark, das von Lars Spieckermann (Detlev Löll Ingenieurbüro GmbH, Peenemünde) bereit gestellt wurde, die terrestrischen Laserscan-Daten der „Peking“, die vom Vermessungsbüro Overath & Sand, Rendsburg, geliefert wurden, und für die Unterstützung bei der photogrammetrischen Datenerfassung des Hilfslenkrades durch Dr. Ralf Wiechmann vom Museum für Hamburgische Geschichte.

6 Literaturverzeichnis

- BENKERT, S., 2001: Wissensvermittlung mit neuen Medien – Untersuchungen am Beispiel Niedrigenergie- und Solartechnik. Dissertation, Universität-Gesamtschule Siegen, <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/dissts/Siegen/Benkert2001.pdf>.
- DEGGIM, S., KERSTEN, T., TSCHIRSCHWITZ, F. & HINRICHSEN, N., 2017: Segeberg 1600 – Reconstructing a Historic Town for Virtual Reality Visualisation as an Immersive Experience. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, **42(2W8)**, 87-94.
- DÖRNER, R., 2013: Virtual und Augmented Reality (AR/VR) Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- EPIC GAMES, 2020: Unreal Engine 4 Documentation. <https://docs.unrealengine.com/en-US/Resources/Showcases/MatineeFightScene/index.html>, letzter Zugriff 10.01.2020,
- FREUNDE DER VIERMASTBARK PEKING E.V., 2020: Die Viermastbark Peking. <https://peking-freunde.de/index.php>, letzter Zugriff 10.01.2020
- GROOVE JONES, 2017: AR + VR Mixed Reality: Look Into VR Worlds With an iPad. https://www.groovejones.com/mixed_reality_with_an_ipad_and_htc_vive/, letzter Zugriff 10.01.2020
- HTC CORPORATION, 2020: What are the system requirements https://www.vive.com/ca/support/vive-pro-hmd/category_howto/what-are-the-system-requirements.html, letzter Zugriff 10.01.2020.

- ISSING, L. & KLISMA, P., 2002: Information und Lernen mit Multimedia und Internet: Lehrbuch für Studium und Praxis. Beltz Weinheim.
- JAKOBSEN, T., 2001: Advanced Character Physics. Game developers conference, (3), IO Interactive, Copenhagen, Denmark, 383-401.
- KERSTEN, T., HINRICHSSEN, N., LINDSTAEDT, M., WEBER, C., SCHREYER, K. & TSCHIRSCHWITZ, F., 2013: Baugeschichtliche 3D-Dokumentation des Alt-Segeberger Bürgerhauses durch Photogrammetrie und Terrestrisches Laserscanning. Denkmäler3.de – Von low-cost bis high-tech: 3D-Dokumentation in Archäologie und Denkmalpflege, Przybilla, H.-J. et al. (Hrsg.), LWL Industriemuseum Zeche Zollern Dortmund, 30-37.
- KERSTEN, T. & LINDSTAEDT, M., 2012a: Image-Based Low-Cost Systems for Automatic 3D Recording and Modelling of Archaeological Finds and Objects. Progress in Cultural Heritage Preservation, Lecture Notes in Computer Science, Vol. **7616**, Ioannides, M. et al. (eds.), Springer, Cham, 1-10.
- KERSTEN, T. & LINDSTAEDT, M., 2012b: Virtual Architectural 3D Model of the Imperial Cathedral (Kaiserdom) of Königsutter, Germany through Terrestrial Laser Scanning. EuroMed 2012 - Int. Conference on Cultural Heritage, Ioannides, M.; Fritsch, D.; Leissner, J.; Davies, R.; Remondino, F.; Caffo, R. (Eds.), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Volume 7616, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 201-210.
- KERSTEN, T., TSCHIRSCHWITZ, F., DEGGIM, S. & LINDSTAEDT, M., 2018: Virtual Reality for Cultural Heritage Monuments – from 3D Data Recording to Immersive Visualisation. Digital Heritage - Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection, Part II, Lecture Notes in Computer Science, Vol. **11197**, Ioannides, M. et al. (eds.), Springer, Cham, 74-83.
- MCCAFFREY, M., 2017: Unreal Engine VR Cookbook: Developing Virtual Reality with UE4. Addison-Wesley Professional, 1. Auflage, 288 S.
- TSCHIRSCHWITZ, F., RICHERZHAGEN, C., PRZYBILLA, H.-J. & KERSTEN, T., 2019: Duisburg 1566: Transferring a Historic 3D City Model from Google Earth into a Virtual Reality Application. Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation (PFG), **87**(1-2), 47-56.
- ULRICH, F., 2020: Die „Peking“ wird wieder zur Grande Dame. Hamburger Abendblatt, 4. Januar 2020, <https://www.abendblatt.de/hamburg/article228054579/peking-restaurierung-schiff-frachtsegler-hafen.html>, letzter Zugriff 12.01.2020.
- WALMSLEY, A. P. & KERSTEN, T., 2019: Low-cost Development of an Interactive, Immersive Virtual Reality Experience of the Historic City Model Stade 1620. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, **42**(2/W17), 405-411.