



UNIVERSITÄT  
KOBLENZ · LANDAU

Fachbereich 4: Informatik

# Interaktive Wissenvermittlung an einem Augmented Reality Fernrohr

## Diplomarbeit

zur Erlangung des Grades einer Diplom-Informatikerin  
im Studiengang Computervisualistik

vorgelegt von  
Irina Sofia Schmidt

Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. Stefan Müller  
Institut für Computervisualistik, AG Computergraphik

Zweitgutachter: Dipl.-Inform. Dominik Grüntjens  
Institut für Computervisualistik, AG Computergraphik

Koblenz, im Juli 2011

## Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ja    Nein

Mit der Einstellung der Arbeit in die Bibliothek bin ich einverstanden.       

Der Veröffentlichung dieser Arbeit im Internet stimme ich zu.       

.....  
(Ort, Datum)

.....  
(Unterschrift)



## Aufgabenstellung für die Diplomarbeit

Irini Sofia Schmidt

(Mat. Nr. 204210017)

### **Thema: Interaktive Wissensvermittlung an einem Augmented Reality Fernrohr**

Die Präsentation und Illustration historischer Fakten und weiterführender Informationen zu Sehenswürdigkeiten erfolgt meist über Informationstafeln, Reiseführer oder Broschüren. Die Unterstützung der Besucher bei der Exploration des Wissens ist hierbei auf Texte und Bilder beschränkt. Eine Alternative dazu bietet Augmented Reality. Durch die Anreicherung mit zusätzlichen digitalen Inhalten wird das Erfassen der Inhalte vereinfacht.

Ein neues Ausgabegerät ist das Augmented Reality Fernrohr. Dieses Fernrohr beinhaltet eine Kamera, einen PC und ein Display und bietet so die Möglichkeit, die Kamerabilder mit virtuellen Inhalten anzureichern. Hierbei sind besonders die eingeschränkten Eingabe- und Interaktionsmöglichkeiten eine interessante Herausforderung.

Ziel dieser Arbeit ist es, eine prototypische Anwendung für ein AR-Fernrohr zu implementieren, die zeigt, inwiefern gut gewählte Interaktionsmöglichkeiten den Benutzer beim Erfassen von Informationen und Wissen unterstützen können.

Dabei steht auf der einen Seite die technische Umsetzung, beispielsweise das Auslesen der Sensordaten und die lagerichtige Einblendung der virtuellen Inhalte. Auf der anderen Seite stehen die Evaluation geeigneter Interaktionsmöglichkeiten und die Aufbereitung des zu vermittelnden Wissens.

Die Arbeit zielt darauf ab, Erkenntnisse über die Auswirkungen von Augmented Reality im Allgemeinen, und im speziellen eines AR-Fernrohrs auf das Vermitteln von Wissen zu gewinnen.

Den inhaltlichen Kern der Anwendung bildet die Festung Ehrenbreitstein und ihre Geschichte. Dabei soll den Benutzern ein Überblick über die Festungsarchitektur und die Aufgaben der einzelnen Gebäudeteile gegeben werden.

Die inhaltlichen Schwerpunkte der Arbeit sind:

1. Recherche der Geschichte der Festung Ehrenbreitstein
2. Recherche und Analyse verwandter Arbeiten
3. Konzeption der Anwendung
4. Prototypische Umsetzung
5. Evaluation
6. Dokumentation der Ergebnisse

Koblenz, den 22.11.2010

– Prof. Dr. Stefan Müller –

## Danksagung

Für die Unterstützung meiner Diplomarbeit möchte ich mich bei folgenden Personen bedanken:

- Herrn Prof. Dr. Müller für die Vergabe dieser Diplomarbeit und der Möglichkeit eigene Ideen umsetzen zu können.
- Der Arbeitsgruppe Computergrafik für die Durchführung des Projektes *telARscope* und der damit verbundenen Anschaffung des AR-Fernrohrs. Außerdem für die Bereitstellung des Projektcodes.
- Dominik Grüntjens für die sowohl auf fachlicher als auch auf persönlicher Ebene sehr hilfreiche und motivierende Betreuung während der letzten Monate. Die Diskussionen haben mir immer weitergeholfen und mir neue Denkanstöße gegeben. Für den verständnisvollen Umgang und das Finden von Lösungen auch in schwierigen Situationen möchte ich mich ganz besonders bedanken.
- Allen Teilnehmer der Präevaluation und der Abschlußevaluation.
- Julian dafür, dass er immer da war und mir sowohl mit Gesprächen, Kritik und Interesse als auch mit aufbauenden motivierenden Worten zur Seite stand. Ohne diese uneingeschränkte Unterstützung hätte ich diese Arbeit nicht schreiben können.
- Meiner Mutter Efi, nicht nur für ihre finanzielle Unterstützung während meines gesamten Studiums, sondern auch für ihr stets großes Interesse an meiner Arbeit und am Studiengang Computervisualistik. Außerdem dafür dass sie immer an mich geglaubt hat und mich während des ganzen Studiums aufgebaut und motiviert hat.
- Meinem Vater Torsten ebenfalls für die finanzielle Unterstützung und weil er in mir das Interesse für Computer geweckt hat und mich immer dazu motiviert hat, an neuen Herausforderungen zu wachsen.
- Günter für inhaltliches Feedback und die sehr gewissenhafte Korrektur dieser Arbeit. Außerdem für die Unterstützung und das große Interesse während meines gesamten Studiums.
- Karin und Werner für die aufmunternden Gespräche und die schöne und aufbauende Post.
- Meinen lieben „CV-Mädels“ Vera, Elke und Eva, die mir während der schwierigen Zeit in den letzten Monaten immer zur Seite standen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation . . . . .	1
1.2	Zielsetzung . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1	Augmented Reality . . . . .	3
2.2	Interaktion . . . . .	7
2.3	Wissensvermittlung . . . . .	9
2.4	Spieleentwicklung . . . . .	11
2.5	Augmented Reality Fernrohr . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Stand der Technik</b>	<b>19</b>
3.1	Wissensvermittlung mit AR . . . . .	19
3.2	AR-Fernrohre und vergleichbare Projekte . . . . .	19
<b>4</b>	<b>Konzept</b>	<b>23</b>
4.1	Vorüberlegungen . . . . .	23
4.2	Herangehensweise . . . . .	25
4.3	Konzeptbeschreibung . . . . .	25
4.4	Präevaluation . . . . .	32
<b>5</b>	<b>Implementierung</b>	<b>37</b>
5.1	Softwaretechnisches Konzept . . . . .	37
5.2	Umsetzung . . . . .	51
5.2.1	Ablauf . . . . .	51
5.2.2	Cursordarstellung . . . . .	58
5.2.3	Stationen . . . . .	62
<b>6</b>	<b>Evaluation</b>	<b>72</b>
6.1	Vorgehen . . . . .	72
6.2	Durchführung . . . . .	76
6.3	Auswertung . . . . .	76
6.3.1	Beobachtungsanalyse . . . . .	77
6.3.2	AttrakDiff2 . . . . .	83
6.3.3	Formlose Interviews . . . . .	87
<b>7</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>92</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Augmented Reality hat in den letzten Jahren mit der rasanten Entwicklung von Smartphones den Weg zur Marktreife gefunden. Die zahlreichen neuen Anwendungen für Smartphones zeigen, dass diese Technologie für Benutzer und Entwickler immer interessanter wird. Auch im Bereich der AR-Bücher entwickelt sich mittlerweile ein Markt. Bei AR Büchern liegt der Schwerpunkt auf der Aufbereitung und Vermittlung von Wissen - insbesondere für Kinder.

Ein bisher weniger bekanntes Ausgabegerät ist das Augmented Reality Fernrohr. Hierbei handelt es sich um ein stationäres Gerät, welches die Möglichkeit bietet das Blickfeld mit digitalen Inhalten anzureichern. Bei der Entwicklung von Anwendungen für das AR-Fernrohr kann davon profitiert werden, dass die allgemeine Entwicklung von AR-Anwendungen mittlerweile bereits genauere Erkenntnisse über die Anforderungen an AR-Anwendungen und deren Entwicklungsprozesse geliefert hat.

Die Motivation dieser Arbeit besteht darin, sich näher mit dem Augmented Reality Fernrohr zu beschäftigen und eine Anwendung zu entwickeln, die zugleich Aufschlüsse über den Einfluss von AR auf die Vermittlung von Wissen gibt. Besonders die Kombination der verschiedenen Schwerpunkte bei der Entwicklung von AR-Anwendungen im Allgemeinen und für das AR Fernrohr im speziellen bieten viele Möglichkeiten kreativ zu werden.

## 1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, eine Anwendung für ein Augmented Reality Fernrohr zu entwickeln, die verschiedene Interaktions- und Explorationsmöglichkeiten umsetzt. Darüber hinaus sollen Erkenntnisse über den Einfluss auf die Vermittlung von Wissen gewonnen werden.

Dafür soll innerhalb von sechs Monaten neben der Einarbeitung in die verschiedenen Themengebiete, dem Entwurf eines Konzepts und der Implementierung der Anwendung auch eine gründliche Evaluation durchgeführt werden.

Da der Standort des Fernrohrs im Rahmen der Bundesgartenschau 2011 [BUG] in Koblenz am Rheinufer in der Nähe der Talstation der Seilbahn ist, bietet es sich an die Festung Ehrenbreitstein in den Fokus zu setzen. Dabei soll vor allem die Festungsarchitektur im Mittelpunkt stehen. Die Anwendung soll dem Benutzer einen Überblick über die Festungsanlagen geben und nebenbei auch einige geschichtliche Fakten vermitteln.

Um die verschiedenen Anforderungen und die damit verbundenen Aufgaben zu erfüllen und strukturiert zu erarbeiten, wurde vor Beginn der Ar-

beit ein Projektplan erstellt, der die 6 Monate in fünf verschiedenen Phasen unterteilt, die jeweils mit Meilensteinen enden. Die Phase soll die Einarbeitung in die Grundlagen, die Entwicklung des Konzepts und die softwaretechnische Planung umfassen. Die nächste Phase beschäftigt sich mit der Präevaluation, die genaueren Aufschluss über die Qualität des entwickelten Konzepts geben soll. Im Anschluss an die Auswertung der Präevaluation kommt die erste Implementierungsphase, die mit einem Prototypen abschließen soll. Im zweiten Implementierungsschritt sollen dann die grafischen Inhalte erstellt und die prototypische Anwendung mit Inhalten gefüllt werden. Zum Abschluss des Projekts wird eine Evaluation durchgeführt, die Erkenntnisse über den Einfluss von Augmented Reality auf die Vermittlung von Wissen liefern soll.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Augmented Reality

Das *Reality-Virtuality-Continuum* in Abbildung 1 von [MTUK94] zeigt auf der einen Seite die reale Umgebung und auf der anderen Seite die virtuelle Umgebung. Mit virtueller Umgebung sind virtuelle Welten gemeint, in die der Benutzer komplett eintaucht. Dieses Ende des RV-Continuums bezeichnet man auch als *Virtual Reality* oder kurz *VR*. Dazwischen existieren Mischformen aus beiden Welten. Zu diesem Bereich der *Mixed Reality* gehören die *Augmented Reality* und die *Augmented Virtuality*. Der Bereich der Augmented Virtuality fand bisher in der Fachwelt wenig Beachtung. Es geht bei dieser Technik darum, Anteile der realen Welt in die virtuelle Welt einzublenden.

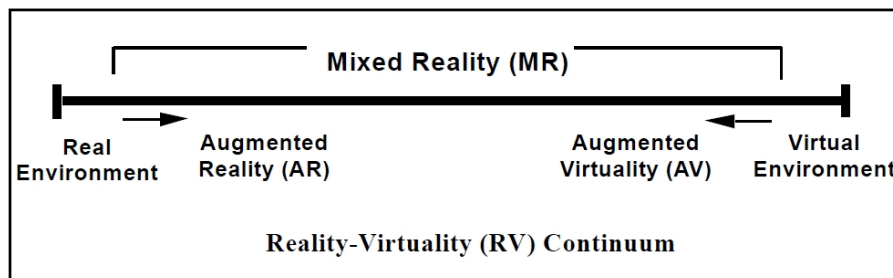


Abbildung 1: Das Reality-Virtuality-Continuum von [MTUK94]

Der Bereich der Augmented Reality beschreibt das Erweitern der realen Welt um virtuelle Anteile. Eine Definition findet sich in [Azu97]. Um sich nicht auf eine bestimmte Technologie festzulegen, definiert Azuma die Systeme als Augmented Reality, die die drei folgenden Charakteristika erfüllen:

- Das Reale und das Virtuelle werden kombiniert.
- Die Anwendung erlaubt eine interaktive Steuerung in Echtzeit durch den Benutzer.
- Es wird eine 3D Registrierung verwendet, um die virtuellen Anteile lagerichtig einzublenden.

Die Augmented Reality ist also eine Technik, bei der reale Kamerabilder um zusätzliche digitale Inhalte erweitert werden. Dabei sind verschiedenste Inhalte und Einsatzgebiete denkbar. Um einen Überblick über die Vielfalt zu bekommen, sollen im folgenden Abschnitt verschiedene Anwendungsbereiche anhand von signifikanten Beispielen vorgestellt werden. Dabei wird an dieser Stelle auf die für diese Arbeit zentralen Anwendungsgebiete nicht weiter eingegangen, da diese im Kapitel „Stand der Technik“

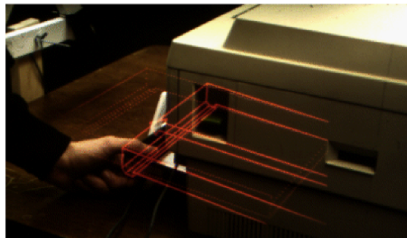


erläutert werden. Vielmehr dient diese Übersicht dazu, das Kreativitätspotenzial von Augmented Reality aufzuzeigen.

## Anwendungsbereiche

### Maschinenwartung

Eines der ersten Anwendungsfelder für Augmented Reality war die Maschinenwartung und Reparatur. Die erste Anwendung in diesem Bereich erweitert das Kamerabild mit einer Anleitung zur Reparatur eines Kopierers [FMS93] (siehe Abbildung 2a). Dabei werden schematische Abbildungen eingeblendet, die den Benutzer bei Wartungsarbeiten unterstützen sollen. Ein weiteres und aktuelleres Beispiel findet sich bei BMW [BMW]. Mit Hilfe eines HMD werden Anleitungen zur Reparatur von Fahrzeugen eingeblendet. Dabei umfasst die Unterstützung nicht nur das Einblenden von benötigtem Werkzeug, sondern beispielsweise auch Animationen, die zeigen wie bestimmte Bauteile ein- oder ausgebaut werden und in welche Richtung Schrauben gedreht werden müssen (siehe Abbildung 2b). Ein großes Projekt, welches sich zum Ziel gesetzt hat, die Unterstützung von Arbeitsprozessen in Entwicklung, Produktion und Service zu erforschen und zu realisieren, ist ARVIKA [Fri01]. Da es zu weit führen würde, alle Anwendungsbeispiele vorzustellen sei hier auf die Homepage [ARV] verwiesen.



(a)



(b)

**Abbildung 2:** a) Unterstützung von Wartungsarbeiten an einem Kopierer [FMS93]  
b) Reparaturunterstützung bei BMW [BMW]

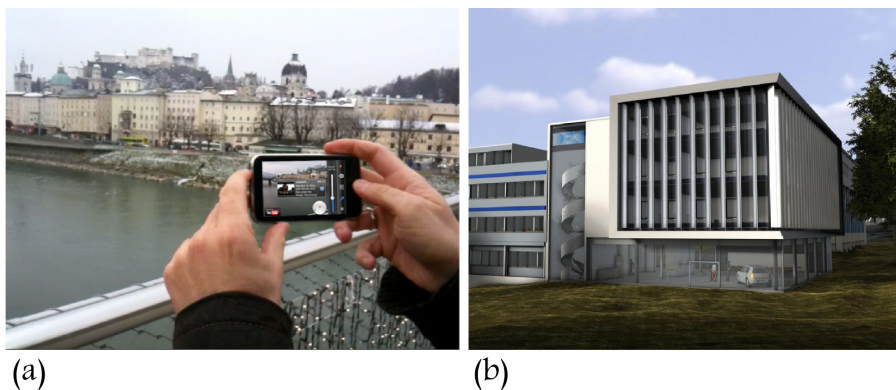
### Orientierung

Ein mittlerweile sehr großer und erfolgreicher Anwendungsbereich der Augmented Reality findet sich in Zusammenhang mit mobilen Endgeräten. Seit der rasanten Entwicklung von Smartphones ist ein Markt für Augmented Reality Anwendungen entstanden. Die meisten Anwendungen konzentrieren sich dabei auf die Unterstützung der Orientierung im urbanen Raum. Dabei gibt es Anwendungen, die zusätzliche Informationen zu Sehenswürdigkeiten einblenden oder beispielsweise Restaurantempfehlun-

gen anzeigen. Zwei Vertreter dieses Anwendungsbereiches sind Wikitude [Wik09] und Layar [Ric10].

### Architektur

Auch die Einrichtung von Innenräumen und die Darstellung von virtuellen Gebäuden im realen Zusammenhang ist ein wichtiges Anwendungsfeld. In [AKB<sup>+</sup>95] wird eine Anwendung vorgestellt, bei der der Benutzer virtuelle Einrichtungsgegenstände in der realen Umgebung platzieren kann. Dies war die erste Anwendung in diesem Bereich. Ein aktuelleres Beispiel findet sich in „Atelier Pfister“ [Meta] von Metaio [Metb]. Diese Anwendung wurde mit dem von Metaio entwickelten Unifeye SDK [AA07] entwickelt. Ein Beispiel für die Darstellung von Gebäuden in ihrer realen Umgebung vor dem Bau oder während des Baus, findet sich beim DFKI in Kaiserslautern [DFK]. Die Darstellung erfolgt mit einem Augmented Reality Fernrohr.



**Abbildung 3:** a) Wikitude (Bild von [Wikc]), b) Eingeblendetes Gebäude am DFKI Kaiserslautern [DFK]

### Spiele

Der Anwendungsbereich der AR für Spiele ist sehr facettenreich. Begonnen bei AR-Spielen für den Schreibtisch, wie AR-Memory [Rea], über Outdoor-Spiele bis hin zu Unterwasser-AR ist alles möglich. Die bekanntesten Beispiele für Outdoor-Spiele sind *ARQuake* [PT02] und *Human Pacman* [CGL<sup>+</sup>04]. Beide Spiele nutzen ein AR-System, das der Spieler in einem Rucksack auf dem Rücken trägt. Bei AR-Quake gehört zusätzlich noch ein Eingabegerät in Form einer Waffe zur Ausrüstung. Ein besonders interessantes Beispiel für die weitreichenden Einsatzmöglichkeiten zeigt das Unterwasser AR Spiel von Lisa Blum [Blu09] (siehe Abbildung 4a) Der Spieler taucht hier in ein Schwimmbecken ein und sieht dabei eine virtuelle Unterwasserwelt, in der sich verschiedene Schätze befinden, die der

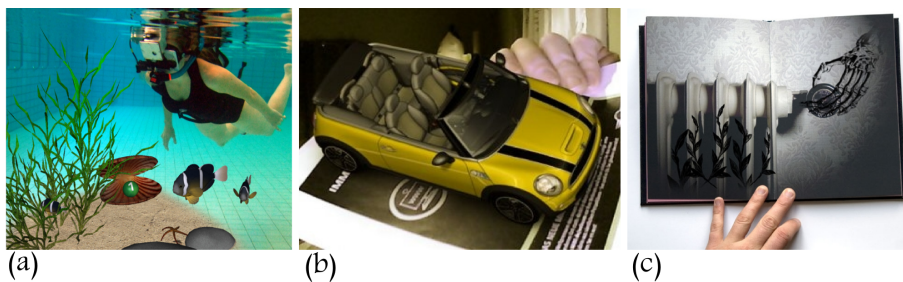
Spieler suchen kann.

### Produktwerbung

Die Produktwerbung stellt ein relativ junges Anwendungsgebiet der Augmented Reality dar. Die Firma Metaio aus München entwickelte beispielsweise eine AR Anwendung zur Werbekampagne des Mini[Metc]. Ein weiteres Beispiel ist das Cover einer Ausgabe von *Popular Science*[Sci], das um eine kleine Welt mit sich drehenden Windrädern erweitert wird, wenn man es in die Kamera hält.

### Kunst

Auch in der Kunst findet Augmented Reality interessante Einsatzmöglichkeiten. Pablo Valbuena[Val] zeigt mit seinen *Augmented Sculpture Series* eine sehr ästhetische Seite der AR. Die Designerin Camille Scherrer[Cam] hat mittlerweile einige Projekte im Bereich der AR-Bücher umgesetzt. Ihr erstes war das *Haunted Book*, das 2008 auf der ISMAR vorgestellt wurde [SPFL08]. Ihre Projekte zeigen, wie viele Möglichkeiten AR auch im kreativen Bereich bietet.



**Abbildung 4:** a)Unterwasser AR [Blu09], b)Mini Werbekampagne von Metaio [Metc], c)Haunted Book [SPFL08]

### Komponenten

Um einen Einstieg in die Entwicklung von AR-Anwendungen im Allgemeinen zu bekommen, sollen nun die grundlegenden Komponenten vorgestellt werden. Dabei wird im Folgenden auf die *Darstellung*, das *Tracking* und die *Interaktion* eingegangen. Diese drei stellt[Ti0] als die entscheidenden Komponenten heraus. Die drei folgenden Abschnitte stützen sich auf [Ti0, Kapitel 1.3].

**Darstellung** Für eine ansprechende Darstellung werden 3D Grafiken benötigt. Diese müssen mit geeigneter Software erstellt und anschließend in die Anwendung eingebunden werden. Für die Darstellung der Grafiken werden Displays benötigt. Dabei kann ein Display in diesem Kontext eine

Computerbrille, ein Monitor oder eine Projektionswand sein.

An dieser Stelle sei auch die grundlegende Unterscheidung zwischen *video-see-through* und *optical-see-through*-Displays erwähnt. Bei der *video-see-through* Technik wird die abzubildende Welt mit einer Kamera oder mehreren Kameras gefilmt und auf einen Monitor übertragen. Das Kamerabild wird dabei stellenweise mit virtuellen Inhalten überschrieben. Bei *optical-see-through*-Displays betrachtet der Benutzer die abzubildende Welt durch ein semi-transparentes Display. Die zusätzlichen Inhalte werden auf dem Display dargestellt.

**Tracking** Die Grafiken müssen natürlich lagerichtig eingeblendet werden. Dafür werden Trackingverfahren benötigt. Als Tracking bezeichnet man das Ermitteln der eigenen Position und Blickrichtung oder aber das Verfolgen von Personen oder Gegenständen. Das Ermitteln der eigenen Position und Blickrichtung ist wichtig für die korrekte Darstellung der virtuellen Inhalte. Um die virtuellen Anteile mit der Realität in Verbindung bringen zu können, muss man erst mit geeigneten Verfahren ermitteln, wo sich die zu erweiternden Gegenstände in der Welt befinden.

**Interaktion** Der dritten Komponente wird aufgrund ihres Umfangs und der Relevanz für die zu entwickelnde Anwendung, ein ganzer Abschnitt in dieser Arbeit gewidmet. Die Möglichkeiten der Eingabe und Interaktion werden im Anschluss ausführlich behandelt.

## 2.2 Interaktion

Eine grundlegende Einführung in das Thema der Interaktion findet sich in [T10]. Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Punkte zusammengefasst. Dabei orientiert sich die Zusammenfassung stark an [T10].

Die Interaktion wird nach [BKLP04] in die drei Bereiche *Manipulation*, *Bewegung* und *Signaletik* aufgeteilt. [T10] nennt zusätzlich eine weitere Kategorie, die der Manipulation zuzuordnen ist, die *Selektion*.

### Selektion

Unter Selektieren versteht man das Auswählen eines oder mehrerer Objekte [BKLP04]. Dabei ist die richtige Wahl der Technik davon abhängig, ob das Objekt erreichbar ist oder nicht. Ist ein Objekt erreichbar, so kann es mit einer getrackten Hand oder einem Marker ausgewählt werden. Das *Ray-picking* kommt zum Einsatz, wenn ein Objekt nicht erreichbar ist. Hierfür wird von einem Marker oder der Hand ein virtueller Strahl ausgesendet. Das Objekt wird ausgewählt, falls der Strahl das Objekt trifft und dort verweilt oder ein Knopf gedrückt wird. Für den Raypicking Ansatz gibt es zahlreiche Erweiterungen, so kommen beispielsweise häufig Snappingan-

sätze zum Einsatz, die den Strahl in Richtung Objekt biegen.

Ein anderer Ansatz zum Selektieren verbirgt sich in dem Begriff „World in Miniature“, kurz WIM. Die WIM ist dabei eine Abbildung der Umgebung des Benutzers, die mit Hilfe eines Markers gedreht, verschoben oder skaliert werden kann.

Bei der Auswahl eines geeigneten Verfahrens zur Selektion ist die Verteilungsdichte von Objekten entscheidend. Abhängig davon ergeben sich Probleme, für die andere Lösungen entwickelt werden müssen.

### **Manipulation**

Hat man ein Objekt selektiert, kann man es manipulieren, das heißt beispielsweise Position und Drehung verändern. Soll ein Objekt verschoben werden, gibt es eine einfache Lösung: Das Objekt wird nach dem Selektieren mit dem Marker verbunden, dann mit dem Marker bewegt und anschließend wieder losgelassen. Das größte Problem besteht hier in der Reichweite des Markers. Es gibt verschiedene Ansätze die dieses Problem beheben. An dieser Stelle wird nicht genauer darauf eingegangen.

### **Bewegung**

In der Augmented Reality kann sich der Nutzer frei bewegen, da er sich in der realen Welt befindet. In der Virtuellen Realität ist das nicht der Fall. Beispielsweise ist in einer CAVE der Bewegungsfreiraum eingeschränkt, deswegen gibt es Interaktionstechniken zur eigenen Bewegung, auch Traveling genannt. Hier ist vor allem wichtig, welche Gründe für die Bewegung es gibt. Dabei sind folgende drei Gründe möglich:

- Exploration: Der Benutzer bewegt sich frei im Raum und hat kein Ziel. Er baut dabei Wissen über Objekte und Orte auf. Man kann dem Benutzer die eigene Position in der Welt anzeigen, da er sich sonst verlaufen könnte.
- Suche: Der Benutzer hat ein bestimmtes Ziel. Falls dem System das Ziel bekannt ist, kann es den Benutzer navigieren, indem es das Ziel oder sogar den Weg dorthin anzeigt.
- Manövrieren: Kleine genaue Bewegungen mit meist kleinem Radius. Hier muss darauf geachtet werden, dass die Positionsgenauigkeit der Visualisierung dem Bedarf angemessen ist.

Bei der freien Bewegung in der Augmented Reality ist immer darauf zu achten, dass der Nutzer dabei nicht in Gefahr gebracht wird, da sich beispielsweise bei der Nutzung eines HMD ein „Tunnelblick“ einstellen kann. Da dies für das AR-Fernrohr kein Problem darstellt, wird an dieser Stelle nicht auf Lösungsmöglichkeiten eingegangen.

## Signaletik (Wayfinding)

„Signaletik ist ein kognitiver Prozess der Orientierung und damit der Planung eines Weges durch eine Umgebung durch Aufnahme, Verarbeitung und Gebrauch von räumlichem Wissen“ [BKLP04]. Es gibt dabei zwei Gruppen von Hilfen zur Signaletik:

- Nutzerzentrierte Unterstützung: fokussiert auf menschliche Sinneskanäle.
- Umgebungsbezogene Hinweise: beispielsweise die Erzeugung eines Tiefeneindrucks durch relative Größe und Parallaxenverschiebung.

Die für die Darstellung von Augmented Reality benötigten Gerätschaften schränken oft die Wahrnehmung des Nutzers ein. Es sollten Darstellungen und unterstützende Anzeigen genutzt werden, die das Richtungs- und Entfernungsverständnis unterstützen und das mentale Modell des Nutzers nicht verändern.

In Bezug auf das in dieser Arbeit zu entwickelnde Spiel ist hier bei der umgebungsbezogenen Unterstützung die Frage nach den Bezugssystem der Informationen interessant. Diese ist zwar nicht eindeutig zu beantworten, es kann aber generell festgehalten werden, dass der Gesamtüberblick besser wird, wenn beispielsweise eine Vogelperspektive verwendet wird. Wird mit dieser Darstellung zeitgleich navigiert, so sinkt die Güte der Navigation.

## 2.3 Wissensvermittlung

Zur Vermittlung von Wissen werden klassischerweise Texte und Bilder verwendet. Im touristischen Anwendungsbereich geht es beispielsweise darum Wissen zu Sehenswürdigkeiten zu vermitteln. Auch die Orientierung spielt eine große Rolle. Hier kommen Karten zum Einsatz. Dieses Wissen wird über Reiseführer und Infobroschüren vermittelt. Dabei ist es wichtig, die Informationen so aufzubereiten, dass der Benutzer Texte und Bilder sofort in Zusammenhang bringen und so Informationen schnell extrahieren kann. Deswegen soll im Folgenden auf Grundlagen der Gestaltung von Bildern in Printmedien und ihre Wirkung eingegangen werden.

Auf Beispiele zur Wissensvermittlung mit gamebasierten Anwendungen oder Augmented Reality wird im Kapitel „Stand der Technik“ genauer eingegangen.

### Printmedien

Beim Einsatz von Bildern zum Wissenserwerb in Printmedien wird zwischen *informierenden Bildern*, *darstellenden Bildern* und *logischen Bildern* unterschieden. Im Folgenden soll eine kurze Zusammenfassung über die drei

Arten von Bildern gegeben werden. Dabei orientiert sich der Abschnitt an [Wei94] und übernimmt die dort gegebenen Definitionen.

### **Informierende Bilder**

*„Informierende Bilder sind Bilder, die erstellt werden um Aussagen zu bestimmten Inhalten zu machen“*

Diese Art von Bildern kommt vorrangig im Bereich instruktionaler Wissensvermittlung zum Einsatz, bei der es darum geht, Wissen und Können zu erwerben. Dabei wird durch Verwendung verschiedener Techniken zur Bilderstellung erreicht, dass der Betrachter enthaltene Informationen schnell extrahieren kann. Durch zusätzliche Komponenten, beispielsweise unterstützenden Text in Form von Legenden oder Bildunterschriften wird die Qualität der Bilder erhöht.

Bei der Gestaltung von informierenden Bildern ist es von zentraler Bedeutung, dass der Bildautor eine angemessene Codierung findet, um ein bestimmtes visuelles Argument darzustellen. Dabei ist es wichtig, dass alle Erscheinungsmerkmale erfasst werden. Auf der anderen Seite steht der Rezipient, also die Personengruppe für die das Bild erstellt wird. Hier ist es entscheidend, dass der Rezipient die verwendete Darstellungsform kennt und die enthaltenen Informationen verarbeiten kann.

Durch Unterscheidung zwischen *Darstellungscode* und *Steuerungscode*s lassen sich mögliche bildhafte Codierungen unterteilen. Darstellungscodes befassen sich dabei mit der möglichst klaren und eindeutigen Visualisierung, Steuerungscode s hingegen mit der Rezeption des visuellen Arguments. Hier sei für weitere Informationen auf [Wei94] verwiesen.

### **Darstellende Bilder**

*„Darstellende Bilder sind Bilder, die Ähnlichkeit zeigen mit dem Ding oder Begriff, für den das Bild steht.“*

Die Kategorie der darstellenden Bilder wird am häufigsten in Unterrichtstexten verwendet. Dabei muss das Bild nicht nur als Texterweiterung, sondern als eigenständige Informationsquelle gesehen werden.

Ein Bild erfüllt normalerweise direkt mehrere Funktionen gleichzeitig. Diese lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: *affektive/motivationale Funktionen* und *kognitive Funktionen*. [Pee94] liefert einen guten Überblick über den Bereich der affektiven und motivativen Funktionen von darstellenden Bildern. Dabei wird betont, dass Bilder hier in erster Linie als Motivation zum Einsatz kommen, und Aufmerksamkeit auf sich und den im Kontext stehenden Text lenken können.

Die kognitiven Funktionen von darstellenden Bildern stehen beispielsweise im Unterricht im Vordergrund. Hierbei wird unterschieden zwischen Textinformation, Bildinformation oder gemeinsamer Information. Damit ist gemeint, dass Informationen nur mit dem Text, nur mit dem Bild oder mit Hilfe von einem den Text unterstützenden Bild transportiert werden

können. Weiterführende Informationen finden sich in [Pee94].

### **Logische Bilder**

*„Logische Bilder sind Bilder, die Sachverhalte sichtbar machen, die in der Realität so nicht wahrgenommen werden können, und die keine Ähnlichkeit mit dem Dargestellten besitzen.“*

Damit umfasst der Bereich der logischen Bilder zum Beispiel jegliche Arten von Diagrammen. Sie dienen der Darstellung von Zusammenhängen zwischen quantitativen und qualitativen Merkmalen eines Sachverhalts. Man unterscheidet zwischen *Charts* und *Graphs*, wobei *Charts* Zusammenhänge zwischen qualitativen Merkmalen (z.B. Strukturdiagramme) und *Graphs* Zusammenhänge zwischen quantitativen und qualitativen (z.B. Kreisdiagramme) oder ausschließlich qualitativen (z.B. Liniendiagramm) Merkmalen herstellen. Zu weiterführenden Informationen zur Visualisierung von logischen Bildern siehe [Sch94].

## **2.4 Spieleentwicklung**

In diesem Abschnitte sollen die *Grundlagen der Computerspieleentwicklung* auf Basis von [Ada09] zusammengefasst werden. Außerdem sollen die vom Fraunhofer FIT entwickelten *Guidelines für die Erstellung von AR Spielen* erläutert werden. Zum Abschluss werden die charakteristischen Eigenschaften von *Adventure Games* vorgestellt.

Die folgenden Abschnitte basieren auf dem Buch *„Fundamentals of Game Design“* [Ada09], welches umfassende Informationen zu den verschiedenen Bereichen der Spieleentwicklung liefert. *Anmerkung: Viele Begriffe aus dem Bereich der Spieleentwicklung haben kein gutes passendes deutsches Pendant, deswegen werden teilweise die englischen Begriffe verwendet.*

Bevor auf die wichtigsten Begriffe der Spieleentwicklung eingegangen wird, soll ein Einstieg in die Thematik gegeben werden. Dafür ist es hilfreich den Begriff *Spiel* zu definieren. [Ada09] liefert folgende Definition:

*„A game is a type of play activity, conducted in the context of a pretended reality, in which the participant(s) try to achieve at least one arbitrary, nontrivial goal by acting and in accordance with rules.“* ([Ada09, Seite 3, „The Definition of a Game“])

Für ein Spiel sind also das Vortäuschen einer Realität, das Ziel, und die Regeln von zentraler Bedeutung. Außerdem spielt der Begriff *Play* eine große Rolle. Im deutschen gibt es keine gute Übersetzung dafür - gemeint ist die Unterhaltung die etwas mit sich bringt, weil man es tut. Das kann das Lesen eines Buches, der Besuch einer Theateraufführung oder eben das



Spielen eines Computerspiels sein. Für den Begriff des *Vortäuschens* lässt sich auch eine andere Beschreibung finden - der *Magische Kreis*. Wenn ein Spieler die Regeln eines Spieles akzeptiert, betritt er damit den magischen Kreis, also die vorgetäuschte Realität.

Die Regeln in einem Spiel können verschiedene Dinge festlegen:

- *Die Semiotik*, also die Bedeutung der Symbole in einem Spiel.
- *Das Gameplay*, bestehend aus den Herausforderungen und Aktionen die ein Spiel bietet.
- *Der Spielablauf*, also die Abfolge der einzelnen Aktivitäten.
- *Das Ziel*, beziehungsweise die Teilziele.
- *Die Abschlussbedingung*, also die Bedingung die erfüllt sein muss, damit das Spiel beendet wird.
- *Die Metaregeln*, also Regeln, die die Regeln beschreiben.

### **Gameplay**

Der Begriff *Gameplay* ist schwierig zu definieren. Wichtig für die Definition sind die Begriffe *Challenge* und *Action*, also Aufgabe und Handlung:

- Mit *Aufgaben* sind Herausforderungen gemeint, die der Spieler bewältigen muss. Die größte Herausforderung eines Spiels ist es, das Ziel zu erreichen. Auf dem Weg dorthin kann es aber viele kleinere und größere Herausforderungen geben.
- Die möglichen *Handlungen* werden durch die Regeln festgelegt. Der Spieler hat verschiedene Handlungsmöglichkeiten und kann so die Aufgaben alternativ erfüllen.

Auf Basis dieser Begriffserklärung lässt sich *Gameplay* nun folgendermaßen definieren:

*Gameplay consists of:*

- *The challenges that a player must face to arrive the objects of the game.*
- *The actions that the player is permitted to take to adress those challenges.*

Für ein gutes *Gameplay* benötigt man also Herausforderungen, die der Spieler bewältigen muss, um das Ziel des Spiels zu erreichen, und Handlungen die der Spieler durchführen darf, um die Herausforderungen zu bewältigen. Genau auf das Zusammenspiel von Herausforderung und Handlung kommt es an.

Bei der Auswahl der Herausforderungen ist es wichtig, dass der Spieler die Aufgabe nicht nur durch „Versuch und Irrtum“ bewältigen kann. Das Einbauen von Tipps, falls der Spieler die Aufgabe nicht beim ersten Versuch überwinden kann, ist sinnvoll.

Ein weiterer grundlegender Aspekt, der neben dem Spielspaß Rahmen dieser Arbeit wichtig ist, ist das Lernen. Damit ist an dieser Stelle allerdings nicht das Lernen im klassischen Sinne gemeint, sondern das, was der Spieler beim Spielen ganz nebenbei lernt. Während der Spieler versucht, eine Aufgabe zu bewältigen, lernt er die Verhaltensweise anderer Charaktere oder Feinde kennen. Auf diese Weise wird er besser und kann so die Gegner besiegen. Liefert ein Spiel also immer neue Aufgaben und neue Dinge, die der Spieler lernen muss, bleibt es spannend und macht Spaß. Diese Erkenntnis lässt sich natürlich auch für gamebasierte Ansätze zur Wissensvermittlung nutzen.

Damit Spieler Spaß am Lernen haben, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:

1. Es findet in einem unterhaltsamen Kontext statt.
2. Es bringt dem Spieler nützliches Können.

### **Spielkonzept**

Ein Spielkonzept sollte nach [Ada09] folgendes enthalten:

- Zwei bis drei Sätze, die das Spiel kurz beschreiben.
- Die Rolle des Spielers und eine Beschreibung des Avatars, sofern es einen gibt.
- Die Art des Gameplay und eine Beschreibung der Herausforderungen, denen sich der Spieler stellen muss.
- Das Spielgenre zu dem das Spiel gehört.
- Eine Beschreibung der Zielgruppe.
- Beschreibung der benötigten Hardware.
- Die Lizenzen, die benötigt werden.
- Auflistung über die Spielmodi, die zur Verfügung stehen sollen: zum Beispiel Einzel- oder Multiplayer.
- Eine allgemeine Zusammenfassung, wie das Spiel von Anfang zum Ende durchlaufen wird. Eine Beschreibung der Handlung der Geschichte.
- eine Kurzbeschreibung der Spielwelt.

## **Guidelines für die Entwicklung von Augmented Reality Spielen**

Die Entwicklung von Augmented Reality Spielen hat mittlerweile einen Punkt erreicht, an dem die Notwendigkeit für Design Guidelines immer größer wird. Aus diesem Grund hat sich die Abteilung *Kollaborative Virtuelle und Augmentierte Umgebungen* des Fraunhofer FIT[FIT], mit der Entwicklung solcher Guidelines beschäftigt.

Bisher wurden meist die technischen Aspekte von AR-Anwendungen in den Fokus gesetzt. Dies ändert sich nach Meinung der Autoren in die Richtung, dass das Spielerlebnis immer mehr in das Zentrum der Forschung und Entwicklung gerückt wird [WMBB08].

Um zu evaluieren, welche Faktoren für den Spielspass wichtig sind, wurden drei AR-Spiele näher betrachtet. Dabei stand die Frage nach den Eigenschaften eines „wirklich guten“ AR-Spiels im Zentrum.

Im Folgenden sollen nun die verschiedenen Guidelines aus [WMBB08] vorgestellt und kurz erläutert werden. Im Schlussteil dieser Arbeit werden die Guidelines nochmals in Hinblick auf eine Bewertung des entwickelten Spiels herangezogen.

*Anmerkung: Bei der Bezeichnung der einzelnen Guidelines wird auf eine Übersetzung aus dem Englischen verzichtet. Die Beschreibung der einzelnen Guidelines verdeutlicht die Bedeutung.*

**Experiences First, Technology Second** Bevor Entscheidungen bezüglich der Hardware gefällt werden, sollte das Spielkonzept entwickelt werden. Bisher stand bei der Entwicklung von AR Spielen meist die Technik im Zentrum. Mittlerweile ist klar geworden, dass das Konzept bei AR Spielen genauso eine große Rolle spielt, wie bei normalen Computerspielen. Deswegen ist es wichtig, die Auswahl der Hardware vom Konzept abhängig zu machen - und nicht umgekehrt.

**Stick to the theme** Für die Auswahl der Technik ist auch das Thema des Spiels von großer Bedeutung. Die verwendete Hardware sollte zum Thema - zum Beispiel zur Epoche in der das Spiel stattfindet - passen.

**Do not stay digital** AR-Spiele müssen sich nicht zwangsläufig auf digitale Inhalte beschränken. So kann es einen deutlichen Mehrwert liefern, wenn zusätzlich beispielsweise echte Landkarten zur Orientierung verwendet werden. Auch andere reale Objekte lassen sich in AR-Spiele integrieren - beispielsweise Gegenstände, die der Spieler einsammeln soll.

**Use the Real Environment** Bei Spielen auf mobilen Endgeräten legt der Spieler oft größere Distanzen zurück. Damit er sich dabei nicht langweilt, kann zum Beispiel eine Pause in einem realen Café vorgeschlagen werden. Eine andere Möglichkeit ist, die Stimmung des Spiels an die äußere Erschei-

nung der realen Gegend anzulehnen.

**Keep it simple** Es sollte darauf verzichtet werden, zu viele Interaktionsmöglichkeiten zu bieten, nur um die Möglichkeiten, die die Technik bietet vollkommen auszuschöpfen. Stattdessen sollte man sich auf wenige einfache und klare Interaktionsmöglichkeiten beschränken.

**Create Sharable Experiences** AR-Spiele ziehen nicht nur die Aufmerksamkeit der Spieler selbst, sondern auch die von Aussenstehenden auf sich. Daher ist es sinnvoll Spiele so zu entwickeln, dass Spieler im Team spielen und die Möglichkeit zur Diskussion haben.

**Use Various Social Elements** Die Interaktion mit anderen Personen als Element des Spiels zu verwenden, kann den Spielspaß steigern. Gibt es nur virtuelle Charaktere, kann es passieren, dass der Spieler sich von der realen Umgebung abkapselt und vereinsamt. Die Möglichkeit der Interaktion mit anderen Spielern bringt nicht nur einen höheren Spielspaß, sondern auch mehr Spontaneität ins Spiel.

**Show Reality** Man sollte bei der Entwicklung von AR Spielen darauf verzichten, den gesamten Sichtbereich mit virtuellen Inhalten zu überblenden. Der Reiz bei einem AR Spiel liegt darin, die Realität und die Virtualität auf ansprechende Weise zu verknüpfen. Verdeckt man hingegen die gesamte Realität mit virtuellen Inhalten, ist es fraglich, ob es sich dabei noch um Augmented Reality handelt.

**Turn weaknesses into strengths** Mögliche Schwächen des Systems sollten als Stärken genutzt werden. Bei mobilen Anwendungen gibt es häufig Probleme mit der GPS-Signalstärke oder der Stärke des Handyempfangs. Dies kann zum Spielelement werden, indem man beispielsweise Bereiche mit schwachem Empfang als Verstecke für die Spieler verwendet.

**Do not just convert** Bekannte Spielkonzepte sollten nicht einfach nur übertragen werden. Auch wenn dies bei ARQuake [PT02] oder Human Pacman [CGL<sup>+</sup>04] gelungen ist, heißt das nicht, dass es für alle Konzepte so gut funktioniert. Wenn der einzige Reiz in einer aufwendigeren visuellen Gestaltung liegt langweilt sich der Spieler schnell.

**Create meaningful content** Der Einsatz von virtuellen Objekten sollte wohlüberlegt sein. Die 3D Objekte sollten das Spiel interessanter machen und nicht einfach nur verwendet werden, weil es möglich ist.

**Choose your tracking wisely** Trackingmethoden spielen eine große Rolle für die Entwicklung von AR Spielen. Dabei sollte man sich nicht nur

der Vorteile, sondern auch der Nachteile neuer Trackingmethoden bewusst sein. Wenn das Tracking den Spieler beim Spielen behindert, weil es beispielsweise zu langsam ist, sollte man gegebenenfalls eine andere Trackingtechnik in Erwägung ziehen, auch wenn diese unter Umständen ungenauere Ergebnisse liefert.

### **Adventure Games**

Spiele lassen sich in verschiedene Genres aufteilen. In [Ada09] werden unter anderem *Action Games*, *Strategie Spiele*, *Rollenspiele*, *Sport Spiele* und *Adventure Games* vorgestellt. Da eine Vorstellung aller Genres hier zu weit führen würde, wird nur auf das Genre der Adventure Games näher eingegangen, weil die in dieser Arbeit entwickelte Anwendung hier einzuordnen ist.

Ernest Adams beschreibt das Genre der Adventure Games als das, welches am meisten Kreativität zulässt, da es nicht an einseitige Interaktionsmöglichkeiten gebunden ist.

Er gibt folgende Definition:

*„An adventure game is an interactive story about a protagonist character who is played by the player. Storytelling and exploration are essential elements of the game. Puzzle solving and conceptual challenges make up the majority of the gameplay. Combat, economic management, and action challenges are reduced or non-existent“* ([Ada09, Seite 547, oben])

Ein Adventure Game ist also eine interaktive Geschichte über einen Protagonisten der vom Spieler selbst verkörpert wird. Dabei stehen die Geschichte die erzählt werden soll, und die Exploration der Spielwelt im Zentrum. Ein interessantes Gameplay wird durch verschiedene Herausforderungen realisiert.

Dadurch ergibt sich auch direkt der große Nachteil von Adventure Games: Sie sind nicht mehrfach spielbar. Hat man die Rätsel einmal gelöst und die Geschichte einmal durchschaut, so wäre ein zweites Spielen eher langweilig und würde deutlich weniger Zeit in Anspruch nehmen.

Um diesem Problem entgegen zu wirken, kann man beispielsweise mehrere Lösungen für Rätsel zulassen. Abhängig von der vom Spieler gewählten Lösung, kann die Geschichte und das weitere Spielgeschehen beeinflusst werden. Allerdings spielt es für ein gutes Adventure Game keine große Rolle, ob es mehrfach spielbar ist. Viel wichtiger ist es, dass das Spiel dem Spieler beim ersten Spielen genug Unterhaltung für das Geld bietet [Ada09, Seite 548, *The Replayability Question*].

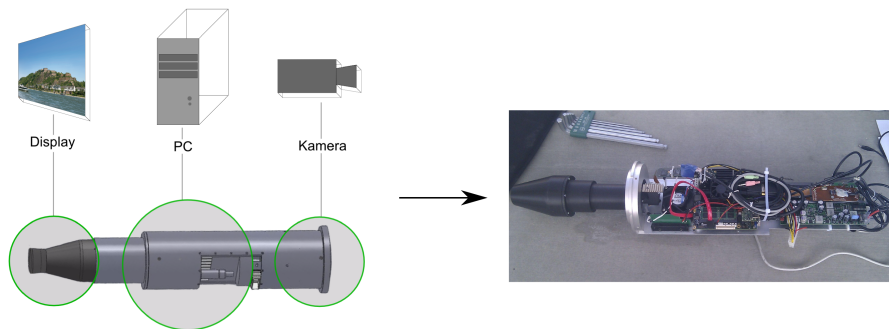
## Grundlegende Features

Wie bereits festgestellt, ist die grundlegende Spielsituation die, dass sich der Protagonist in einer Spielwelt bewegt und Probleme lösen muss. Dies beinhaltet meist auch, dass bestimmte Bereiche der Spielwelt erst betreten werden können, wenn entsprechende Rätsel gelöst wurden. Um zu bewerkstelligen, dass sich der Protagonist in der Welt bewegen und Rätsel lösen kann, sollten folgende Features bereitgestellt werden:

- Gegenstände manipulieren
- Mit Charakteren interagieren
- Eine Karte der Spielwelt betrachten
- Den Inventar des Protagonisten betrachten

## 2.5 Augmented Reality Fernrohr

Das Augmented Reality Fernrohr wurde von Trivisio [Tri] entwickelt. Es besteht aus einem speziell angefertigten Fernrohr mit einer internen Kamera, einem Computer im Mini ITX Format und einem Display (siehe Abbildung 5). Abbildung 6 zeigt das AR-Fernrohr im Einsatz. Das Fernrohr befindet sich auf dem BUGA[BUG] Gelände am Rheinufer in Koblenz direkt an der Talstation der Seilbahn.



**Abbildung 5:** Aufbau des AR-Fernrohrs: schematisch (links) und in Echt (rechts).  
Foto: Dominik Grüntjens, 2011

Die Kamera, der Computer und das Display sind in der Cartridge des Fernrohrs untergebracht. Diese kann bei Bedarf vom Fuß abgenommen werden. Das erleichtert die Wartung. Um das Fernrohr vor Ort warten zu können, kann eine Blende entfernt werden, hinter der sich USB Anschlüsse befinden. So kann eine Tastatur und eine Maus angeschlossen werden.

Im AR-Fernrohr verbaut wurden:

- Computer: Intel Celeron T3100 @1.97 Ghz mit einer Geforce 9400 mobile Grafikkarte, einer 60 GB SSD und 4 GB RAM.
- Kamera: Pointgrey Firefly mit 61fps und einer Auflösung von 752x480.

Zusätzlich befinden sich im Gelenk des Fernrohrs zwei Winkelkodierer, um die horizontalen und vertikalen Bewegungen zu tracken. Sie stellen eine Aufteilung in 8192 Stufen bereit.



**Abbildung 6:** Das AR-Fernrohr im Einsatz auf dem BUGA Gelände[BUG]  
Foto: Dominik Grüntjens, 2011

## 3 Stand der Technik

### 3.1 Wissensvermittlung mit AR

#### Construct3D

An der TU Wien wurde das System *Construct3D* entwickelt. Construct3D bietet den Nutzern die Möglichkeit, geometrische Zusammenhänge besser zu verstehen. Die Nutzer sehen dabei mittels eines HMDs die Modelle in 3D. Dabei ist es möglich, zu interagieren und die Modelle zu verändern. Der große Vorteil von AR liegt hier darin, dass die Studenten die Modelle direkt vor sich im Raum sehen. Sie müssen die geometrischen Zusammenhänge nicht mit Hilfe von Zeichnungen verstehen. Dabei können komplexe räumliche Probleme und Zusammenhänge nicht nur besser, sondern auch schneller erfasst werden als auf traditionellen Wegen (siehe: [Wie] und [Kau03]).

#### Erlebe Regensburg

*Erlebe Regensburg* ist eine in Zusammenarbeit mit der Universität Koblenz entwickelte mobile Städtetour (siehe: [GS11]). Bei der Tour geht es darum auf spielerische Weise Wissen über die Stadtgeschichte Regensburgs zu vermitteln. Dabei ist der Ablauf linear, der Spieler begibt sich von Station zu Station und bekommt Informationen. An manchen Stationen kann er zusätzlich ein Minispiel spielen. Diese Minispiele sollen dabei das Wissen vertiefen. Unter den Minispielen sind auch Augmented Reality Spiele. Die Ergebnisse der in dieser Arbeit durchgeführten Evaluation zeigten, dass jeder Teilnehmer sein Wissen erweitern konnte und dass hier besonders die AR-Spiele für eine bessere Wissensvermittlung sorgten (siehe auch: [Sti10]).

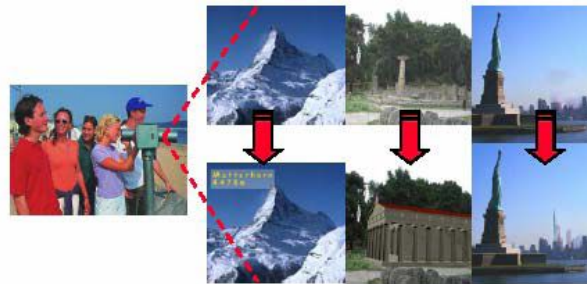
### 3.2 AR-Fernrohre und vergleichbare Projekte

#### AR Ocular XC-01

Das AR-Ocular XC-01 ist der Vorgänger von dem auf der BUGA eingesetzten AR-Teleskop. Es wurde vom Fraunhofer IGD [igda] entwickelt. Dieses Fernrohr bietet durch präzises Tracking, eine hochauflösende Kamera und ein kontrastreiches LCD Display die Möglichkeit, Kamerabilder mit virtuellen Inhalten anzureichern. Dabei sind, wie Abbildung 10 zeigt, verschiedene Einsatzzwecke denkbar (siehe auch: [LBSB04]). Eingesetzt wurde es beispielsweise im Projekt *Grube Messel* [IGDb]. Dabei werden Infoboxen und Bilder in Form von Annotationen eingeblendet.

Ein anderes Anwendungsbeispiel wurde bereits im Kapitel „Grundlagen“ im Abschnitt „Architektur“ kurz vorgestellt (siehe Abbildung 3). Das



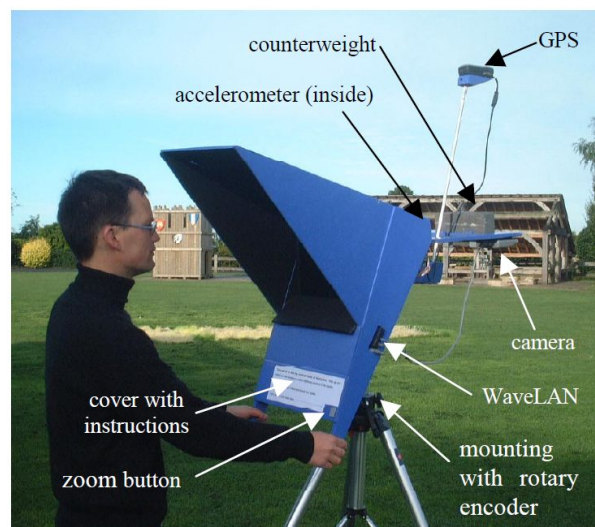


**Abbildung 7:** Einsatzzwecke des AR Oculars XC-01

AR Ocular XC-01 bietet zusätzlich die Möglichkeit, mit einer mitgelieferten Softwarelösung selbst virtuelle Inhalte zu erstellen.

### **Augurscope**

Das Augurscope ist im Gegensatz zum AR-Fernrohr frei positionierbar. Über ein Trackingsystem, welches GPS Positionierung und einen elektronischen Kompass beinhaltet, wird die Position ermittelt.



**Abbildung 8:** Das Augurscope

Das Augurscope wird dabei nur im Freien eingesetzt. Der Nutzer begibt sich auf die Reise durch das Modell einer historischen Burg und begegnet dort verschiedenen Charakteren. Durch das große Display ist es von mehreren Personen gleichzeitig nutzbar. Abbildung 8 zeigt den Aufbau des Augurscopes. Es wurde festgestellt, dass die Interaktion mittels Rotation und Zoom vom Publikum schnell erlernt wurde (siehe: [SKF<sup>+</sup>02])

## Geoscope

Für das *Geoscope* wurde ein Touchscreen-Display verwendet (siehe: [BPH91]). Auf dem Display werden geografische Informationen präsentiert. Der Vorteil an dem Display ist, dass mehrere Personen gleichzeitig zuschauen können. Das Geoscope kann dabei durch die leichte Bauweise an verschiedenen Orten eingesetzt werden, beispielsweise an Aussichtspunkten, in Museen oder an zentralen und interessanten Plätzen. Es wurde speziell für die Anforderungen von Publikumsanwendungen entwickelt (siehe auch: [geo]).



Abbildung 9: Das Geoscope

## Timescope

Das Timescope wurde von ART+Com entwickelt (siehe: [ARTb]). An mehreren Standorten in Berlin sind Timescopes aufgestellt und ermöglichen einen Blick in die Vergangenheit oder die Zukunft. Dabei wird das aktuelle Kamerabild mit alten Fotografien und Filmen oder Renderings, die ein Bild der Zukunft zeigen angereichert.

Für den Einsatz im Freien wurde eine vandalismussichere und wetterfeste Version entwickelt. Eine Indoor-Variante wird im nächsten Abschnitt vorgestellt.

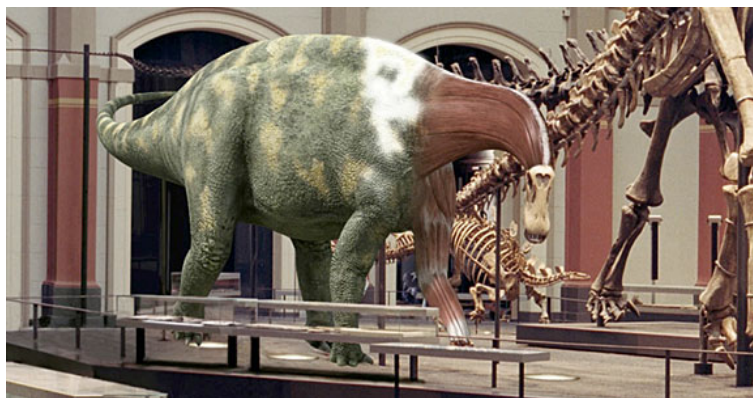
## Jurascope

Im Naturkunde-Museum Berlin befindet sich das Jurascope, welches Originallexponate durch Augmented Reality wieder zum Leben erweckt. Da-



**Abbildung 10:** Das Timescope

bei kann der Besucher die Verwandlung genau beobachten. Abbildung 11 zeigt ein Beispiel für die Umwandlung eines Skeletts in den virtuellen Dinosaurier (siehe auch:[ARTa])



**Abbildung 11:** Das Jurascope: Dinosaurier erwachen zum Leben.

## 4 Konzept

### 4.1 Vorüberlegungen

Bevor mit der Konzeption der Anwendung begonnen wurde, wurden einige Vorüberlegungen angestellt. Dafür standen folgende Fragestellungen im Zentrum:

1. Für welche Zielgruppe soll die Anwendung entwickelt werden?
2. Auf welche Weise soll eine Vermittlung von Wissen erfolgen?
3. Welche Einschränkungen sind durch das AR Fernrohr vorhanden und welche Möglichkeiten werden durch das AR Fernrohr geboten?

#### Für welche Zielgruppe soll die Anwendung entwickelt werden?

Da die Anwendung nicht auf dem AR-Fernrohr im Rahmen der Bundesgartenschau 2011 (siehe: [BUG]) präsentiert wird, sondern prototypisch die Möglichkeiten der Wissensvermittlung untersuchen soll, bleiben Überlegungen zur Zielgruppe an dieser Stelle hypothetisch. Das System soll theoretisch an öffentlichen Plätzen verwendet werden können. Das bedeutet, dass Touristen die Hauptnutzungsgruppe wären. Wichtig ist an dieser Stelle auch, dass keine Inhalte enthalten sein sollten, die in irgendeiner Weise ungeeignet für Kinder sein könnten.

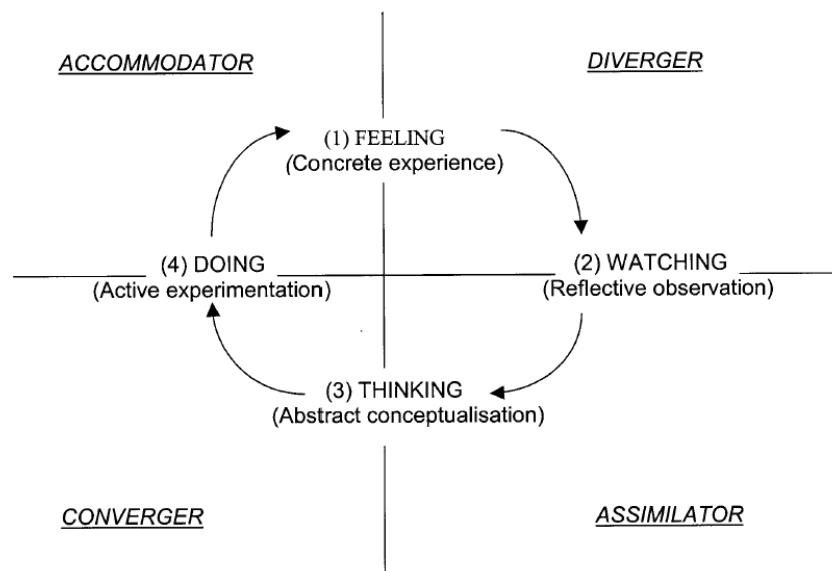


Abbildung 12: Forschendes Lernen ( Learning Style Inventory (LSI): Kolb, 1976).

Grafik aus [Rob02]

Da Wissen vermittelt werden soll, wird in der Anwendung auch Text eingesetzt. Hier wird die Sprache auf Deutsch begrenzt, da es in einer prototypischen Umsetzung nicht von zentraler Bedeutung ist, eine Auswahlmöglichkeit zwischen verschiedenen Sprachen anzubieten. Die Altersgrenzen sollen soweit wie möglich gefasst sein. Die Anwendung sollte also leicht verständlich sein und auf verschiedenen Wegen Unterhaltung bieten. Da es verschiedene Lernstile gibt, sollte die Anwendung auch eine gewisse Vielfalt bieten. Eine Grafik zum *Forschenden Lernen* findet sich in Abbildung 12. Dieser Ansatz findet zum Beispiel in *Science Centern*, wie dem *Universum* in Bremen Anwendung (siehe: [bre]).

### **Auf welche Weise soll eine Vermittlung von Wissen erfolgen?**

Die zweite Fragestellung ließ sich schnell beantworten: durch Spaß. Touristen können nur auf intrinsischem Weg motiviert werden, also wenn sie etwas um der Sache willen tun. Eine extrinsische Motivation wird bei Touristen nicht glücken, da diese im Urlaub sind und nicht arbeiten wollen (siehe auch: [GS11]). In [Goo00] wird festgehalten, dass Begriffe wie Gefühle und Spaß eine große Rolle im Verbraucherverhalten spielen. Da die Anwendung für Touristen sein soll, wurde hier die Entscheidung getroffen einen gamebasierten Ansatz umzusetzen. Außerdem wurde entschieden, dass der Spieler nicht verlieren kann. Diese Entscheidung lässt sich dadurch begründen, dass die Touristen in ihrer Freizeit ein Erfolgserlebnis haben sollen und nicht frustriert werden sollen, wenn sie das Spiel spielen. Um das Spiel dennoch so zu gestalten, dass es auch interessant bleibt, wenn mehrere Spieler nacheinander spielen und sich darüber austauschen oder ein Spieler mehrfach spielt, sollen im Spiel mehrere Wege und Kombinationen möglich sein.

### **Welche Einschränkungen sind durch das AR Fernrohr vorhanden und welche Möglichkeiten werden durch das AR Fernrohr geboten?**

Das Fernrohr kann nach links, rechts, oben und unten bewegt werden. Die Blickrichtung kann dabei mit Hilfe von Winkelkodierern berechnet werden. So lassen sich die Inhalte lagerichtig einblenden. Außerdem hat das Fernrohr einen Knopf, der zur Interaktion genutzt werden kann. Das Sichtzentrum wird genutzt, um Objekte zu selektieren. Zum Selektieren gibt es zwei Möglichkeiten: der Nutzer kann auf einem Punkt verweilen oder den Knopf drücken. Das zu entwickelnde Spiel soll hier beide Möglichkeiten nutzen. Das Projekt *telARscope* verwendet einen *Companion*, der dem Sichtzentrum bei Bewegung des Fernrohr mit ein wenig Versatz hinterher fliegt. Wird das Fernrohr nicht bewegt, so ist der Companion im Sichtzentrum. Dieser Ansatz soll für diese Arbeit genutzt werden. Würde man den Companion ohne Versatz mit dem Sichtzentrum bewegen, so würde sich die Steuerung vermutlich zu direkt und zu schnell anfühlen. Durch den Versatz des Companion entsteht ein angenehmer Bewegungsfluss, der den

Nutzer dazu animiert, das Fernrohr langsam über das Sichtfeld zu bewegen. Durch die mechanische Beschränkung der Bewegungsgeschwindigkeit werden Effekte, die bei Bedienung mit der Maus auftreten, minimiert.

## 4.2 Herangehensweise

Der erste Schritt bestand darin, sich in den Aufbau der Festungsanlagen und die Geschichte der Ehrenbreitstein einzulesen und nach interessanten historischen Begebenheiten zu suchen, die für das Spiel verwendet werden können. Verschiedene Fakten wurden dabei in Tabellen gesammelt, nach und nach entstanden grobe Ideen zu den einzelnen Spielen.

Mithilfe von Karteikarten wurde dann eine erste grobe Struktur, also ein grober Spielablauf entwickelt.

Angelehnt an die Beschreibungen in [Ada09] wurden die Ideen dann strukturiert. Hier war vor allem die Verwendung von Flow Charts hilfreich. Außerdem wurden zahlreiche Mockups erstellt und diskutiert. Ziel war es aus dem Wissen welches vermittelt werden soll, eine Geschichte zu entwickeln, die sich als Basis für das Spiel welches den *Adventure Games* zuzuordnen ist eignet.

Um den Ablauf möglichst genau zu beschreiben, wurden ein Anwendungsfalldiagramm und mehrere Aktivitätsdiagramme erstellt. Diese werden in Abschnitt „Diagramme“ genauer vorgestellt.

Am Ende dieser Entwicklung des Spielkonzepts stand das Ziel ein *Konzeptpapier* zu entwerfen, das die Idee kurz und prägnant umreißt. Dabei sollte nicht mehr als eine Din A4 Seite verwendet werden. Dieses Konzeptpapier ist in Abbildung 13 zu sehen.

Um bereits vor der Implementierung das Konzept zu evaluieren, wurde ein Leitfaden erstellt, der dazu diente eine geringe Anzahl an Teilnehmern zum Konzept zu befragen. Im Abschnitt „Präevaluation“ wird auf die Vorbereitung, Durchführung und die Ergebnisse dieser Befragung genau eingegangen.

## 4.3 Konzeptbeschreibung

Die Konzeptbeschreibung teilt sich in verschiedene Abschnitte auf. Als erstes wird in tabellarischer Form auf die in [Ada09] gegebene Auflistung eingegangen, die beschreibt, was ein Konzept nach Ernest Adams beinhalten muss. Anschließend wird der Spielablauf und die Handlung genauer beschrieben, hier werden auch die einzelnen Stationen kurz vorgestellt.

### Ablauf

Um das Spiel zu starten, muss der Spieler die Festung fokussieren, und den vorderen Knopf am Fernrohr drücken. Dann erscheint die virtuelle

# explorAR

interaktive Festung Ehrenbreitstein

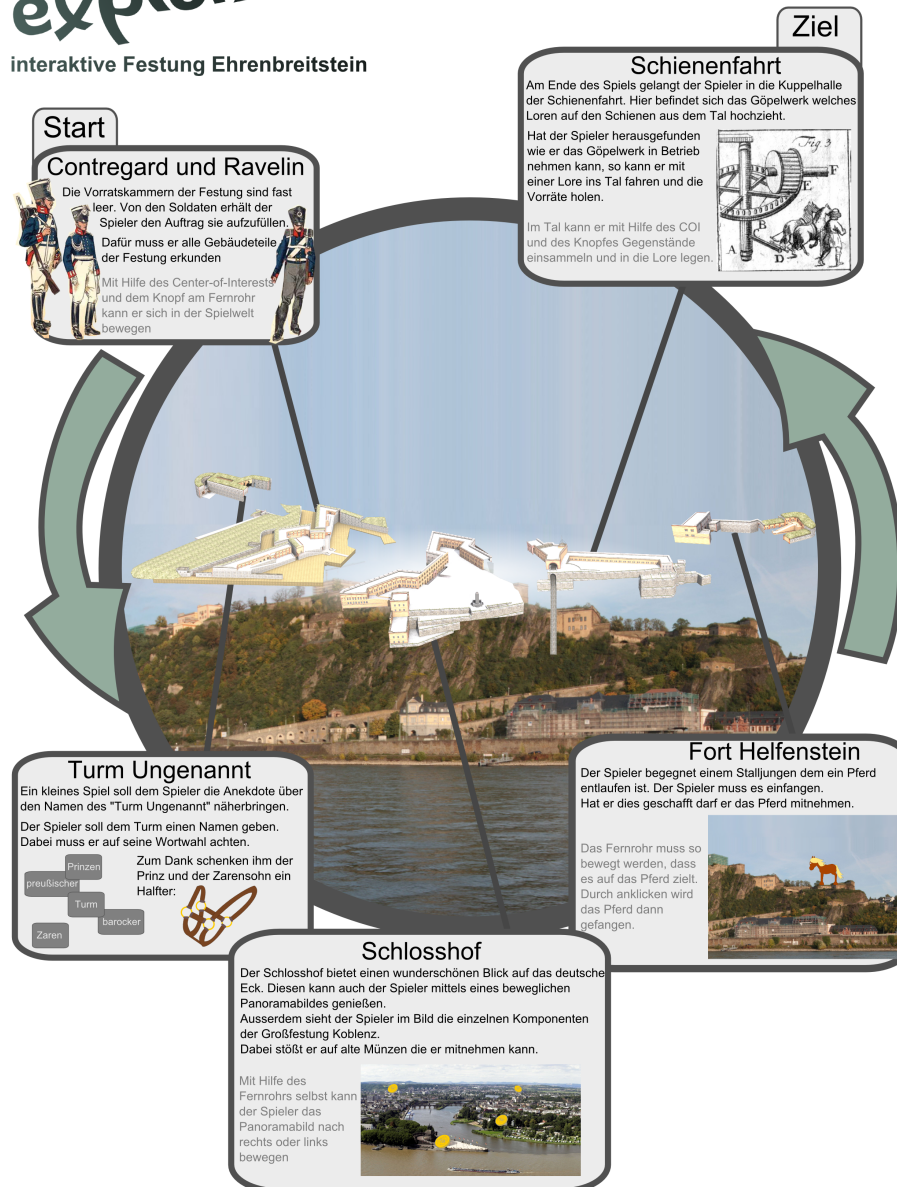


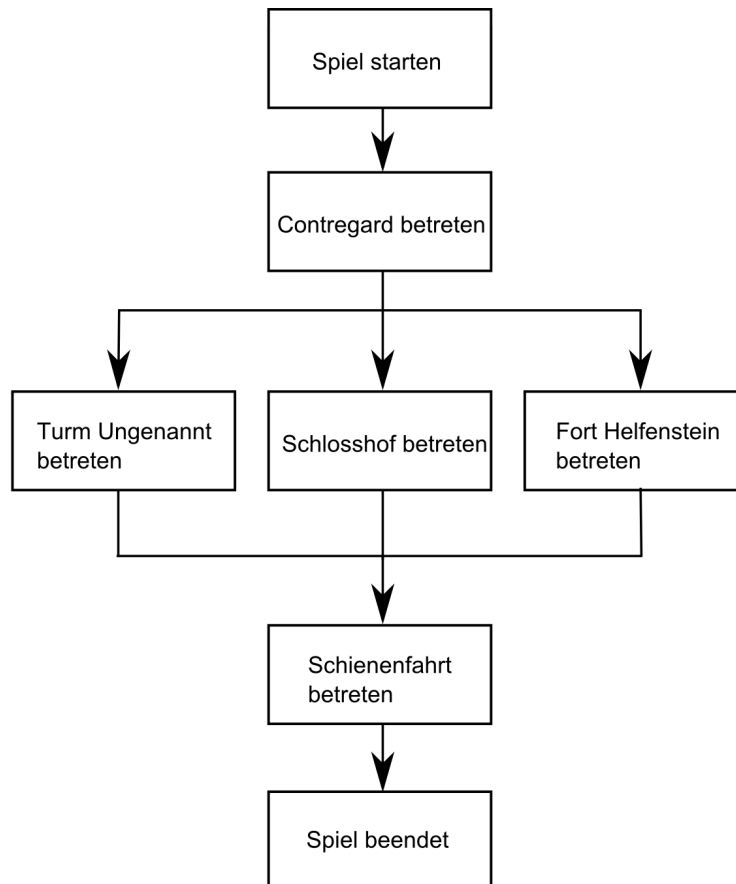
Abbildung 13: Konzeptpapier

Kurzbeschreibung	Der Spieler begibt sich auf eine Reise zur Festung Ehrenbreitstein. Dabei begegnen ihm verschiedene Charaktere und er muss Aufgaben lösen. Am Ende kann er den Soldaten Vorräte beschaffen und sie retten.
Rolle des Spielers	Der Spieler findet sich in der Rolle eines Erkunders wieder. Er erkundet die Festung und erhält dabei einen Auftrag - damit wird er zum Ende des Spiels vielleicht der Held der Festung.
Gameplay	Der Spieler muss verschiedene Aufgaben erfüllen. Dabei werden ihm Tipps gegeben und er wird durch verschiedene Darstellungen des Mauszeigers unterstützt. So bekommt er Hinweise wie er interagieren kann.
Spielgenre	Adventure Games
Zielgruppe	Zielgruppe sind Touristen die sich am Rheinufer aufhalten und die Festung auch in echt besuchen möchten. Das Spiel soll ihnen nicht nur Wissen zur Festung vermitteln, sondern auch die Orientierung auf der Festung erleichtern
Hardware	Eine Beschreibung der Hardware findet sich im Kapitel „Grundlagen“
Lizenzen	Es werden keine Lizenzen benötigt.
Spielmodi	Das Spiel kann nur im Einzelspielermodus gespielt werden. Ein Multispielermodus wäre aber durchaus denkbar.
Handlung	Im Anschluss an diese Tabelle findet sich eine ausführliche Beschreibung der Handlung
Spielwelt	Die Festung Ehrenbreitstein ist die Spielwelt. Es wird ein Modell der Festung verwendet, welches in fünf Teile aufgeteilt wurde. Diese fünf Teile sind gleichzeitig die verschiedenen Stationen die der Spieler besuchen kann. Die Stationen sind sehr unterschiedlich.

**Tabelle 1:** Konzeptbeschreibung nach [Ada09]



Festung, die dann langsam nach vorne kippt, so dass eine Vogelperspektive entsteht. Die einzelnen Gebäudeteile der Festung, die den Spielstationen entsprechen, driften auseinander und es entsteht eine Art „Explosionszeichnung“ der Festung. Diese Idee kam durch [SCS04] auf. Allerdings kann der Spieler die Explosionszeichnung nicht bewegen oder anderweitig beeinflussen.



**Abbildung 14:** Spielablauf

Nach Ablauf des Intros hat der Spieler die Möglichkeit, die einzelnen Gebäudeteile zu erkunden. Zu Beginn sind allerdings nur die Gebäudeteile *Contregard* und *Ravelin* freigeschaltet. Diese Station der Kasernen stellt den Startpunkt des Spiels dar, da der Spieler hier seine Aufgabe erhält. Hat der Spieler die Station erkundet werden die Gebäudeteile *Turm Ungenannt*, *Schlosshof* und *Fort Helfenstein* freigeschaltet. Dies zeigt auch Abbildung 31.

Nun hat der Spieler die freie Wahl in welcher Reihenfolge er die Stationen erkunden möchte. Die *Schienenfahrt* als letzte Station kann er allerdings erst betreten, wenn er alle anderen Stationen besucht hat.

Im Folgenden werden nun die einzelnen Stationen genauer vorgestellt.

### Station „Contregard und Ravelin“

Am Startpunkt des Spiels gelangt der Spieler in die Kasernen der Festung und begegnet dort einigen Soldaten. Der Spieler kann über Gegenstände und Soldaten hovern und bekommt kleine Sprechblasen mit Informationen angezeigt. Dabei gibt es drei Infoboxen, die besonders wichtig sind. Hat der Spieler diese drei Boxen angeschaut, erhält er seinen Auftrag und kann die Kasernen verlassen, um die anderen Gebäudeteile der Festung zu erkunden.

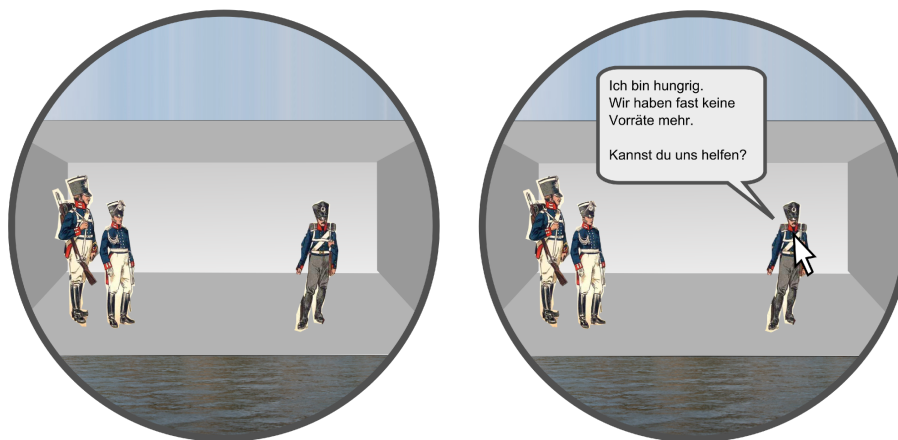


Abbildung 15: Mockup der Station „Contregard“

**Geschichtlicher Hintergrund** In [bur, Artikel „Gedanken zum Soldatenalltag auf den preußischen Festungen um 1850“] findet sich ein Artikel über den Alltag der Soldaten. Dieser hat sich aufgrund der preußischen Heeresreform im Jahr 1808 sehr verändert. Aus diesen Veränderungen wurden hier einzelne Details herausgegriffen.

Die im Artikel angesprochene Ausstattung der Soldatenunterkünfte wurde bildlich im Modell umgesetzt. Auch die geänderten Hygienebedingungen und die Essgewohnheiten wurden in der Gestaltung der Station Contregard berücksichtigt.

### Station „Turm Ungenannt“

Betritt der Spieler den Turm Ungenannt, erhält er zunächst die Information, dass sich der Prinz und der Zarensohn bei der Benennung des Turmes gegenseitig den Vortritt überlassen. Der Spieler wird nun aufgefordert den Turm zu taufen. Dabei hat er die Wahl zwischen verschiedenen Textbausteinen. Hat sich der Spieler für eine Variante entschieden kann er den Turm taufen. Als Belohnung erhält er dann ein Halfter. Je nachdem welche Textbausteine er gewählt, ist das Halfter mit Edelsteinen besetzt oder nur ein einfaches schmuckloses Halfter.

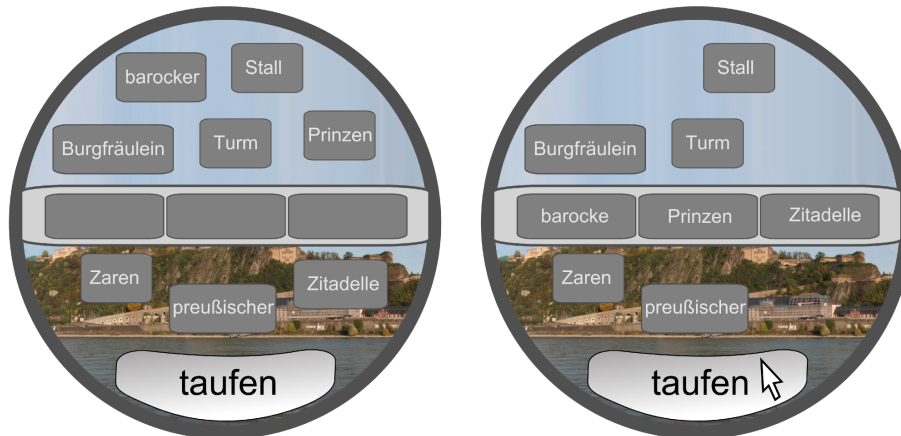


Abbildung 16: Mockup der Station „Turm Ungenannt“

**Geschichtlicher Hintergrund** Der Hintergrund dieses Spiels ist die Anekdote, dass der Prinz und der Zarensohn sich nicht auf einen Namen einigen konnten, beziehungsweise dass sie sich gegenseitig den Vortritt überlassen wollten.

#### Station „Schlosshof“

Auf dem Schloßhof hat der Spieler die Möglichkeit, mittels eines Panoramabildes den Blick auf das deutsche Eck zu genießen. Dabei werden ihm die verschiedenen Bestandteile der Großfestung Koblenz symbolhaft angezeigt. Außerdem sind einige Münzen im Bild versteckt. Diese Münzen kann der Spieler mit einem Geldsäckchen einsammeln.



Abbildung 17: Mockup der Station „Schlosshof“

**Geschichtlicher Hintergrund** Die Großfestung Koblenz besteht insgesamt aus fünf Teilen. Diese Teile existieren entweder nicht mehr oder nur noch zum Teil. Die verwendeten Pläne stammen aus einer Zusammenfassung zur preußischen Großfestung[Tes]. Eine ausführliche Einführung in die Festungsbauten der Großfestung Koblenz findet sich in[Neu].

#### **Station „Fort Helfenstein“**

Am Fort Helfenstein begegnet der Spieler einem Stalljungen, der gerade aus dem Tal kommt. Ihm ist sein Pferd entlaufen und der Spieler soll es einfangen. Dafür erscheint als COI ein Lasso, welches zum Einfangen benutzt werden soll. Fängt der Spieler das Pferd sehr schnell, so ist es noch nicht außer Atem. Lässt der Spieler sich allerdings zu viel Zeit, nimmt die Fitness des Pferdes ab.



**Abbildung 18:** Mockup der Station „Fort Helfenstein“

**Geschichtlicher Hintergrund** Der Hintergrund dieses Spiels ist der Felsenweg ins Tal, der dem Spieler nähergebracht werden soll, und der Marstall der Phillipsburg, der sich im Tal befindet.

#### **Station „Schienenfahrt“**

Die Schienenfahrt kann erst nach Erkunden der anderen Gebäude betreten werden. Der Spieler betritt die Kuppelhalle mit dem *Göpelwerk* und muss eine Kombination von Aufgaben lösen, um das Göpelwerk zu starten. Neben dem Göpelwerk steht ein mürrischer *Göpelwart*, den der Spieler mit den gesammelten Münzen bestechen muss. Außerdem muss er dem Pferd das Halfter anlegen und es ins Göpelwerk einspannen. Das Pferd wird allerdings erst loslaufen und das Zahnrad bewegen, wenn es vom Göpelwart aufgrund der Bestechung gefüttert wurde. So gelangt dann schließlich die Lore ins Tal und der Spieler kann dort die von den Soldaten er-

sehnten Vorräte sammeln und in die Festung hochtransportieren. Wie viel Vorräte der Spieler mit der Lore auf die Festung befördern kann, hängt von der Fitness des Pferdes, der Qualität des Halfters und der Anzahl gesammelter Münzen ab.



Abbildung 19: Mockup der Station „Schienenfahrt“

**Geschichtlicher Hintergrund** Auf der Festung gab es früher ein Göpelwerk, das dazu diente, Loren über Schienen zu bewegen, um damit Baumaterial und Vorräte zur Festung zu transportieren.

#### 4.4 Präevaluation

##### Planung

Das Ziel der Präevaluation ist es, vier Teilnehmern das Konzept genauer vorzustellen und anhand verschiedener Mockups zu erläutern.

Mit Hilfe eines Leitfadens werden dabei verschiedene Themen abgefragt. Um zu gewährleisten, dass jeder Teilnehmer das gleiche Wissen hat, wurden Texte formuliert, die den Teilnehmern vorgelesen werden.

Die Präevaluation gliedert sich in fünf Abschnitte:

##### 1. Einleitung/Grundlagen

- Handout „AR“
- Handout „AR-Fernrohr“
- Fragen/Einschätzungen zu den Grundlagen

##### 2. Konzept

- Handout „Konzeptpapier“

- Fragen/Einschätzungen zum Konzept

### 3. Spielmenü

- Präsentation Spielmenü
- Fragen/Einschätzungen zum Spielmenü

### 4. Stationen

- Präsentation Stationen
- Fragen/Einschätzungen zu den Stationen

### 5. Abschließende Diskussion

Im ersten Abschnitt geht es darum abzuklären, ob grundlegende Begriffe klar sind und falls nicht, diese näher zu erläutern. Außerdem geht es um die Festung Ehrenbreitstein und das bis dato vorhandene Wissen der Teilnehmer über die Festung. Der zweite Abschnitt stellt das erarbeitete Konzept grob vor. Dafür wurde das *Konzeptpapier* verwendet, welches bereits Abschnitt „Herangehensweise“ vorgestellt wurde. Im dritten Abschnitt der Präevaluation wird das Spielmenü und die Darstellung des Spielfortschritts mit Hilfe von Mockups besprochen. Die einzelnen Stationen werden dann im vierten Teil anhand von Mockups theoretisch durchgespielt. Der letzte Abschnitt bietet dann die Möglichkeit, Diskussionen zu bestimmten Fragen zu vertiefen und Verbesserungsvorschläge zu geben.

Der Leitfaden befindet sich in den Anlagen der Ausarbeitung.

## Durchführung

An der Präevaluation haben vier Personen teilgenommen. Dabei wurde darauf geachtet, dass sowohl Personen mit pädagogischen Kenntnissen als auch Personen mit Informatik-Hintergrund befragt wurden.

Die Teilnehmer im Einzelnen:

- Fachinformatiker Systemintegration, männlich
- CV-Studierende im höheren Semester, weiblich
- Diplompädagogin, weiblich
- Germanistik (Lehramt), männlich

Die Befragungen dauerten zwischen 1 Stunde und 15 Minuten und 2 Stunden. Angesetzt waren 1 Stunde und 30 Minuten.

## Ergebnisse

In diesem Abschnitt sollen die Ergebnisse vorgestellt werden. Dabei wird darauf verzichtet jede Frage im einzelnen durchzugehen.

**Grundlagen** Alle TN (Teilnehmer) waren bereits einmal oder mehrmals auf der Festung Ehrenbreitstein.

Dabei haben alle TN den Schloßhof besucht und sind dafür durch das Feldtor auf das Festungsgelände gelangt. Ein TN war zusätzlich schon einmal im Landesmuseum, hat an einer Führung teilgenommen und die Jugendherberge besucht. Die Hälfte der TN schätzt ihr Wissen zur Festung als *normal* ein, ein TN schätzt sich als *gut bis normal* und einer als *schlecht bis sehr schlecht* ein.

Als besonders interessant beschrieben die TN die Abwehrmauern der Festung und die verschiedenen Stile, die sich in den Festungsbauten wiederfinden. Außerdem wurde die Wichtigkeit der Festung und die Lage der Festung als bemerkenswert erwähnt. Eine TN findet den Blick zum deutschen Eck besonders interessant.

**Konzept** Die Grundidee, die im Konzeptpapier beschrieben wird, finden zwei TN *interessant*, ein TN *sehr interessant bis interessant* und ein TN *sehr interessant*.

Den Ablauf des Spiels empfinden zwei TN als *genau richtig*, die anderen zwei als *flexibel*. Alle TN sind der Meinung, dass es gut ist eine flexible Struktur zu haben. Das Start und Ziel bei diesem Spiel trotzdem festgelegt sind bewerten alle TN positiv.

Das Verhältnis zwischen historischen Inhalten und spielerischem Anteil empfinden alle TN als *ausgewogen*.

**Spielmenü** Das Spielmenü wird von zwei TN als *ansprechend*, von einem TN als *ansprechend bis sehr ansprechend* und von einem TN als *sehr ansprechend* empfunden.

Die Interaktion mit Hilfe des Knopfes am Fernrohr schätzen alle TN als *intuitiv* ein. Die Darstellung der Gebäudeteile als Explosionszeichnung wird von drei TN als *sehr hilfreich* und von einem TN als *hilfreich* eingestuft.

Alle TN sind der Meinung, dass diese Darstellung zur *Orientierung beiträgt*.

Bei der Darstellung des Spielfortschritts haben sich alle TN für den *Festungsgrundriss* entschieden. Alle sind der Meinung, dass dieser mehr Informationen enthält, als die Darstellung mit einem Ladebalken. Ein TN sieht allerdings ein Problem darin, dass die Flächen beim Festungsgrundriss verschieden groß sind. Dies stellt den zeitlichen Fortschritt in verzerrter Weise dar.

Drei TN können sich eine Kombination der Schwarz-Weiss und Farb-

darstellung mit der Spielfortschritts-Darstellung *Festungsgrundriss* gut vorstellen. Ein TN ist der Meinung, dass dies eine überladene Darstellung wäre, und kann sich die Kombination von Ladebalken und Festungsgrundriss gut vorstellen.

Alle TN sind der Meinung, dass eine *direkte* Darstellung des Spielfortschritts einer *indirekten* deutlich vorzuziehen ist.

**Stationen** Einem TN hat die *Schienerfahrt* am besten gefallen, einem TN *Fort Helfenstein* und zwei TN konnten sich zwischen der *Schienerfahrt* und dem *Schloßhof* nicht entscheiden. Fasst man diese Bewertung zusammen, lässt sich die *Schienerfahrt* als Favorit bezeichnen. Bei der Frage welche Station am wenigsten gefallen hat, wurde zweimal die *Contregard* genannt. Da sie gleichzeitig den Startpunkt darstellt, und deswegen von den anderen zu unterscheiden ist, wurde sie hier außen vor gelassen. Unter diesem Gesichtspunkt finden drei TN den *Turm Ungenannt* und ein TN *Fort Helfenstein* am uninteressantesten.

Alle Teilnehmer sind der Meinung, dass sich geschichtliche Inhalte mit *explorAR* besser vermitteln lassen als mit einer touristischen Infotafel. Auf die Frage, ob man eine touristische Infotafel demnach mit *explorAR* ersetzen könnte, antworteten alle TN mit *ja*.

Die für das Spiel ausgewählten geschichtlichen Hintergründe fanden zwei TN *interessant* und zwei TN *sehr interessant*. Die Möglichkeit mit Hilfe des Knopfes am Fernrohr durch Klicken und Ziehen Gegenstände zu bewegen, empfinden alle TN als *intuitiv*.

Ein Punktesystem bzw. Highscore ist zwei TN *unwichtig* und zwei TN *eher unwichtig*. Die Idee, dem Spieler am Ende des Spiels eine Rolle zu verleihen fanden alle TN gut. Auf die Frage, ob *explorAR* mehr Spaß machen könnte, wenn der Spieler auch verlieren kann, antworteten drei TN mit *nein*, ein TN mit *weder noch*.

**Abschließende Diskussion:** Ein TN findet, dass die im Spiel auftretenden Charaktere einen eindeutigen erkennbaren Charakter haben sollten. Außerdem sollten sie einer Tätigkeit nachgehen, die Soldaten könnten sich beispielsweise die Schuhe putzen.

Im Laufe der durch die Fragen angestoßenen Gespräche kam immer wieder das Thema der Hilfe auf. Alle TN finden es gut, kleine Hilfestellungen zu geben, wenn der Spieler ein gewisse Zeit lang im Spiel nicht weiterkommt.

Einem TN waren die historischen Inhalte zu gering. Im fehlten Angaben wie beispielsweise die Gründe zum Bau der Festung. Er hat allerdings auch festgestellt, dass dies im Rahmen von *explorAR* schwierig unterzubringen ist.

Es kamen allgemein sehr viele Vorschläge zur Gestaltung verschiedener Spielelemente.



Auf die Frage nach der größten Schwäche von explorAR sagte ein TN, dass er *keine Schwäche sieht*, ein TN, dass es *nur ein Fernrohr gibt*, ein TN den *Zeitfaktor* und ein TN die *fehlende Tiefe der historischen Dimension*.

Auf die Frage nach der größten Stärke von explorAR sagte ein TN, dass man *Inhalte durch die Beschäftigung selbst lernt*, ein TN lobte die *Handhabung und dass das Spiel ohne viel Erklärung nutzbar ist*. Ein TN nannte hier den *aha-Effekt aufgrund der noch unbekanntem AR-Technik* und ein TN nannte den *optischen Faktor*.

Alle TN haben Interesse an der Abschlussevaluation teilzunehmen.

### **Fazit**

Die Durchführung der Präevaluation hat sich als sehr hilfreich erwiesen. Die Ergebnisse sind als sehr positiv zu bewerten und können als Bestätigung des Konzepts angesehen werden. Alle TN kamen mit dem theoretischen Durchspielen der Stationen gut zurecht und brauchten nur wenig oder keine Hilfestellung. Das Interesse an AR und auch das Interesse an explorAR scheint sehr groß zu sein. Auch die Umsetzung als Spiel sehen die TN sehr positiv.

Für die Entwicklung der Anwendung hat es auch sehr geholfen die verschiedenen Tipps zur Darstellung zu sammeln. Einige dieser Hinweise werden mit Sicherheit Anwendung finden.

Die Durchführung der Präevaluation ist also durchweg als positiv zu sehen. Der zeitliche Aufwand für die Erstellung des Leitfadens und der Mockups, hat sich in Anbetracht des guten Feedbacks und der zahlreichen Anregungen gelohnt. Dies gab auch in einer frühen Phase der Entwicklung schon Sicherheit, da eventuelle Unklarheiten früh erkannt und beseitigt werden konnten.

## 5 Implementierung

### 5.1 Softwaretechnisches Konzept

Als Einstiegspunkt wurde das vom Praktikum *Augmented Reality Fernrohr* entwickelte System *telarscope* verwendet (siehe: [Gr"11]). In einem ersten Schritt fand eine Einarbeitung in das System statt. Dafür wurde ein Klassendiagramm von den für das Spiel interessanten Teilen des Systems erstellt. Anschließend wurden alle nicht benötigten Klassen entfernt. So entstand eine lauffähige Minimalversion des System. In dieser Version wird die oben genannte vom Praktikum entwickelte Lösung verwendet, in der als Hintergrundbild ein Panoramabild gezeigt wird. Dieses Panoramabild wurde am Standort des Fernrohres aufgenommen und bietet so optimale Möglichkeiten um das System unabhängig vom Standort des Fernrohres zu entwickeln. Um nicht an das Fernrohr gebunden zu sein, da dieses zu Beginn der Entwicklung noch nicht verfügbar war, wurden parallel Lösungen zur Einbindung der Maus und der Winkelkodierer vom Praktikum entwickelt. Auf Details des vom Praktikum *telARscope* erstellten Codes wird an dieser Stelle nicht eingegangen.

In den folgenden Abschnitten wird das System *explorAR* vorgestellt. Dafür werden zu Beginn ein Anwendungsfalldiagramm, mehrere Aktivitätsdiagramme und schließlich das Klassendiagramm diskutiert. Anschließend werden die für das Spiel wichtigsten Klassen genauer vorgestellt. *Wurde eine Klasse nicht neu entwickelt, sondern eine vorhandene Klasse aus dem Projekt telARscope modifiziert, so wird dies im Text vermerkt.*

#### Diagramme

Um das Konzept weiter zu konkretisieren, wurden UML 2.0 Diagramme angefertigt. Im ersten Schritt wurde ein *Anwendungsfalldiagramm* erstellt. Um dieses weiter zu spezialisieren, wurden einige *Aktivitätsdiagramme* angefertigt.

Im letzten Teil dieses Abschnitts wird das Klassendiagramm vorgestellt.

#### Anwendungsfalldiagramm

Das Anwendungsfalldiagramm in Abbildung 20 zeigt drei Anwendungsfälle, die direkt mit dem Benutzer zusammenhängen: *über Gebäude hovern*, *Spiel beenden* und *Spielfortschritt betrachten*. Der Anwendungsfall *Spiel beenden* beinhaltet das Löschen des Spielstandes.

Der Anwendungsfall *über Gebäude hovern* wird um zwei Anwendungsfälle erweitert: *ausgewähltes Gebäude betreten* und *gesammelten Gegenstand anzeigen*. Der Anwendungsfall *ausgewähltes Gebäude betreten* wird betreten wenn ein Gebäude noch nicht erkundet wurde, und wenn das Gebäude angeklickt wurde. Der zweite Extension Point ist *Gegenstand anzeigen* und

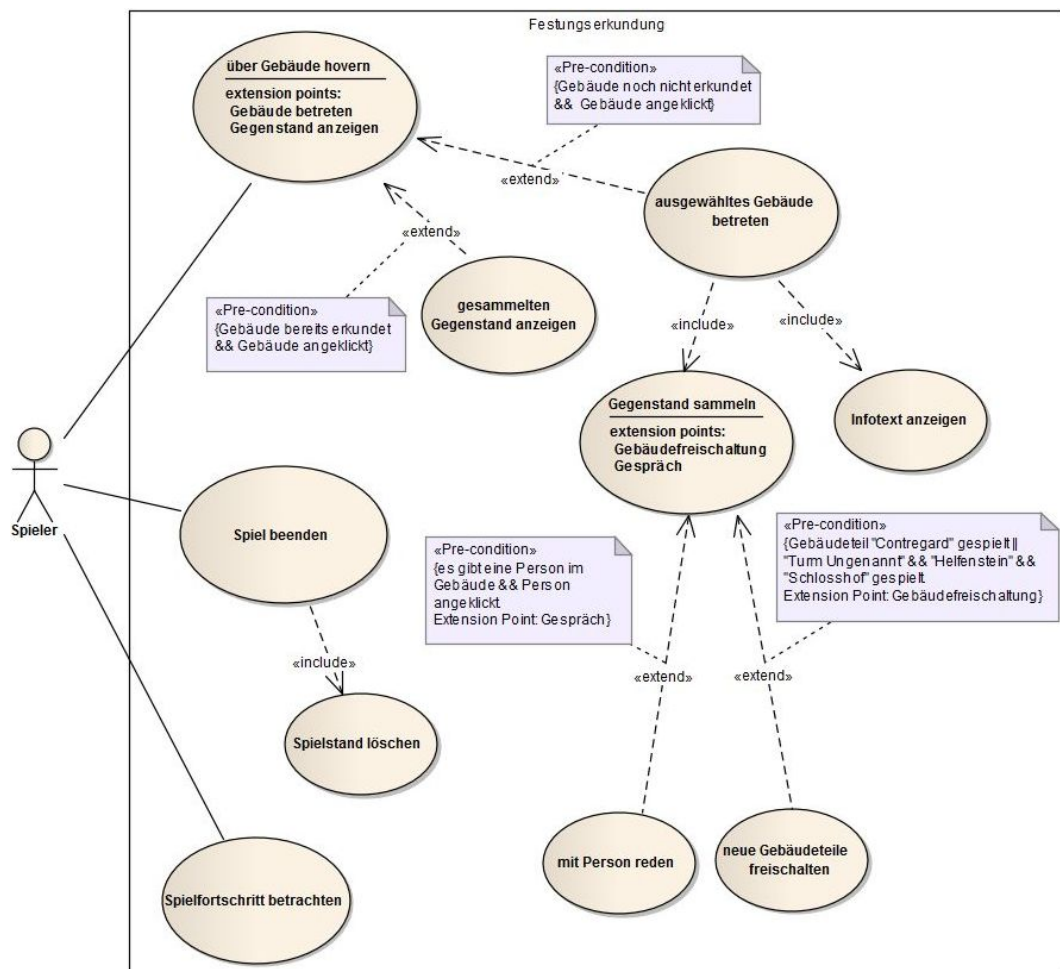


Abbildung 20: Anwendungsfalldiagramm „Festungserkundung“

wird unter der Vorbedingung, dass das Gebäude bereits erkundet wurde und dass es angeklickt wurde betreten.

Der Anwendungsfall *ausgewähltes Gebäude betreten* beinhaltet zwei weitere Anwendungsfälle, *Gegenstand sammeln* und *Infotext anzeigen*, wobei *Gegenstand sammeln* wiederum um zwei Anwendungsfälle erweitert wird. Der Anwendungsfall *mit Person reden* wird betreten, wenn es eine Person im Gebäude gibt und die Person angeklickt wurde.

Der Anwendungsfall *neue Gebäudeteile freischalten* wird betreten wenn der Gebäudeteil *Contregard* oder *Turm Ungenannt*, *Fort Helfenstein* und *Schlosshof* bereits gespielt worden sind.

## Aktivitätsdiagramme

**Aktivitätsdiagramm „Spiel starten“** Das Aktivitätsdiagramm in Abbildung 21 zeigt, wie das Spiel gestartet wird. Dafür gibt es im Sichtfeld der Kamera eine Unterteilung in verschiedene *Sichtbereiche*. Zum einen gibt es den *Sichtbereich 2*, dieser erstreckt sich in einem größeren Radius um die Umrisse der Festung. Der *Sichtbereich 1* entspricht einem Kollisionsmodell der Festung und ist damit deutlich kleiner als der *Sichtbereich 2*.

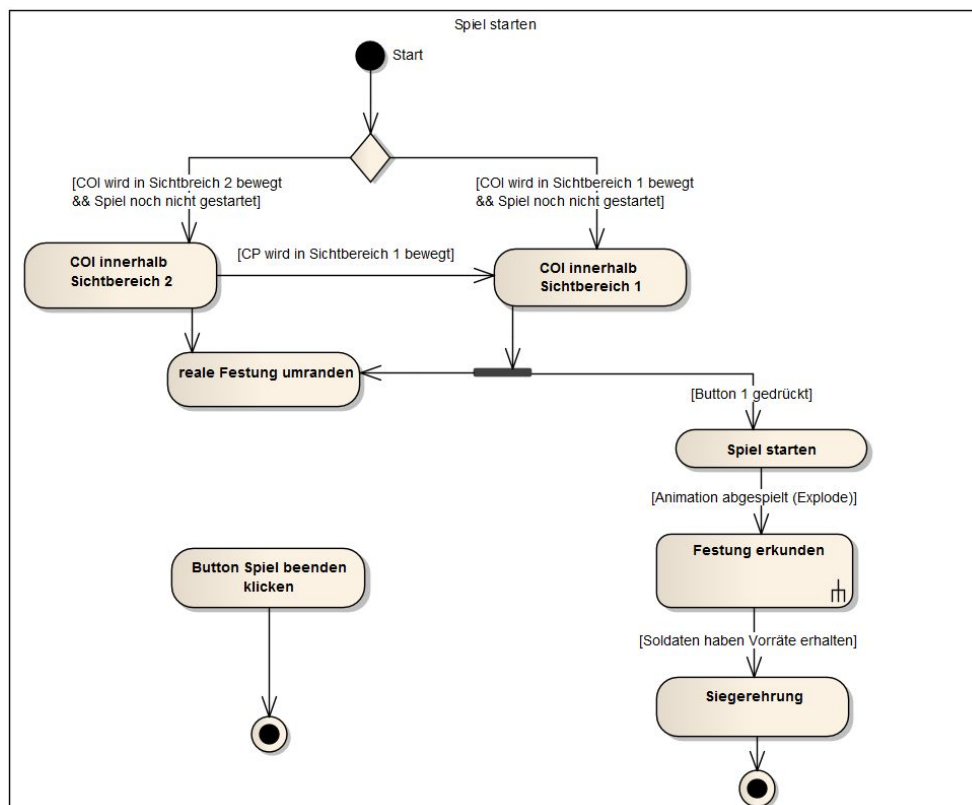


Abbildung 21: Aktivitätsdiagramm „Spiel starten“

Diese Unterteilung ist im Aktivitätsdiagramm als Entscheidung dargestellt. Befindet sich der COI im *Sichtbereich 2* und ist das Spiel noch nicht gestartet, so wird die reale Festung umrahmt. Befindet sich der COI in *Sichtbereich 1*, und wird zusätzlich der vordere Button am Fernrohr gedrückt, wird das Spiel gestartet.

Das Spiel beginnt mit dem Intro. Ist das Intro fertig abgespielt, kann der Spieler die Festung erkunden.

Der Spieler kann das Spiel jederzeit beenden indem er den Button „Spiel beenden“ klickt. Hat der Spieler die Festung erfolgreich erkundet und den Soldaten die Vorräte gebracht, gelangt er zur Siegerehrung.

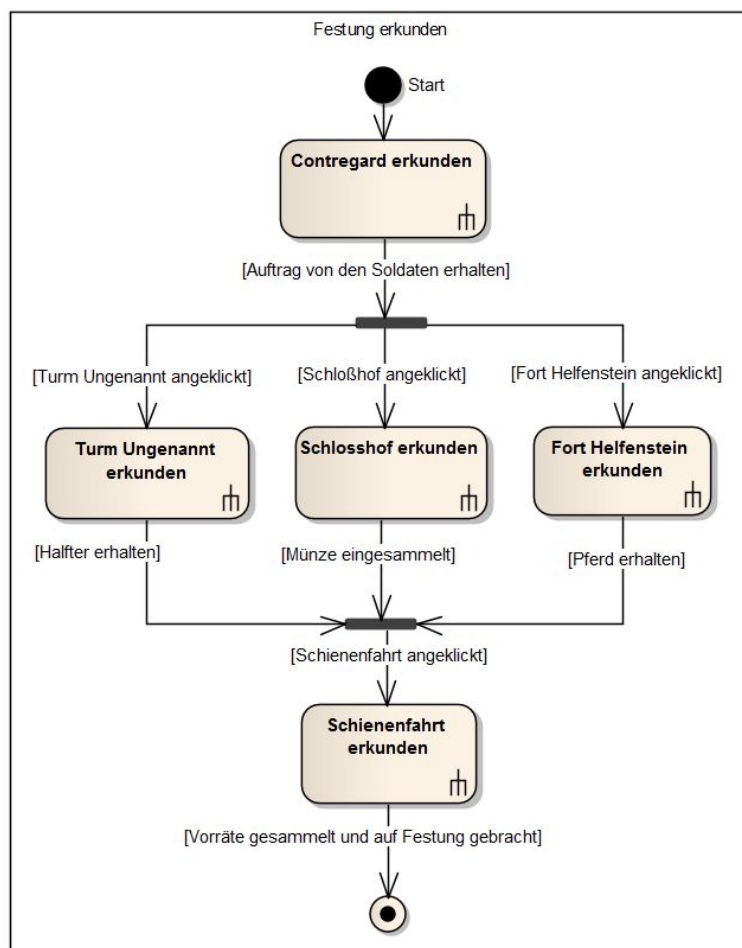


Abbildung 22: Aktivitätsdiagramm „Festung erkunden“

**Aktivitätsdiagramm „Festung erkunden“** Die Aktivität *Festung erkunden* wird in Abbildung 22 spezialisiert. Als erstes muss der Spieler die *Contregard erkunden*. Hat er den Auftrag von den Soldaten erhalten, werden drei

Gebäudeteile freigeschaltet, die er in beliebiger Reihenfolge betreten kann. Zum Betreten muss der Spieler ein Gebäude anklicken. Hat der Spieler den Turm Ungenannt angeklickt, befindet er sich in der Aktivität *Turm Ungenannt erkunden*. Das selbe gilt für die Aktivitäten *Schlosshof erkunden* und *Fort Helfenstein erkunden*.

Hat der Spieler das Halfter erhalten, die Münzen eingesammelt und das Pferd eingefangen, kann er die Schienenfahrt betreten. Durch Anklicken gelangt der Spieler in die Aktivität *Schienenfahrt erkunden*. Die Aktivität *Festung erkunden* ist beendet, wenn der Spieler die Vorräte gesammelt und auf die Festung gebracht hat.

Die Aktivitäten *Contregard erkunden*, *Turm Ungenannt erkunden*, *Schlosshof erkunden*, *Fort Helfenstein erkunden* und *Schienenfahrt erkunden* werden weiter spezialisiert, und nun in dieser Reihenfolge beschrieben.

**Aktivitätsdiagramm „Contregard erkunden“** In Abbildung 23 ist zu sehen, dass der Spieler erst den Einführungstext zur Contregard angezeigt bekommt. Dort kann er dann den Button „eintreten“ klicken und so die Kaserne betreten. Nun kann der Spieler das Fernrohr bewegen und so mit dem COI über Personen und Gegenstände hovern. Schaut er sich beispielsweise den Ofen an, so erscheint nach x Sekunden der Infotext *Wärme*. So hat der Spieler die Möglichkeit, nach und nach alle Infotexte zu entdecken und zu lesen.

Sobald er seinen Auftrag erhalten hat, wird der Button „verlassen“ aktiviert und der Spieler kann die Kaserne wieder verlassen. Den Auftrag erhält er nur, wenn er die Informationen *Wasserknappheit*, *Gemüse* und *Fleisch* entdeckt hat. Die Informationen *Hygiene*, *Ausstattung* und *Wärme* sind hingegen optional.

**Aktivitätsdiagramm „Turm Ungenannt erkunden“** Das Aktivitätsdiagramm *Turm Ungenannt erkunden* zeigt als ersten Schritt die Einblendung eines Einführungstextes. Der Spieler kann dann mit dem Button „eintreten“ den Turm Ungenannt betreten, siehe Abbildung 24.

Als nächstes hat er die Wahl zwischen insgesamt acht verschiedenen Textbausteinen. Hat er einen der Textbausteine in ein Feld gezogen, kann er diesen nicht noch einmal auswählen. Hat der Spieler mindestens einen Textbaustein pro Feld, also drei Bausteine ausgewählt, kann er den *Turm taufen*. Es ist abhängig von den gewählten Textbausteinen, wie wertvoll das Halfter ist, das der Spieler erhält.

**Aktivitätsdiagramm „Schlosshof erkunden“** Wie in Abbildung 25 zu sehen, startet auch die Station Schlosshof mit einem Einführungstext. Hat der Spieler den Schlosshof betreten, kann er ein Panoramabild, das vom Brunnenendenkmal aus gemacht wurde, betrachten.

Im Panoramabild hat der Spieler die Möglichkeit, sich zu den einzelnen

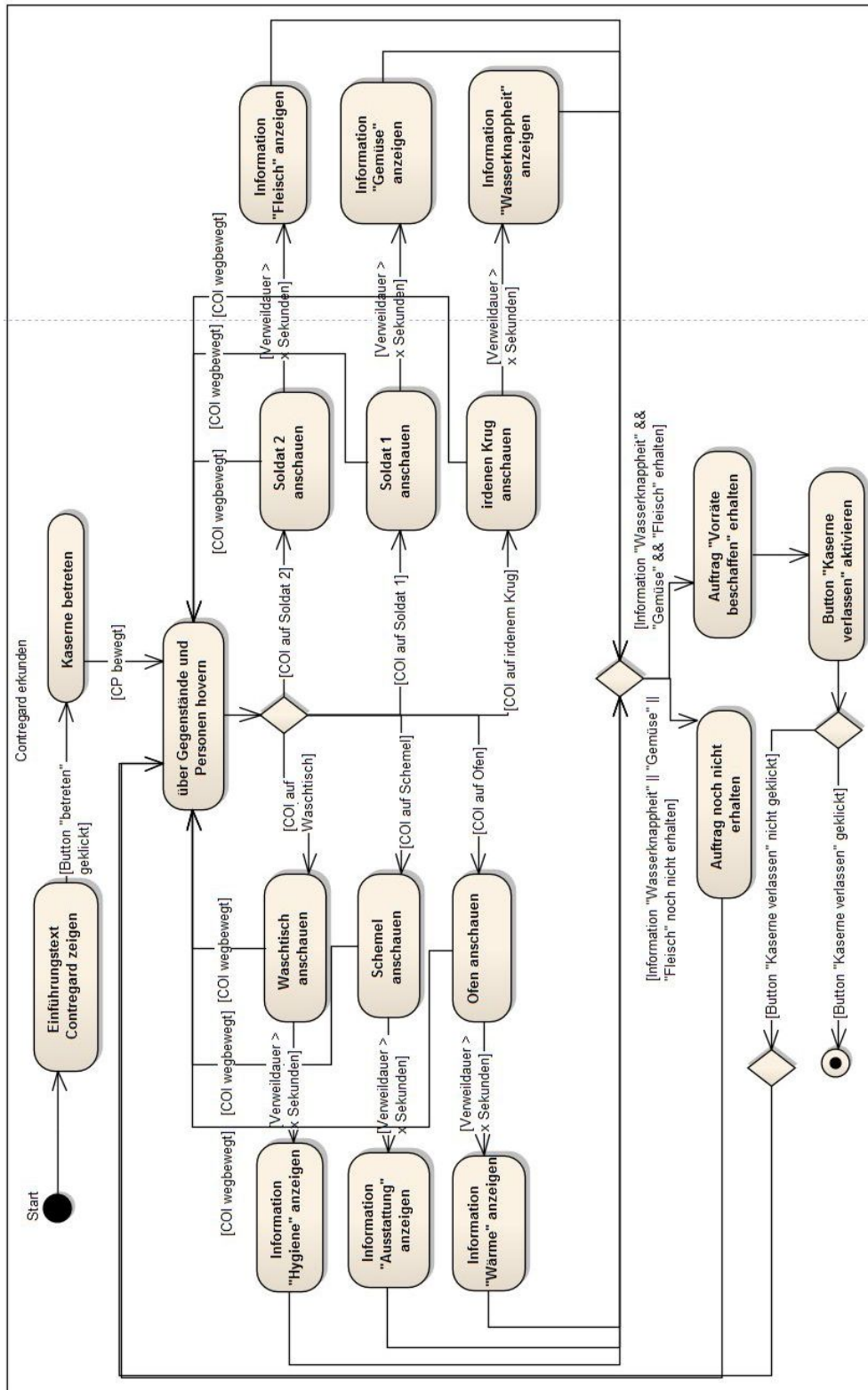


Abbildung 23: Aktivitätsdiagramm „Contregard erkunden“

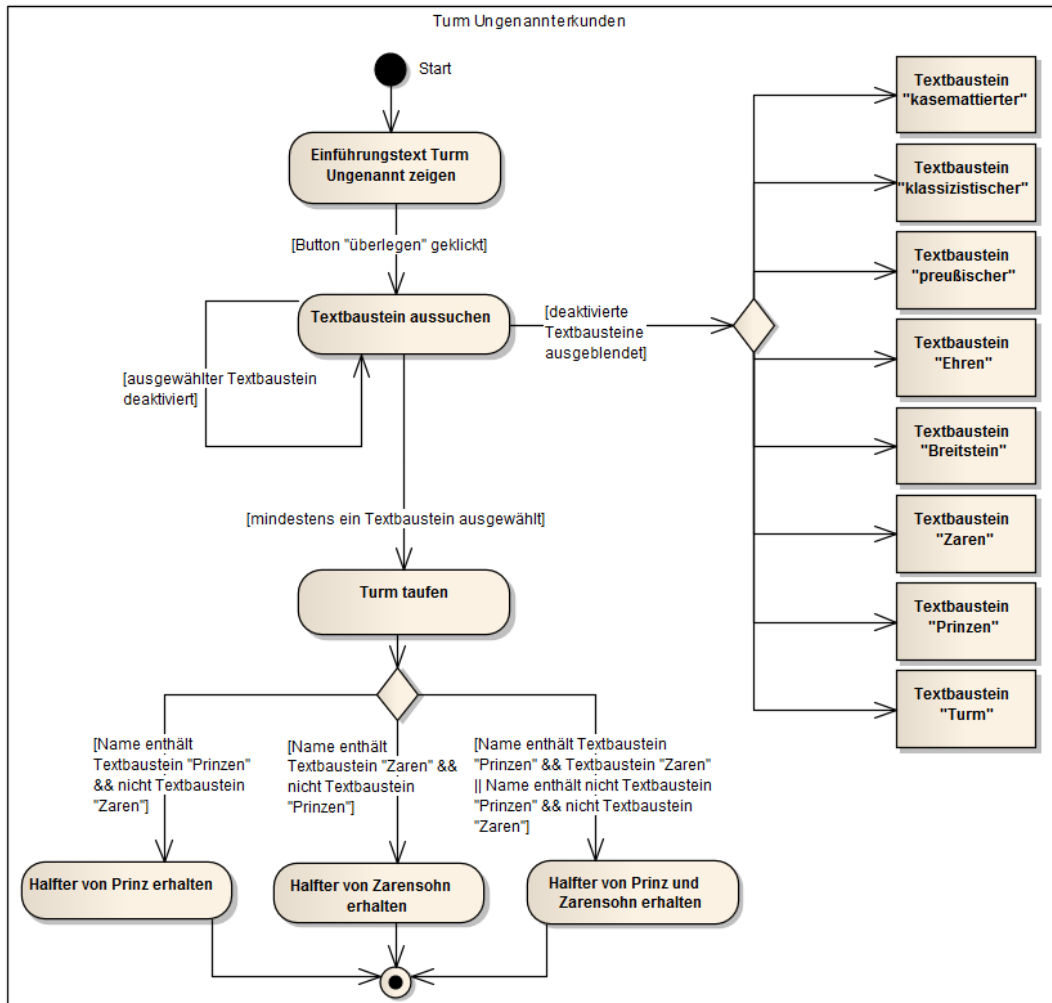


Abbildung 24: Aktivitätsdiagramm „Turm Ungenannt erkunden“



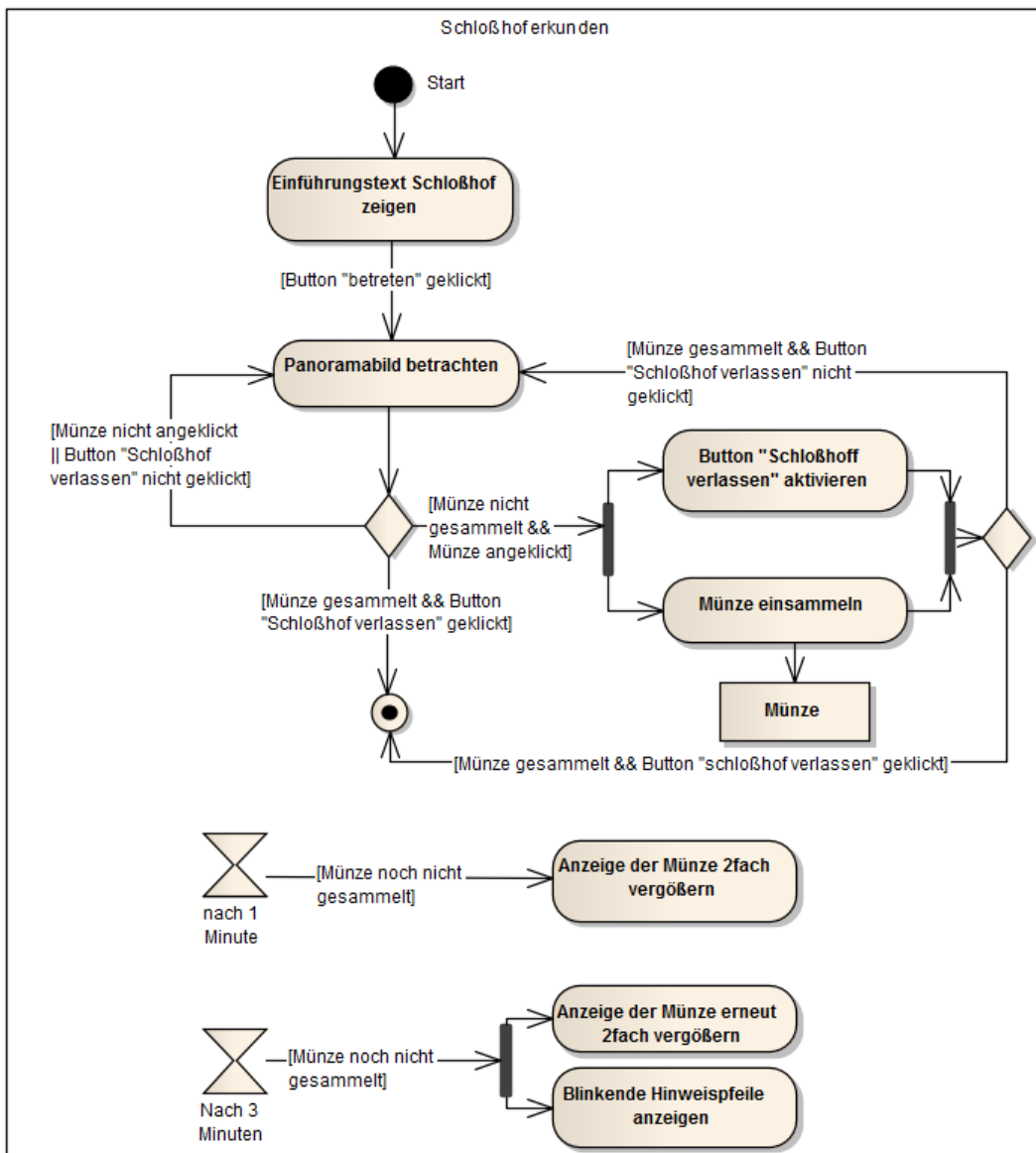
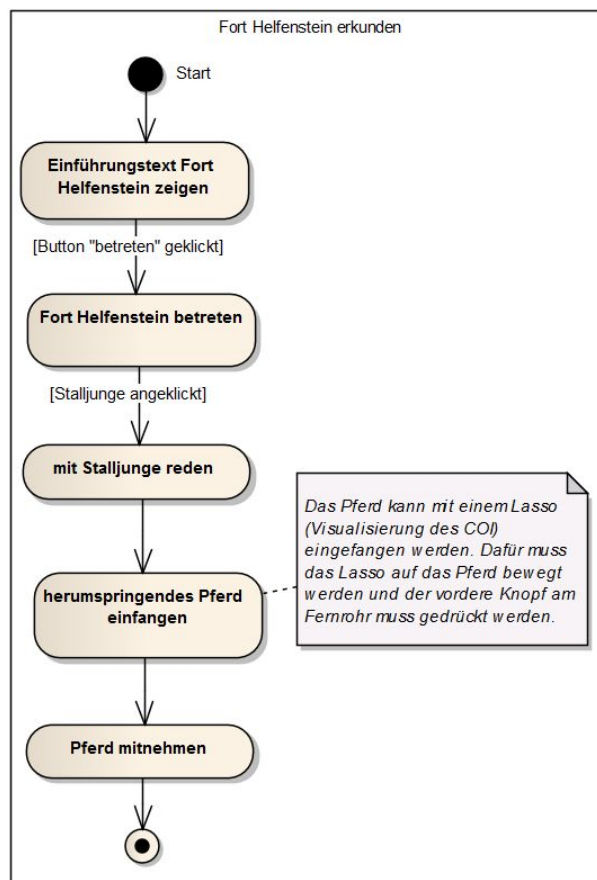


Abbildung 25: Aktivitätsdiagramm „Schloßhof erkunden“

Teilen der Großfestung Koblenz ein Bild anzuschauen. Außerdem kann er die im Bild versteckten Münzen finden und einsammeln. Hat er mindestens eine Münze gesammelt, kann er den Schlosshof wieder verlassen. Als kleine Unterstützung für den Spieler, werden die Münzen nach einer gewissen Zeit langsam größer.

**Aktivitätsdiagramm „Fort Helfenstein erkunden“** Das Aktivitätsdiagramm *Fort Helfenstein erkunden* in Abbildung 26 startet mit einem Einführungstext.



**Abbildung 26:** Aktivitätsdiagramm „Fort Helfenstein erkunden“

Anschließend kann der Spieler mit dem Stalljungen reden. Nun bekommt er die Aufgabe, das entlaufene Pferd einzufangen. Mit einem Lasso, das dann anstelle der Standarddarstellung des COI erscheint, kann der Spieler das Pferd fangen. Zum Schluss nimmt er das Pferd mit.

**Aktivitätsdiagramm „Schienefahrt erkunden“** Das letzte Aktivitätsdiagramm, welches vorgestellt werden soll, ist in Abbildung 27 zu sehen. Es

zeigt zu Beginn wieder einen Einführungstext.

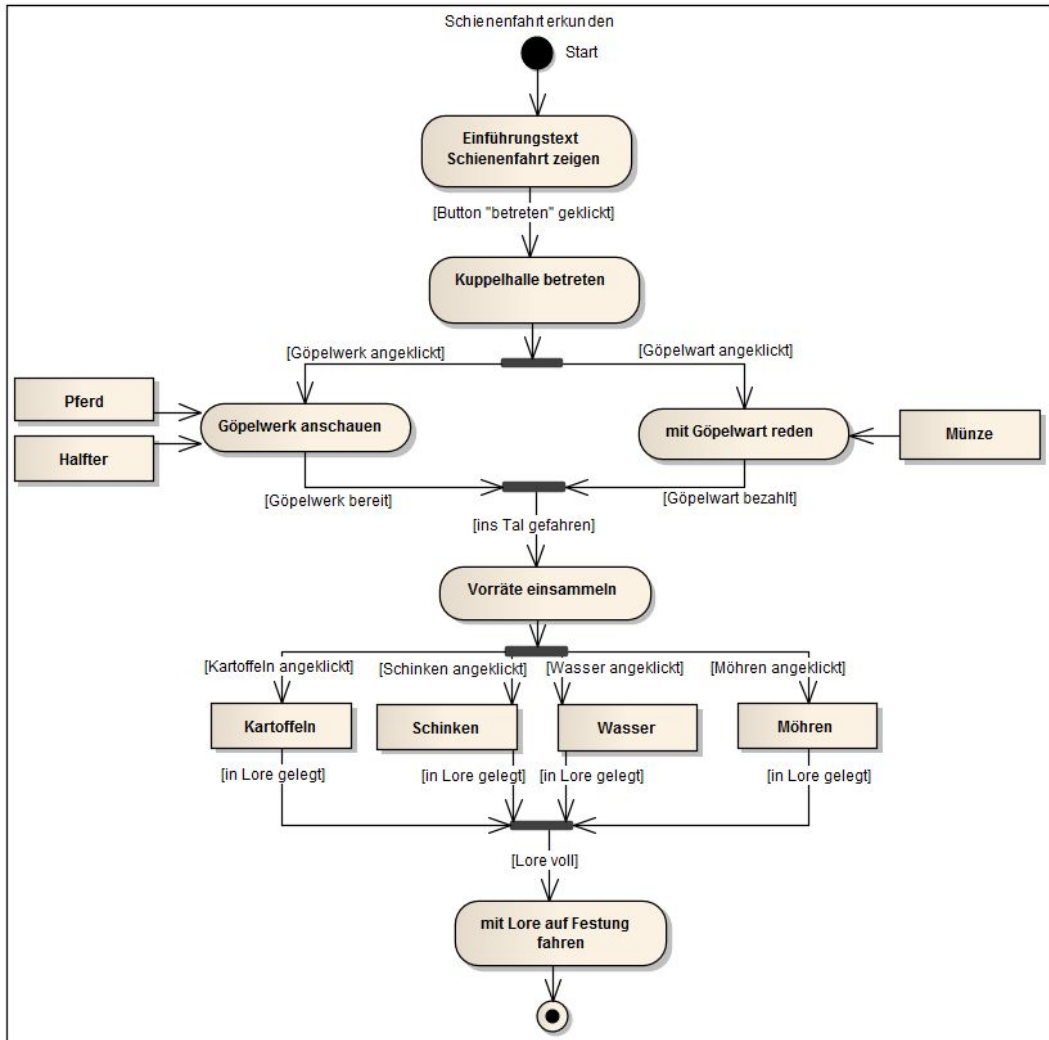


Abbildung 27: Aktivitätsdiagramm „Schienenfahrt erkunden“

Dann betritt der Spieler die Kuppelhalle. Hier befinden sich das Göpelwerk und der Göpelwart. Der Spieler kann nun die gesammelten Gegenstände zum Einsatz bringen. Er muss das Pferd mit dem Halfter bestücken und das Pferd dann auf das Göpelwerk ziehen. Um es dazu zu bringen loszulaufen, muss der Spieler den Göpelwart mit den Münzen bezahlen. Dieser füttert dann das Pferd und es läuft los. So gelangt die Lore ins Tal. Im Tal angelangt kann der Spieler nun die Vorräte durch Klicken und Ziehen in die Lore befördern. Er hat die Wahl zwischen *Kartoffeln*, *Schinken*, *Wasser* und *Möhren*. Ist die Lore voll, fährt sie wieder auf die Festung und die Soldaten erhalten so ihre Vorräte.

## Klassendiagramm

Das Klassendiagramm beinhaltet sowohl die unverändert oder modifiziert übernommenen Klassen als auch die neu entwickelten Klassen. Die Abbildung 28 zeigt ein Klassendiagramm, welches im Rahmen der Einarbeitung in den Code des Systems *telARscope* auf Basis des Codes und einiger Diagramme vom Praktikum erstellt wurde. Dabei sind die verschiedenen Klassen für die unterschiedlichen Inputmöglichkeiten aufgeführt.

Abbildung 29 zeigt die Klassen `Main`, `AppLogic`, `Companion` und `State` aus dem Code von *telARscope*. Die Klassen `GameItem`, `GameMenu` und `Station` sind neu dazu gekommen. Die existierenden Klassen wurde teilweise an die neuen Bedürfnisse angepasst.

In Abbildung 30 ist nochmal die Klasse `Station` aus Abbildung 29 zu sehen. Hier sind aber zusätzlich die abgeleiteten Klassen `Contregard`, `Schlosshof`, `Helfenstein`, `Ungenannt` und `Schienenfahrt` aufgeführt. Dabei sind in den abgeleiteten Klassen die Unterschiede deutlich erkennbar.

Im Folgenden werden die für das Spiel interessantesten Klassen herausgegriffen und kurz vorgestellt.

### Klasse Station

Die abstrakte Klasse `Station` wird genutzt, um die Klassen für die einzelnen Stationen abzuleiten und gemeinsame Funktionalitäten zusammenzufassen. Die Funktionen `initStation()`, `play()`, `update()`, `checkPosition()` und `endGame()` werden dabei für jede abgeleitete Station implementiert. Die Funktionen `init()`, `createGameObject()` und `setSceneVisibility()` werden nur in der Klasse `Station` implementiert und in den einzelnen Stationen verwendet.

### Klasse State

Die Klasse `State` wurde vom Praktikum übernommen. Anstelle der dort verwendeten Spielzustände wurden die für *explorAR* benötigten Spielzustände eingefügt. Die Klasse beinhaltet ein Array `collectedGameItems` in welchem alle bereits gesammelten Gegenstände abgelegt werden. In das Array wird jedes mal, wenn der Spieler eine Station erfolgreich verlässt ein entsprechendes Objekt vom Typ `GameItem` gelegt.

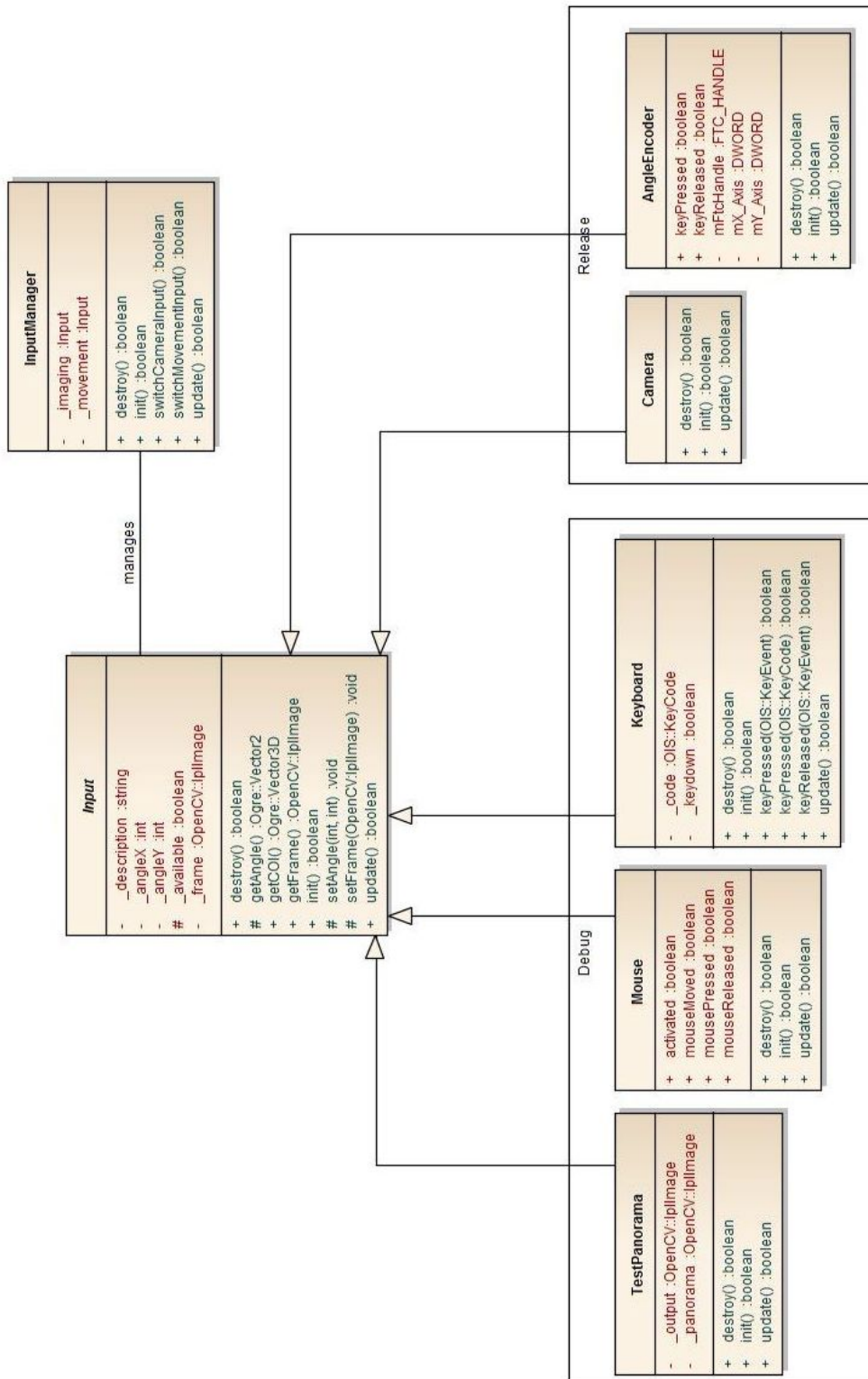


Abbildung 28: Klassendiagramm: Umsetzung der verschiedenen Inputmöglichkeiten in telARscope.

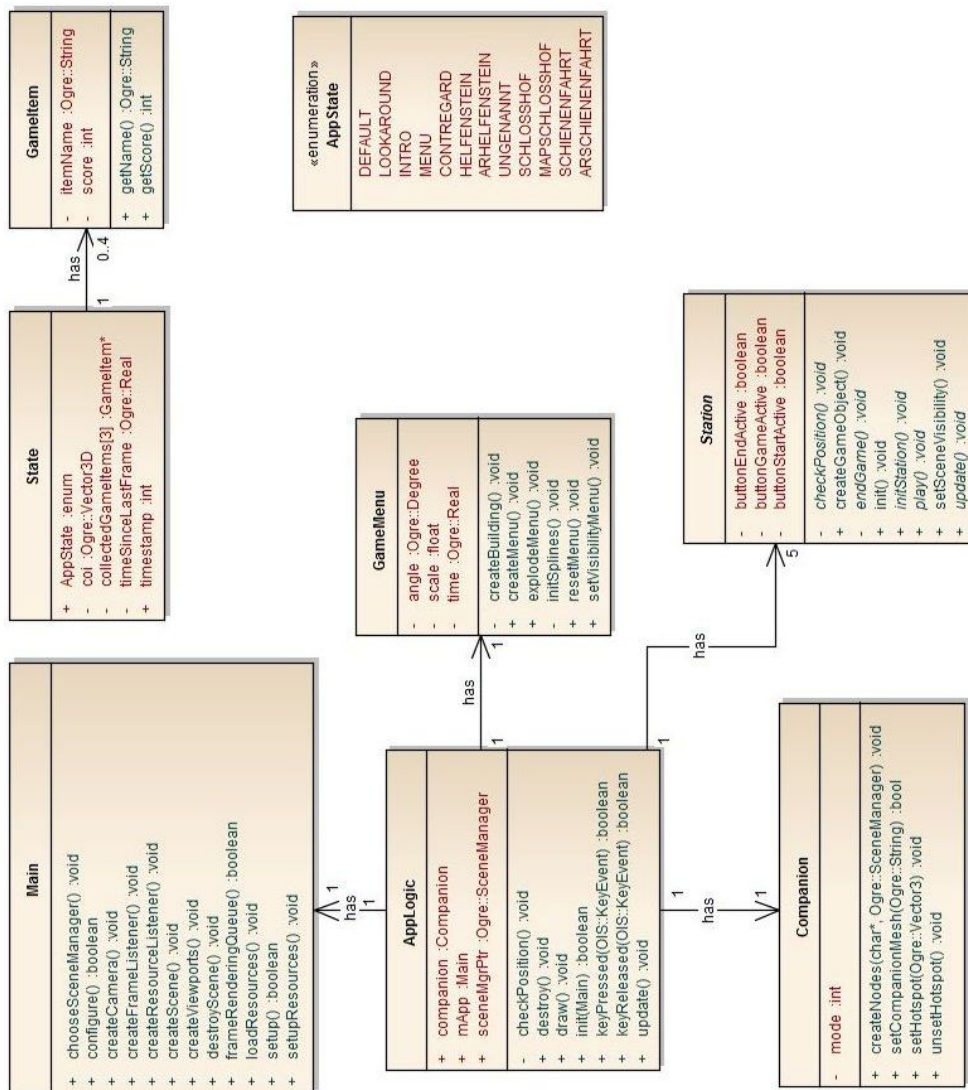


Abbildung 29: Klassendiagramm: Die Klassen GameItem, GameMenu und Station kamen neu dazu.

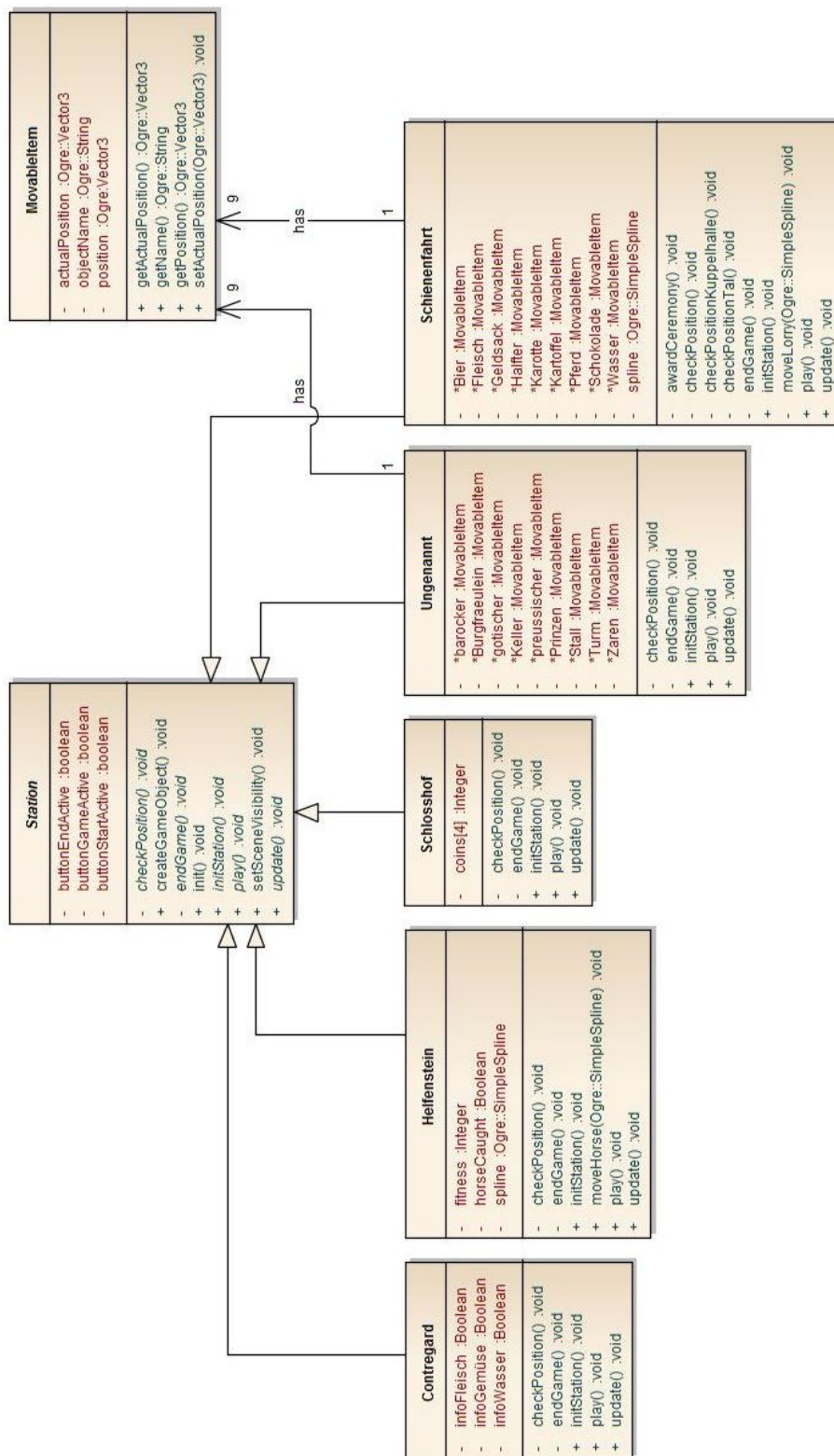


Abbildung 30: Klassendiagramm: Die Klassen der einzelnen Stationen aus *explorAR*.

### **Klasse *GameItem***

Die Klasse *GameItem* wurde angelegt, um eine einfache und praktische Handhabung für die im Spiel zu sammelnden Gegenstände bereitzustellen. Wird ein Gegenstand wie beispielsweise das Halfter erworben, so wird ein Objekt der Klasse *GameItem* erstellt. Dieses Objekt hat einen Namen, zum Beispiel „*goldenes*“ und zusätzlich eine zugeordnete Punktzahl.

### **Klasse *MovableItem***

Die Klasse *MovableItem* wurde entwickelt, um Objekte per Drag-and-Drop bewegen zu können. Dies kommt beispielsweise bei der Station *Ungenannt* zum Einsatz. Hier kann der Spieler Puzzleteile anfassen und in Felder ziehen. Die Klasse wird verwendet, damit ein Puzzleteil, sofern es an der falschen Position losgelassen wird, die eigene Ausgangsposition kennt und dorthin zurückspringen kann. Außerdem kann die Position eines Puzzleteils jederzeit neu gesetzt werden. Dies ist nötig, um das Teil mit dem Cursor zu bewegen.

### **Spielzustände**

Die Logik des Spiels wird über verschiedene Zustände gesteuert. Abhängig von dem Zustand, in dem sich das Spiel befindet wird die entsprechende update-Funktion aufgerufen. Im Folgenden soll kurz aufgelistet werden, welcher Zustand welche Spielsituation abbildet. Die Zustände wurde entsprechend den Station benannt (siehe Tabelle 2).

Alle Zustände sind in der Klasse *State* definiert.

## **5.2 Umsetzung**

In diesem Abschnitt wird das entstandene System vorgestellt. Dabei werden konzeptuelle Änderungen genau erläutert und begründet. Außerdem sollen die verschiedenen Szenen und Objekte, die für das Spiel erstellt wurden vorgestellt werden.

*Da bereits in Kapitel 3 das Konzept ausführlich vorgestellt wurde wird hier nicht mehr auf Details eingegangen.*

Das Spiel wurde unter unter Windows 7 mit Visual Studio 2010, Ogre 1.7.2[Ogrb] und OpenCV 2.1[Ope] entwickelt.

### **5.2.1 Ablauf**

Der Ablauf des Spiels soll anhand von Abbildung 31 deutlich gemacht werden. Als erstes begibt sich der Spieler in die Kaserne. Dabei kann er insgesamt sechs Informations-Sprechblasen entdecken. Beim Verlassen der Kaserne erhält er den Auftrag, den Soldaten zu helfen.



LOOKAROUND	Beginn des Spiels. Der Spieler hat die Festung noch nicht fokussiert. Die Aura wird eingeblendet.
INTRO	Der Spieler hat die Festung fokussiert bzw. angeklickt und die Animation der Festungsteile läuft. Währenddessen kann der Spieler nicht interagieren.
MENU	Das Menü wird angezeigt. Das Menü weiß über den Spielstand an welchem Punkt der Spieler ist und welche Gegenstände angezeigt werden müssen.
CONTREGARD	Der Spieler befindet sich in der Station Contregard. Das Menü ist ausgeblendet.
HELFFENSTEIN	Der Spieler befindet sich in der Station Helfenstein. Das Menü ist ausgeblendet.
ARHELFFENSTEIN	Der Spieler ist dabei das Pferd zu fangen. Das Menü ist ausgeblendet.
UNGENANNT	Der Spieler befindet sich in der Station Ungenannt. Das Menü ist ausgeblendet.
SCHLOSSHOF	Der Spieler befindet sich in der Station Schlosshof. Das Menü ist ausgeblendet.
MAPSCHLOSSHOF	Der Spieler befindet sich auf der Karte und ist dabei die Münzen zu sammeln. Das Menü ist ausgeblendet.
SCHIENENFAHRT	Der Spieler befindet sich in der Kuppelhalle und hat die Lore noch nicht in Bewegung gesetzt. Das Menü ist ausgeblendet.
ARSCHIENENFAHRT	Der Spieler hat das Göpelwerk in Betrieb genommen und die Lore fährt ins Tal. Die Vorräte werden eingeblendet. Das Menü ist ausgeblendet.

**Tabelle 2:** Spielzustände des Spiels

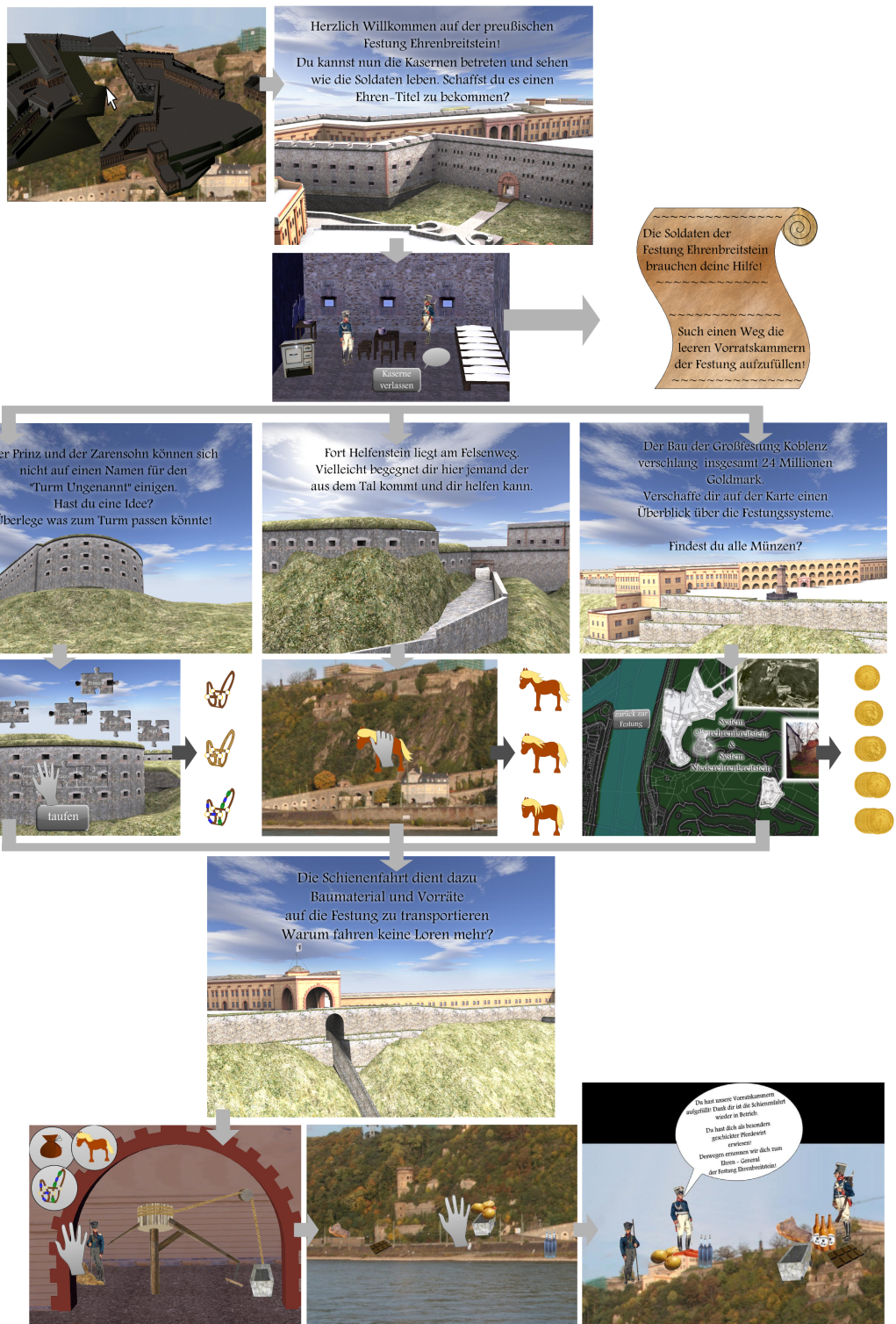


Abbildung 31: Gesamtablauf des Spiels

Jetzt sind die Stationen Ungenannt, Helfenstein und Schlosshof freigeschaltet und der Spieler kann die Reihenfolge frei wählen. Bei jedem der drei Spiele gibt es Gegenstände, die der Spieler bekommen kann. Diese Gegenstände bekommt er entweder durch das Lösen eines Puzzles (Halfter), durch das Fangen eines Pferdes (Pferd) oder durch das direkte Einsammeln (Münzen).

Hat er alle drei Stationen erkundet, so ist die Schienenfahrt freigeschaltet. Am Ende der Schienenfahrt steht die Siegerehrung.

In der `init()` Funktion der Klasse `AppLogic` wird:

- Für jede Station ein Objekt ihrer Klasse angelegt.
- Für jedes dieser Objekte die Funktion `initStation()` aufgerufen.
- Das Spielmenü angelegt.

Die Funktion `initStation()` erzeugt die für jede Station benötigten Objekte, wie beispielsweise die Infoboxen, Meshes und Hotspots. Alle Objekte einer Station werden dabei im Szenegraphen an den Knoten der jeweiligen Station gehängt.

In der `update()` Funktion der `AppLogic` wird abhängig vom aktuellen Spielzustand, die entsprechende Funktion aufgerufen. Wurde das Menü bereits aktiviert und ist es fertig positioniert, so befindet sich das Spiel im Zustand `MENU` und es wird die Funktion `checkPosition()` aufgerufen. Die Funktion `checkPosition()` fragt ab, ob der Sichtstrahl einen der fünf Hotspots der Gebäude schneidet und ob die linke Maustaste gedrückt wurde. Ist dies der Fall und ist diese Station freigeschaltet, so wird die Funktion `play()` der Station aufgerufen und der Spielzustand wird entsprechend (beispielsweise auf `HELFENSTEIN`) gesetzt. Über den Spielzustand wird dann beim nächsten Aufruf der `update()` entsprechend die `update()` der Station aufgerufen. Wurde die Station wieder verlassen, so ist der Spielzustand wieder auf `MENU` gesetzt, und der Schnitttest mit dem Spielmenü wird durchgeführt.

Innerhalb einer Station lässt sich folgender Ablauf zusammenfassen: Wurde das Spielziel noch nicht erreicht, wird die Funktion `checkPosition()` aufgerufen. In dieser Funktion werden abhängig von den Boolwerten

- `buttonStartActive`
- `buttonGameActive`
- `buttonEndActive`

die Schnitttests mit den Hotspots durchgeführt. Ist beispielsweise der Wert `buttonStartActive true`, so wird die Infobox angezeigt, die den Spieler in dieser Station begrüßt und einen Tipp zur Aufgabe gibt. Hier kann der Spieler dann den Button anklicken und so das eigentliche Spiel starten.

Hat der Spieler das Spiel beendet, so wird die Funktion `endGame()` aufgerufen, die alle Objekte aus dem Szenegraphen entfernt und den Spielzustand auf `MENU` setzt. Außerdem wird zum Spielende ein Objekt der Klasse `GameItem` angelegt und im Array `collectedGameItems` abgelegt. Das Array wird zusätzlich zum Spielzustand verwendet um zu ermitteln welche Gebäude betreten werden können und welche nicht. Dafür reichen die Zustände allein nicht aus, da die drei Stationen Ungenannt, Schlosshof und Helfenstein in beliebiger Reihenfolge gespielt werden dürfen.

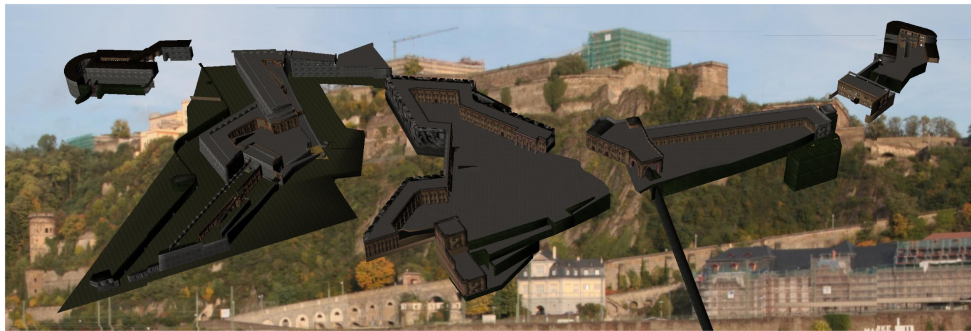
### **Spielstand**

Der Spielstand wird in der Klasse `State` gespeichert und ist so überall abrufbar. Wird in einer der Stationen ein Gegenstand erworben, so wird ein neues Objekt der Klasse `GameItem` angelegt und im Array `collectedGameItems` abgelegt. Ein Objekt der Klasse `GameItem` hat einen Namen und einen Punktestand. So kann überall abgefragt werden, ob der Spieler beispielsweise das lederne oder das juwelene Halfter erworben hat. Am Ende des Spiels wird aus den gesammelten `GameItems` die Kapazität der Lore berechnet. Sobald die Lore bei den Soldaten angekommen ist, wird ermittelt welche Textfelder für die Siegerehrung benötigt werden.

### **Menü**

Zur Erstellung des Menüs wurde zunächst ein Grundriss der Festung Ehrenbreitstein analysiert und anschließend in fünf Teile zerschnitten. Hier wurde abhängig von der Funktion oder der Lage der Gebäudeteile entschieden, wie die Festung aufgeteilt werden kann. Das Fort Helfenstein wurde beispielsweise aufgrund der vorgelagerten Lage als ein Teil ausgewählt. Die Contregard und der Schlossplatz wurden aufgrund ihrer verschiedenen Aufgaben und des konträren Aussehens getrennt. So steht die zusammenfassend als Contregard bezeichnet Station beispielsweise für die Kasernen und die Verteidigungsseite der Festung.

Nachdem die Aufteilung der Festung feststand, wurde ein Modell der Festung entsprechend in fünf Einzelmodelle aufgeteilt. Dabei wurde ein auf dem Modell aus *Eduventure II* basierendes, vereinfachtes Modell verwendet (siehe: [Wec08]). Für das Zerschneiden der Modelle wurde die kostenfreie Studentenversion von *3dStudio Max* verwendet (siehe: [max]). Um die Modelle in Ogre einbinden zu können, wurden sie mit dem *Ogremax Mesh Exporter* als Ogre-Meshes exportiert (siehe: [ogra]).



**Abbildung 32:** Das Spielmenü: Die Festung als Explosionszeichnung

Die Idee, die Festungsteile als Explosionszeichnung darzustellen kam durch den in [SCS04] vorgestellten Ansatz auf. Für das Spiel explorAR wurde allerdings keine Interaktion mit dem Modell umgesetzt. Dies wäre eine denkbare Erweiterung. Die Festungsteile werden nach Spielstart anhand von Splines auseinander bewegt und gleichzeitig rotiert und skaliert. So entsteht nach Ablauf der Animation für den Spieler eine Vogelperspektive auf das Modell, zu sehen in Abbildung 32.

### **Spielfortschrittsdarstellung**



**Abbildung 33:** Die Darstellung des Spielfortschritts: gesammelte Gegenstände.

Zur Darstellung des Spielfortschritts wurde am Ende der Konzeptphase festgelegt, dass dafür ein Grundriss der Festung verwendet werden sollte, der entsprechend den schon betretenen Gebäuden eingefärbt wird. Diese Entscheidung wurde auch auf Basis der Ergebnisse der Präevaluation gefällt. Dieser Grundriss sollte dabei am Rand des Sichtfeldes einblendend werden. Während der Umsetzung wurde an dieser Stelle eine konzeptuelle Änderung vorgenommen. Nach dem ersten Blick durch ein ähnliches AR-Fernrohr wurde entschieden, dass die Lösung mittels der Einblendung am Rand für das Fernrohr ungeeignet ist. Es sollte nun eine einfachere Dar-

stellung gefunden werden.

Im Abschnitt „Pointer“ findet sich eine Beschreibung zum Pointer „Auge“. Dieser wird genutzt, um dem Spieler zu signalisieren, welche Gebäude er anschauen kann und welche nicht. Zusätzlich werden die gesammelten Gegenstände auf den Gebäuden im Menü angezeigt (siehe Abbildung 33). Die Entscheidung für diese Darstellung fiel einerseits aufgrund des Vorteils der direkten Verknüpfung: Der Spieler muss nicht zuerst den Grundriss als solchen erkennen und mit dem Modell abgleichen, sondern sieht direkt den Zusammenhang. Andererseits war diese Lösung auch einfacher und mit weniger Zeitaufwand umzusetzen.



**Abbildung 34:** Die Darstellung des Spielfortschritt: Sprechblase „Dieses Gebäude kannst du noch nicht betreten!“

Um sicherzustellen, dass die Darstellung für jeden Spieler verständlich ist, wurde eine zusätzliche Darstellung mit Hilfe von Sprechblasen umgesetzt. Diese wird erst sichtbar, wenn der Spieler versucht ein Gebäude anzuklicken welches er nicht betreten kann. Ist das Gebäude bereits geschlossen und der Gegenstand wird eingblendet, so erscheint beim Klick eine Sprechblase mit dem Text „Hier warst du schon!“. Wird ein Gebäude angeklickt welches noch nicht freigeschaltet ist, so erscheint eine Sprechblase mit dem Text „Dieses Gebäude kannst du noch nicht betreten!“. In Abbildung 34 und 35 sind beide Sprechblasen dargestellt.



Abbildung 35: Die Darstellung des Spielfortschritt: Sprechblase „Hier warst du schon!“

### 5.2.2 Cursordarstellung

Während der Entwicklung des Systems wurde die im Konzept festgehaltene Idee, stellenweise Symbole wie zum Beispiel den Geldsack oder das Lasso zu verwenden, weiterentwickelt. Dabei wurde sowohl in der Farbgebung als auch in der einfach gehaltenen Gestaltung der verwendeten Grafiken darauf geachtet, dass die Umsetzung möglichst konsequent ist.

Inspiriert wurde die Idee durch das Paper [KT99]. Hier sind es die Objekte selbst die dem Benutzer Hinweise zur Interaktion geben. Bei explorAR ist es der Pointer, der durch sein Erscheinungsbild und durch sein Verhalten Hinweise zur Interaktion gibt. Dabei gibt es insgesamt fünf unterschiedliche Repräsentationen für den Pointer. Dies ist noch eine überschaubare Anzahl an Grafiken und sollte den Benutzer nicht überfordern. Die verschiedenen Pointer tauchen nach und nach im Spiel auf, dadurch hat der Benutzer Zeit sich daran zu gewöhnen. Die Pointer basieren auf der Hand-Metapher, die sich bereits durchgesetzt hat. Für explorAR wurden zusätzliche Symbole entwickelt, die eine ähnlich einfache Symbolsprache haben und somit für den Benutzer kein Hindernis sondern eine Unterstützung bei der Exploration des Spiels bieten sollen.

In den folgenden Abschnitten sollen nun alle Pointer einzeln vorgestellt werden.

## Pfeil

Der Pfeil wird zu Beginn des Spiels verwendet, also bevor der Spieler die Festung ausgewählt hat. Dies soll die Analogie zwischen Maus mit linker Maustaste und dem Fernrohr mit Knopf herstellen. Um dem Benutzer das Verständnis des Knopfes am Fernrohr zu erleichtern, soll mit dem Pfeil der direkte Bezug zum „Mausersatz“ hergestellt werden. Der Pfeil besitzt nur eine grafische Repräsentation und zeigt kein Verhalten während er außerhalb der Aura ist. Wird er in die Aura der Festung bewegt, so wird er größer und der Benutzer kann klicken oder verweilen.

## Auge

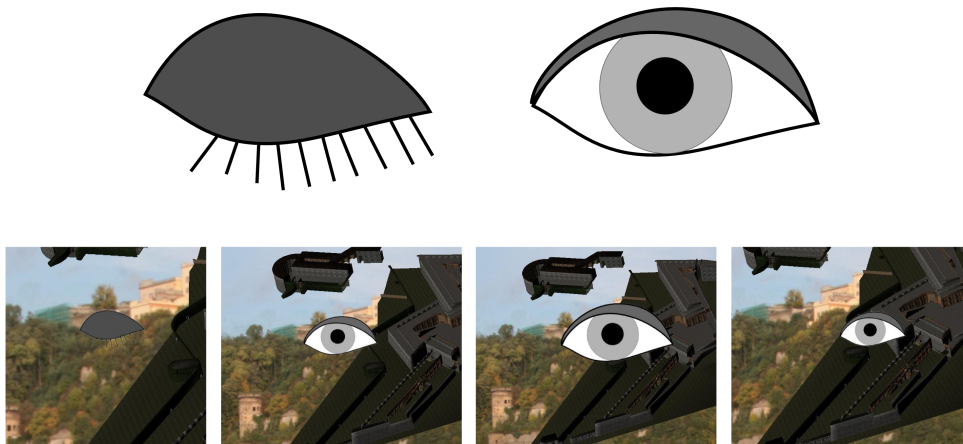


Abbildung 36: Pointer *Auge*

Das Auge erscheint, sobald die Festung ausgewählt wurde und die Animation bis zum Ende gelaufen ist. Zuerst ist das Auge geschlossen. Wird es über eines der Gebäude bewegt, welches bereits freigeschaltet ist, so öffnet sich das Auge und wird größer. Bewegt der Spieler den Pointer zu Beginn des Spiels über alle Gebäude, so wird er schnell feststellen, dass sich das Auge nur bei einem Gebäude öffnet. Hat er diese Station erfolgreich ausgewählt und gespielt, so kennt er beim nächsten Erscheinen des Menüs das Auge bereits und kann so schnell herausfinden, welche Gebäude er betreten kann. Im Menü kann der Spieler ein Gebäude entweder durch Verweilen oder durch Anklicken auswählen. Beim Auswählen durch Verweilen wird das Auge im Bereich des Gebäudes langsam größer, dann wieder kleiner und die Station wird gestartet. Währenddessen kann jederzeit geklickt werden, um den Vorgang zu verkürzen. Abbildung 36 zeigt die Grafiken für den Pointer und ein Beispiel für das Verhalten aus dem Spiel.



## Sprechblase

Die Sprechblase begegnet dem Benutzer in der Contregard. Dort gibt es insgesamt sechs Infotexte zu entdecken. Der Sprechblasen-Pointer unterstützt den Spieler, indem er sich beim hovern über einen Bereich, in dem es einen Infotext gibt, verändert. Befindet sich der Spieler außerhalb eines solchen Bereichs, so ist die Sprechblase leer, innerhalb dieser Bereiche sind Linien in der Sprechblase zu sehen, die darauf hindeuten, dass hier eine Information versteckt ist. Zum Betrachten dieser Information muss der Spieler klicken. Hier wurde bewusst darauf verzichtet, auch ein auswählen durch Verweilen oder ein direktes Anzeigen der Infotexte umzusetzen. Der Spieler soll in diesem Spiel selbst die Szene erkunden und nicht durch einfaches Bewegen des Pointers die nötigen Informationen bekommen. Da der Spieler ohne die Hilfe des Pointers vermutlich dazu animiert werden würde, einfach draufloszuklicken, wurde hier der Mittelweg mit einem unterstützenden Pointer gewählt. Abbildung 37 zeigt die verwendeten Grafiken und ein Beispiel aus dem Spiel.



Abbildung 37: Pointer Sprechblase

## Hand

Die wohl etablierteste Darstellung in virtuellen Szenen oder Welten, ist die Metapher der Hand. Diese kommt auch bei explorAR zum Einsatz. Dabei gibt es auch hier zwei verschiedene Ausprägungen. Die Hand kann entweder geöffnet oder geschlossen sein. Der Spieler kann mit der Hand Gegenstände greifen. Sobald er einen Gegenstand gegriffen hat, ist die Hand geschlossen. Lässt der Spieler die Maus los, wird die Hand wieder geöffnet dargestellt. Die Hand taucht zum ersten Mal in der Station Turm Unge nannt oder Helfenstein auf. Auch in der letzten Station, der Schienenfahrt wird dieser Pointer nochmals verwendet. Bei der Station Helfenstein war

ursprünglich ein Lasso als Pointer geplant. Darauf wurde allerdings verzichtet, da sich die Hand an dieser Stelle besser eignet. Das Pferd muss zum Stalljungen zurückgebracht und dafür angeklickt und „gezogen“ werden. Das heißt sobald der Spieler die Maus loslässt, läuft das Pferd weiter. Dies wäre mit einem Lasso nicht auf diese einfache und gut verständliche Art möglich gewesen. Dazu kommt noch, dass ein große Mehrheit der Spieler die Hand als eine Hand erkennen sollte und damit vertraut ist, wohingegen ein Lasso vermutlich nicht von allen Spieler als Lasso erkannt werden würde. In Abbildung 38 ist die Hand als Grafik und im Einsatz abgebildet.

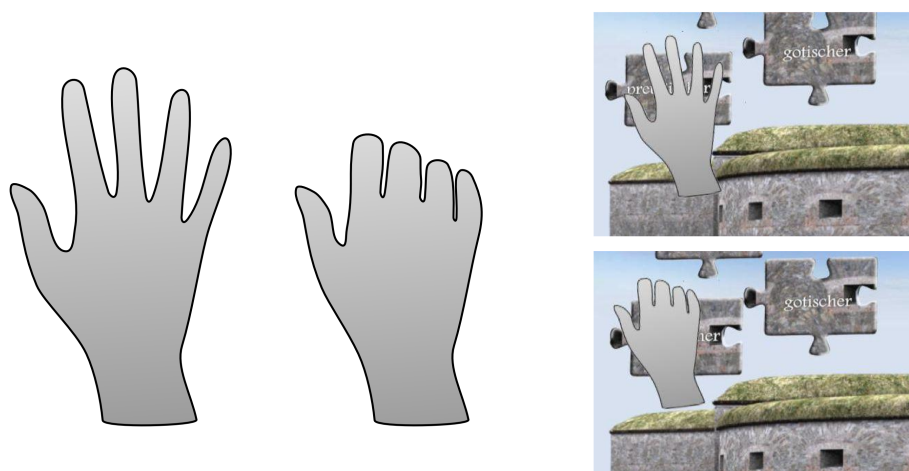


Abbildung 38: Pointer Hand

### Geldsack

Der Geldsack Pointer hat sich im Vergleich zum ersten Entwurf im Konzept noch etwas weiterentwickelt. In der Station Schlosshof wurde bewusst auf eine zusätzlich GUI zum Anzeigen der bereits gesammelten und noch nicht gefundenen Münzen verzichtet. Stattdessen wurde die Funktionalität in den Pointer integriert. Sobald der Spieler den ersten Hotspot betreten hat, erscheint die erste Münze und der Pointer verändert sich. Er enthält nun fünf graue Münzen (siehe Abbildung 39). Findet der Spieler die erste Münze und bewegt sich mit dem Pointer in ihren Bereich und klickt, so ist eine der grauen Münzen plötzlich golden. Spätestens an diesem Punkt sollte der Benutzer verstanden haben, dass dies eine Anzeige für die bereits gefundenen und noch nicht gefundenen Münzen ist. Hat der Spieler alle Münzen gefunden, so sind auch alle Plätze im Geldsack belegt.

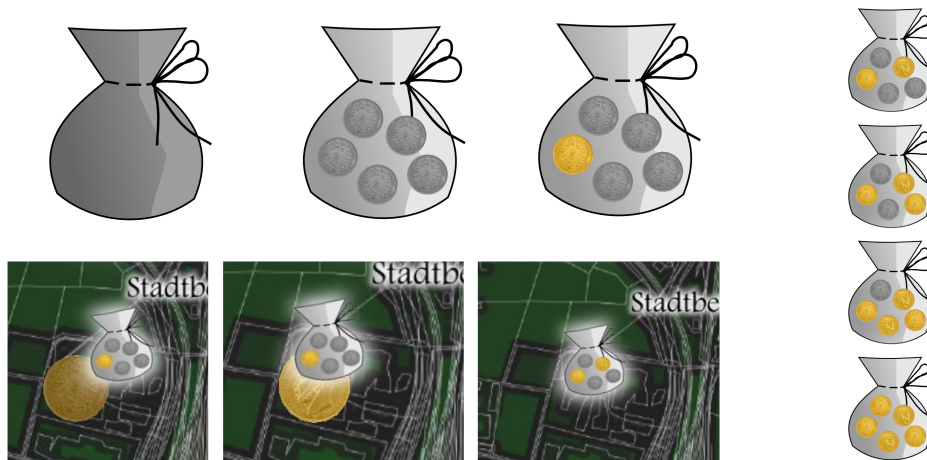


Abbildung 39: Pointer Geldsack

### 5.2.3 Stationen

In diesem Abschnitt werden die Stationen im Einzelnen vorgestellt. Dabei wird auch die Umsetzung aus programmierertechnischer Sicht kurz zusammengefasst.

#### Contregard

Für die Station „Contregard“ wurde mit Hilfe von 3D Studio Max ein Raum erstellt, in dem sich verschiedenen Einrichtungsgegenstände befinden. In dem Raum befinden sich acht Betten, ein Waschtisch, ein Ofen, ein Tisch, acht Schemel und acht Handtücher. Außerdem stehen zwei Soldaten im Raum (siehe Abbildung 40; Die Soldaten stammen von: [Wika]). Der Spieler kann in dem Kasernenraum verschiedene Objekte anklicken, und so Informationen erhalten. Insgesamt gibt es sechs auswählbare Objekte. Von den zugehörigen sechs Texten muss der Spieler nur die drei wichtigsten lesen, um die Kaserne wieder verlassen zu können.

Während sich der Spieler in der Kaserne befindet, wird in der Funktion `checkPosition()` der Klasse `Contregard` abgefragt, ob der Sichtstrahl einen der sechs Hotspots schneidet. Diese Hotspots umrahmen dabei jeweils die zugehörigen Objekte. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Hotspots bei kleinen Objekten, wie dem Krug, größer gewählt werden. Wird einer der Hotspots geschnitten, so wird die Darstellung des Pointers umgeschaltet (siehe zum Vergleich Abschnitt „Pointer - Sprechblase“). Wird nun zusätzlich die linke Maustaste gedrückt, erscheint die zugehörige Sprechblase. Verlässt der Pointer den Hotspot, so wird die Sprechblase wieder ausgeblendet und der Pointer umgeschaltet. Hat der Spieler die drei wichtigsten Sprechblasen entdeckt, so erscheint der Button „Kaserne verlassen“. Der Spieler kann allerdings weiter in der Szene verweilen und noch die



**Abbildung 40:** Die Kaserne in der Station Contregard

anderen Informationen lesen. Wird der Button geklickt, so erscheint der Auftrag in Form einer Schriftrolle. Um das Spiel Contregard endgültig zu verlassen muss der Spieler nochmals einen Buttons anklicken. Der Auftrag wird beim Verlassen der Station als `GameItem` angelegt und im Array für den Spielstand abgelegt. Für den Punkttestand spielt der Auftrag keine Rolle, allerdings ist es wichtig für die Abfragen in der `AppLogic`, die sicherstellen dass der Spieler die Contregard nicht mehr als einmal betreten kann.

### **Turm Ungenannt**

Das Spiel „Turm taufen“ wurde im Vergleich zum Konzept noch ein wenig verfeinert. Um auszuschließen, dass der Spieler dem Turm einen Namen wie beispielsweise „Turm-Prinzen-Stall“ geben kann, wurden Puzzle-teile verwendet, die dem Spieler vermitteln welches Teil an welcher Stelle zu verwenden ist. Für die drei Felder stehen jeweils drei Teile zur Wahl.

Für das Spiel wurde eine Ansicht auf den Turm aus dem detaillierten Modell der Festung gerendert. Dieses Bild wurde dann um die drei Felder erweitert.

Abbildung 41 zeigt die für das Spiel verwendeten Grafiken.

Für die Logik hinter dem Spiel wurde die Klasse `MovableItem` verwendet. Für jedes Puzzleteil wird ein Objekt der Klasse angelegt. Die erste Fall-

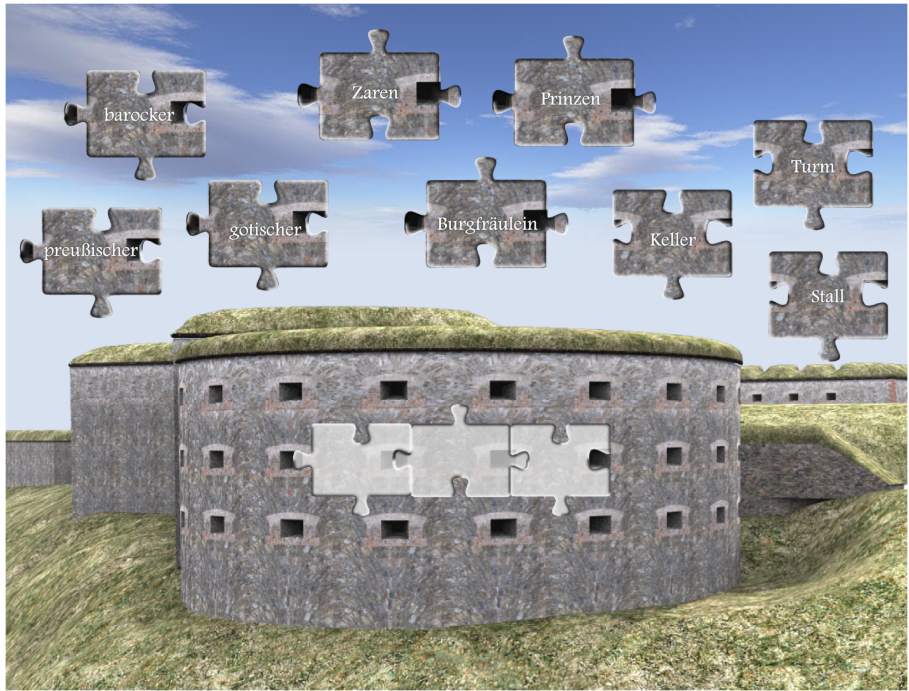


Abbildung 41: Station Ungenannt: Puzzleteile und Felder.

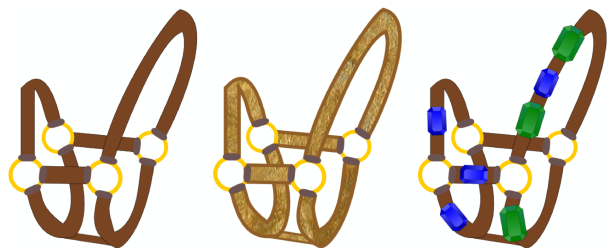


Abbildung 42: Die drei verschiedenen Halfter.

unterscheidung besteht darin, ob der Spieler bereits ein Teil in der Hand hat oder nicht.

Hat er kein Teil in der Hand:

- so kann er eines der neun Teile aufnehmen.
- oder ein Teil aus einem Feld nehmen sofern dort schon Teile liegen.

Hat er Teil in der Hand:

- so kann er es irgendwo oder in einem falschen Feld loslassen. Das Teil springt dann zurück zur Ausgangsposition.
- so kann er es in das passende Feld legen. Dafür wurde ein Fang eingebaut.

Hat der Spieler in jedes Feld ein Teil gelegt, so erscheint der Button „taufen“. Wird anschließend eines der Teile wieder herausgenommen, so verschwindet der Button wieder. Es ist also nicht möglich, dem Turm einen unvollständigen Namen zu geben. Am Spielende wird abhängig von dem gewählten Namen das Halfter vergeben. Insgesamt gibt es 27 verschiedene Kombinationen für den Namen.

Die Halfter werden wie folgt vergeben:

- Hat der Spieler den Turm auf *preußischer Zaren Turm* oder *preußischer Prinzen Turm* getauft, erhält er das juwelene Halfter (abgebildet in Abbildung 42).
- Enthält der gewählte Name den Textbaustein *preußisch* oder die beiden Textbausteine *Zaren Turm* oder *Prinzen Turm*, so erhält der Spieler das goldene Halfter. Insgesamt sind elf Kombinationen möglich (siehe: 42).
- Wurde der Textbaustein *gotischer* oder *barocker* ausgewählt und befinden sich an zweiter und dritter Position Kombinationen, die die Bausteine *Keller*, *Stall* oder *Burgfräulein* enthalten, so erhält der Spieler das lederne Halfter (siehe: 42). Dies ist für 14 Kombinationen der Fall.

### Schlosshof

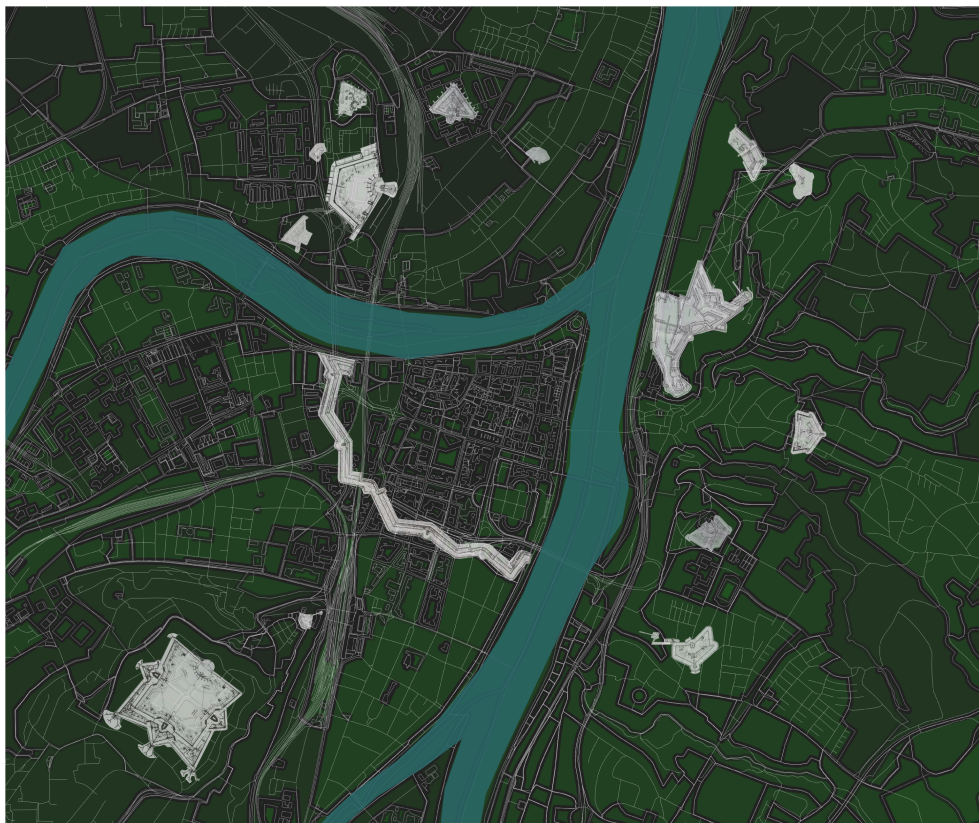
Für diese Station war ursprünglich vorgesehen ein Panoramabild zu verwenden, welches den Blick vom Schlosshof auf Koblenz zeigt. Während der Implementierungsphase wurde ein anderer Ansatz gewählt. Der Spieler soll in diesem Spiel einen Überblick über alle Festungsteile der Großfestung Koblenz erhalten. Diese Übersicht wäre in einem Panoramabild

prinzipiell nur schwer möglich gewesen. Daher wurde statt dessen eine Draufsicht gewählt.

Diese Draufsicht sollte im besten Fall aus Satellitenbildern von googleEarth [Inc] bestehen. Bis zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit war jedoch noch keine Freigabe zur Veröffentlichung von Google eingetroffen. Für diesen Fall wurde eine Ersatzlösung erstellt, die als Karte Bilder aus Open Street Map [Map] verwendet.

Das Konzept wurde nur in dem Punkt geändert, dass der Spieler beim Betreten des Schlosshofs eine Karte findet, auf der er sich umsehen soll.

Der Spieler kann nun den Pointer über die Karte bewegen. Dabei stößt er immer wieder auf Bereiche, in denen alte Festungspläne als semitransparente Überlagerung auf der Karte zu sehen sind. Begibt sich der Spieler nun mit dem Pointer in diesen Bereich, so erscheinen die Pläne opaque und zusätzlich werden Fotos des jeweiligen Festungsteiles eingeblendet (verwendet wurden die Fotos aus: [Wikb]).



**Abbildung 43:** Station Schlosshof: Karte mit semitransparenten Festungsplänen.  
CC-BY-SA openstreetmap.org

Jedes mal wenn der Spieler einen der Hotspots betritt wird die zugehörige Anotation sichtbar gemacht. Zusätzlich wird beim ersten Betreten des

Hotspots eine Münze eingeblendet.

In Abbildung 43 ist die Karte mit den semitransparenten Festungsplänen zu sehen. Abbildung 44 zeigt die Karte mit allen Hotspots.

Die Hotspots wurden als Meshes eingebunden, die mit Hilfe von 3D Studio Max richtig vor der Karte positioniert wurden. Gelangt der Pointer in einen Hotspot, wird das zugehörige Mesh sichtbar.

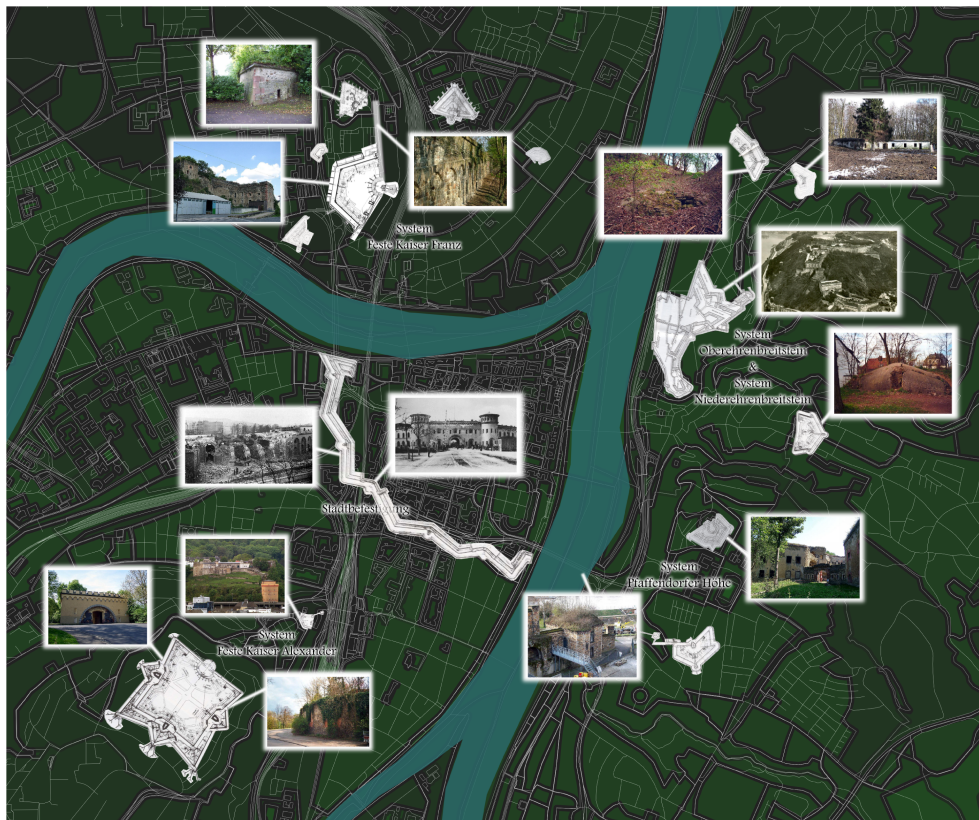


Abbildung 44: Station Schlosshof: Karte mit allen Hotspots.  
CC-BY-SA openstreetmap.org

### Fort Helfenstein

Die Station Helfenstein wurde so umgesetzt, wie es im Konzept vorgesehen war. Die drei unterschiedlichen Fitnessstufen des Pferdes werden anhand von drei verschiedene Texturen deutlich gemacht, diese sind in Abbildung 45 zu sehen. Zusätzlich wird das Pferd nach und nach langsamer und springt weniger hoch. Der Spieler muss das Pferd nicht nur anklicken sondern festhalten und es dem Stalljungen wiederbringen. Lässt er es los hüpf es dort weiter, wo er es gefangen hat (siehe Abbildung 46). Das Lasso wird an dieser Stelle nicht mehr als Pointerdarstellung verwendet. Eine



Begründung findet sich im Abschnitt Cursordarstellung.

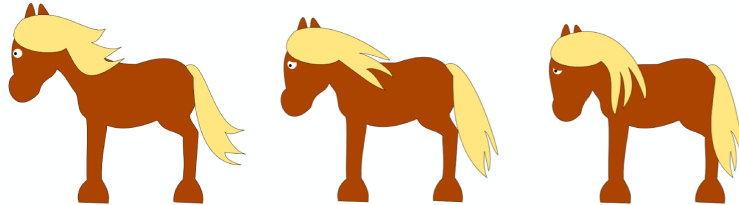


Abbildung 45: Die drei verschiedenen Fitnessstufen des Pferdes

Das Pferd wird mit Hilfe der Ogre Klasse `SimpleSpline` bewegt. Dabei wurden die Punkte so gewählt, dass das Pferd immer langsamer wird. An den Stellen an denen die Fitnessstufe umgestellt wird, wird das Mesh getauscht.

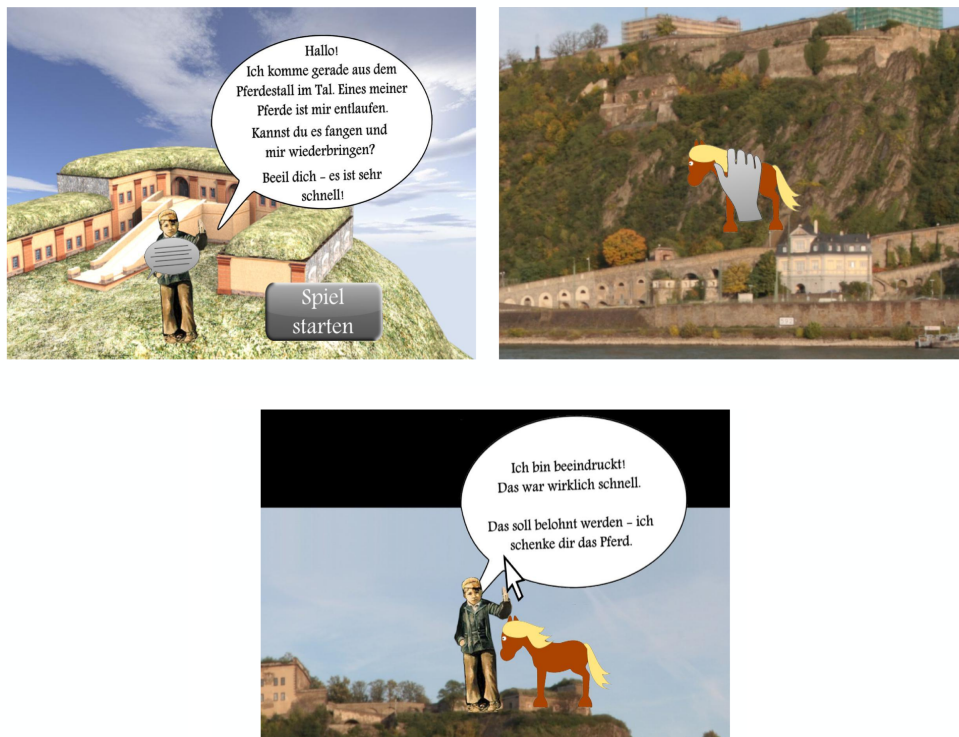


Abbildung 46: Der Stalljunge, das Fangen des Pferdes und das Zurückbringen

### Schienenfahrt

Die Station Schienenfahrt teilt sich in zwei Teilspele auf. Als erstes muss der Spieler in der Kuppelhalle (siehe Abbildung 47) das Göpelwerk

starten, indem er das Pferd halftert, einspannt und den Göpelwart besticht. Erst dann wird die Lore bewegt. Sobald die Lore im Tal angekommen ist, kann der Spieler die Vorräte einsammeln und die Lore wieder hochfahren lassen.

Die Kapazität der Lore berechnet sich aus den in den anderen Stationen gesammelten Gegenständen. Hat der Spieler beispielsweise das juwelenbesetzte Halfter, das fitteste Pferd und alle fünf Münzen, so kann er auch alle sechs Vorräte in die Lore legen. Hat er hingegen nur das lederne Halfter, das am wenigsten fitte Pferd und nur eine Münze, so sind nur vier Plätze in der Lore und der Spieler muss sich entscheiden was er mitnimmt. Für die grundlegenden Vorräte, die die Soldaten in der Station erwähnt haben (Kartoffeln, Karotten, Fleisch und Wasser) reichen diese vier Plätze. Zusätzlich gibt es noch Schokolade und Bier.



**Abbildung 47:** Die Kuppelhalle mit dem Göpelwerk, dem Göpelwart und dem Inventar.

Das Klicken und Ziehen der Gegenstände wurde hier genauso umgesetzt wie das Bewegen der Puzzleteil in der Station Ungenannt. In der Szene in der Kuppelhalle sind Sprechblasen integriert, die sichtbar werden, wenn der Spieler einen der Gegenstände an die falsche Stelle bewegt. Die zwei Hotspots die auf das Ablegen von Gegenständen reagieren, befinden sich beim Göpelwart und beim Göpelwerk. Wird beispielsweise das Halfter auf den Göpelwart gezogen, so erscheint die Sprechblase „Das steht mir



**Abbildung 48:** Die Vorräte die der Spieler den Soldaten bringen kann.

nicht!“. Wird der Geldsack auf das Göpelwerk gezogen, so bekommt der Spieler die Information, dass er das nicht kaufen kann. So soll sichergestellt werden, dass der Spieler das Spiel auch lösen kann, wenn er auf Anhieb keine Lösungsidee hat. Dabei sind auch konkrete Tipps wie „Du musst erst das Pferd einspannen!“ enthalten.

Die Lore wird mit Hilfe eines Ogre Splines bewegt.



**Abbildung 49:** Siegerehrung mit Textfeldern „geschickter Pferdewirt“ und „Ehren-General“.

### Siegerehrung

Hat der Spieler die Vorräte gesammelt und ist die Lore wieder auf der Festung angekommen, so wird aus dem Spielstand berechnet, welchen Titel der Spieler bekommt. Dafür gibt es zwei Sprechblasen, die jeweils zwei

Lücken für Textfelder haben.

Die zwei Sprechblasen enthalten den Text:

- „Du hast unsere Vorratskammern aufgefüllt! Dank dir ist die Schienenfahrt wieder in Betrieb. Du hast dich als besonders Lücke 1 erwiesen! Deswegen ernennen wir dich zum Lücke 2 der Festung Ehrenbreitstein!“
- „Du hast unsere Vorratskammern aufgefüllt! Dank dir ist die Schienenfahrt wieder in Betrieb. Du hast dich als nicht besonders Lücke 1 erwiesen! Deswegen ernennen wir dich nur zum Lücke 2 der Festung Ehrenbreitstein!“

Dabei kann Lücke 1 mit:

- geschickter Pferdewirt
- neugieriger Historiker
- aufmerksamer Turmbauherr

und Lücke 2 mit:

- Ehren-Obergefreiter
- Ehren-Offizier
- Ehren-General

gefüllt werden.

Hat der Spieler in einem der Spiele die volle Punktzahl erreicht, so wird das entsprechende Textfeld ausgewählt und in Sprechblase 1 eingesetzt. Wurde in keinem der Spiele die volle Punktzahl erreicht, so wird die Sprechblase 2 gewählt und der Textbaustein zum schlechtesten Punktstand ausgewählt. Der Ehren Titel berechnet sich aus der Gesamtpunktzahl. Hier wäre es wünschenswert, wenn auch die gewählten Vorräte Einfluss auf den Titel haben.

## 6 Evaluation

Die Abschlussevaluation des Spiels „explorAR“ soll Faktoren wie die Bedienbarkeit und die Attraktivität untersuchen. Außerdem sollen eventuell auftretende Probleme aufgedeckt und Verbesserungsvorschläge der Probanden gesammelt werden. Durch die Ergebnisse der Evaluation soll auch das Konzept kritisch betrachtet werden. Zusätzlich soll ermittelt werden in wie weit ein Lernerfolg eingetreten ist.

Die ursprüngliche Planung beinhaltete eine Evaluation direkt am AR-Fernrohr vor Ort. Da das Fernrohr allerdings zum Zeitpunkt der Durchführung in Reparatur war, wurde das System ersatzweise am PC evaluiert. Hier war schnell klar, dass so nicht alle Faktoren abschließend beurteilt werden können. Außerdem war absehbar, dass es Schwierigkeiten mit der Steuerung geben wird, da das System nicht für die Bedienung mit der Maus entwickelt wurde. Dies beeinflusste auch die Wahl der Werkzeuge zur Evaluation, da es unter diesen Umständen besonders wichtig war, die Probanden nach dem Spiel direkt zu befragen. Die Evaluation am PC bietet den Vorteil, dass der Proband während dem Spielen beobachtet werden kann.

### 6.1 Vorgehen

Die Evaluation soll nicht auf eine Befragung per Fragebogen oder ein formloses Interview beschränkt sein. Es ist wünschenswert, dass das System auf verschiedenen Wegen überprüft wird.

Bevor der Proband mit dem Spielen des Spiels beginnt, werden ihm, sofern nicht bekannt, Begriffe wie „Augmented Reality“ und die Funktionsweise des AR-Fernrohrs erläutert. Anschließend wird kurz erwähnt, dass das reale Kamerabild in der Evaluation durch ein im Hintergrund eingeblendetes Panoramabild simuliert wird.

Der Proband wird gebeten, die Maus langsam zu bewegen und im Hinterkopf zu behalten, dass es sich um ein Spiel für ein AR-Fernrohr handelt. Die Steuerung wurde für das Fernrohr entwickelt und fühlt sich mit der Maus dementsprechend etwas träge an. Die Probanden werden zudem gebeten ihre Gedanken laut zu äußern, vor allem bei eventuell auftretenden Problemen.

Den Probanden ist vor Beginn des Spiel nur bekannt, dass es sich um ein Spiel handelt. Es wird aber nicht zusätzlich zum Titel der Arbeit explizit darauf hingewiesen, dass die Vermittlung von Wissen im Fokus steht. Der Proband soll möglichst unvoreingenommen mit dem Spielen beginnen.

Während die Probanden das Spiel spielen, sollen sie beobachtet werden. An dieser Stelle kann ein Vorteil der Evaluation am PC genutzt wer-

den. Bei einer Evaluation am Fernrohr wäre die Beobachtung allein auf die Äußerungen des Nutzers beschränkt.

Um die Attraktivität und die Bedienbarkeit zu ermitteln, soll ein Fragebogen verwendet werden. Hier fiel die Entscheidung auf den Fragebogen „AttrakDiff“, da sich dieser besonders für die Bewertung interaktiver Produkte eignet. Der Fragebogen wird dabei direkt nach dem Spielen ausgefüllt. Dadurch soll vermieden werden, dass der Proband durch Nachfragen oder Diskussionen zum Spiel beeinflusst wird. Die Meinung zum Spiel soll ungefiltert mit dem Fragebogen festgehalten werden. Fragen die der Proband während des Spielens äußert, werden notiert und im Anschluss besprochen.

Den letzten Teil der Evaluation stellt ein formloses Interview dar. Dieses soll verschiedene Fragestellungen beantwortet und Probleme aufdecken. In den folgenden Abschnitten wird auf Details der einzelnen Evaluationstechniken eingegangen. Im Anschluss werden die Ergebnisse vorgestellt und diskutiert.

### **Beobachtungsanalyse**

Der Proband wird während dem Spielen beobachtet. Die Beobachtungen werden in einem Protokoll festgehalten. Zusätzlich wird der Proband gebeten seine Gedanken laut zu äußern.

Die Beobachtungsanalyse wird durchgeführt, um eine von der Meinung des Probanden möglichst unabhängige Beurteilung seines Verständnisses des Spiels zu erhalten. Im Vergleich mit seinen Äußerungen während der Beobachtung und der späteren direkten Befragung können Unstimmigkeiten festgestellt werden. Die Beobachtungsanalyse dient dazu, Aussagen über die objektive Bedienbarkeit des Spiels machen zu können.

Die Beobachtungen werden später genutzt um zu bewerten wie gut oder schlecht die Spieler mit der Steuerung zurechtgekommen sind. Außerdem werden Spielstände und die Reihenfolge, in der die Stationen betreten werden notiert. Durch die Verweildauer bevor ein Spieler in einer Szene mit seiner Handlung beginnt, kann eine Aussage darüber getroffen werden, wie schnell er verstanden hat, worum es geht und was seine Aufgabe ist. Gibt es während des Spiels Fragen von Seiten des Probanden zum Spiel, so werden diese festgehalten und im Interview besprochen. Gibt es Fragen deren Beantwortung für den Spieler nötig ist, um das Spiel beenden zu können, so werden diese direkt beantwortet. Auch dies wird im Protokoll festgehalten.

## AttrakDiff2

AttrakDiff 2 stellt ein semantischen Differenzial dar, welches Produktwahrnehmungen erfassen kann, die bezüglich der *User Experience* relevant sind (siehe: [HBK08]).

Zum besseren Verständnis des Begriffs *User Experience*, des *Nutzungserlebens* werden kurz die nach [HBK08] wichtigsten Kernaussagen der verschiedenen Ansätze zusammengefasst.

*An dieser Stelle wird darauf verzichtet die verschiedenen existierenden Ansätze vorzustellen, da dies zum Verständnis der Evaluation nicht notwendig ist.*

- **Ganzheitlich:** User Experience nimmt eine breitere Sicht als die *Usability* ein. User Experience sucht dabei nach der Balance zwischen instrumentellen und nicht-instrumentellen Qualitäten. Dabei sind Begriffe wie *Schönheit*, *Neuartigkeit*, *Herausforderung* und *Selbstaussdruck* von zentraler Bedeutung (siehe:[HBK08]).
- **Subjektiv:** Beim Bewerten der Usability geht es vorrangig darum, eine objektive Bewertung eines Produkts zu erhalten. User Experience hingegen betont gerade die Subjektivität, also die *wahrgenommene* Qualität eines Produkts. Der Grund dafür ist, dass die Qualitätswahrnehmung des Nutzern die zukünftige Nutzung des Produkts maßgeblich beeinflusst, egal ob sie als „richtig „oder „falsch“ eingestuft werden würde (siehe: [HBK08]).
- **Positiv:** User Experience setzt im Gegensatz zur Usability auf positive Begriffe wie *Freude*, *Spaß*, *Attraktivität*, *Herausforderung* und *Schönheit* (siehe: [HBK08]).

Das Evaluationsverfahren AttrakDiff2 basiert auf dem schon in [Has03] vorgestellten *Modell der hedonischen und pragmatischen Qualität*. Dieses Modell betont die Subjektivität, indem es nicht von objektiver Qualität, sondern von der Qualitätswahrnehmung spricht. Dabei werden zwei Arten der Qualitätswahrnehmung unterschieden:

- **Pragmatische Qualitätswahrnehmung:** Betont, was man mit einem Produkt tut, beispielsweise telefonieren. Hiermit ist also der **konkrete Nutzen** gemeint (siehe: [HBK08]).
- **Hedonische Qualitätswahrnehmung:** Deckt Fragestellungen wie „*Wird man als Benutzer von anderen bewundert?*“ und „*Wird mich das Produkt erstaunen und überraschen?*“ ab. Diese Qualitätswahrnehmung ist zwar weniger greifbar, adressiert jedoch die Bedürfnisse des Nutzers viel direkter. Auch Begriffe wie **Bindung** und **Emotion** sind in diesem Kontext wichtig (siehe: [HBK08]).

Der Fragebogen AttrakDiff2 verwendet insgesamt 28 bipolare Items, die zu vier Skalen mit je sieben Items zusammengefasst werden. Ein Item ist dabei ein gegensätzliches Adjektivpaar. Nach den folgenden vier Skalen wird das Produkt beurteilt:

- **Pragmatische Qualität (PQ):** „Die wahrgenommene Fähigkeit eines Produkts, Handlungsziele zu erreichen, indem es nützliche und benutzbare Funktionen bereitstellt.“ Produktattribute: praktisch, voraussagbar, übersichtlich (siehe: [HBK08]).
- **Hedonische Qualität - Stimulation (HQS):** „Die Fähigkeit eines Produkts, das Bedürfnis nach Verbesserungen der eigenen Kenntnisse und Fertigkeiten zu befriedigen.“ Produktattribute: kreativ, originell, herausfordernd (siehe: [HBK08]).
- **Hedonische Qualität - Identität (HQI):** „Die Fähigkeit eines Produkts, relevanten Anderen selbstwertdienliche Botschaften zu kommunizieren.“ Produktattribute: bringt mich den Leuten näher, fachmännisch, verbindend (siehe: [HBK08]).
- **Attraktivität (ATT):** „Globale positiv-negativ Bewertung des Produkts.“ Produktattribute: gut, attraktiv, angenehm (siehe: [HBK08]).

Die Durchführung einer Befragung mit AttrakDiff gestaltet sich als sehr einfach und praktisch. Die Befragung wird über die Homepage [Has] eingerichtet und die Teilnehmer füllen nach dem Test online mit einem zugeordneten Kennwort die Befragung aus. Dabei werden die Ergebnisse automatisch ausgewertet.

### **Formloses Interview**

Der letzte Teil der Evaluation besteht aus mehreren formlosen Fragen. Dabei wird individuell auf jeden Probanden und seine Probleme während des Spiels eingegangen. Dieser qualitative Teil der Befragung dient dazu, herauszufinden ob die Spieler etwas dazu gelernt haben oder nicht, ob der Pointer mit seinen verschiedenen Darstellungen verstanden wurde und was eventuell verbessert werden kann. Außerdem werden die Probanden gebeten, eine Einschätzung zum Einsatz am Fernrohr abzugeben.

Die Fragen unterscheiden sich dabei leicht von Proband zu Proband, da hier auch auf individuelle Probleme eingegangen wird. Außerdem werden Äußerungen des Probanden aufgegriffen. So sollen an dieser Stelle auch Verbesserungsvorschläge und Wünsche der Probanden gesammelt werden.

Die drei zentralen Fragen, die als Leitfaden dienen, lauten:



1. Was haben Sie dazu gelernt?
2. Was ist Ihnen am Pointer aufgefallen?
3. Welche Station hat Ihnen am Besten gefallen? Welche am Wenigsten?

Dabei war es wichtig, die Fragen so zu formulieren, dass der Proband sie nicht einfach mit „ja“ oder „nein“ beantworten kann. Es sollte sich im Laufe der Befragung eine Diskussion entwickeln.

### **Experten**

Die Probanden wurden ohne besondere Anforderungen an Kenntnissen oder Zielgruppeneinschränkungen ausgewählt. Allerdings werden aufgrund der Evaluation am PC die Kenntnisse zum AR-Fernrohr abgefragt. Die Probanden, die das Fernrohr bereits verwendet haben, werden in der Befragung gebeten, eine Einschätzung zur Nutzung am Fernrohr zu geben, da zu erwarten ist, dass sie im Gegensatz zu den anderen Probanden eine qualifiziertere Einschätzung abgeben können. Besonders in Bezug auf die Steuerung sind hier Unterschiede in der Einschätzung interessant.

Eine weitere besondere Probandengruppe stellen die Probanden dar, die bereits an der Präevaluation teilgenommen haben. Auch diesen Probanden werden im formlosen Interview zusätzliche Fragen gestellt. Diese Fragen beziehen sich dabei auf die, auf den Mockups der Präevaluation basierenden Erwartungen zum Spiel, und die Meinung zur konzeptionellen Änderung der Station Schlosshof.

## **6.2 Durchführung**

Die Evaluation musste ersatzweise mittels der Simulationsumgebung an einem PC durchgeführt werden. Es wurde darauf verzichtet, die Steuerung auf die neuen Gegebenheiten anzupassen. Stattdessen wurden die Probanden vor dem Start des Spiels darüber informiert, dass sie versuchen sollten die Maus eher langsam zu bewegen, um so das Fernrohr zu simulieren. Das Fernrohr ist mechanisch schwerer zu bewegen als die Maus. Deswegen wurde hier für die Nutzung am Fernrohr der Pointer so konzipiert, dass er dem echten Zentrumspunkt des Sichtfeldes mit ein wenig Versatz „hinterherfliegt“. Dies hat bei der Nutzung am PC zur Folge, dass den Probanden die Steuerung träge vorkommen kann. Würden sie jedoch die Maus zu schnell bewegen, wäre der Versatz zu groß und es könnten versehentlich Objekte ausgewählt werden, die der Proband nicht auswählen wollte.

## **6.3 Auswertung**

An der Evaluation haben zwölf Probanden teilgenommen. Sie sind im Alter zwischen 20 und 40. Sieben Probanden sind männlich, fünf weiblich. Elf

Probanden sind Studenten, einer Fachinformatiker. Vier Probanden haben das Fernrohr bereits verwendet und zwei Probanden haben bereits an der Prä-Evaluation teilgenommen.

Die Probanden haben im Schnitt zwischen 10 und 15 Minuten zum Spielen des Spiels benötigt. Das anschließende Ausfüllen des Fragebogens und die Befragung nahmen circa 15 bis 25 Minuten in Anspruch. Insgesamt dauerte die Evaluation pro Proband also im Schnitt 30 Minuten.

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt in gleicher Reihenfolge wie die Durchführung. Zu Beginn werden die Ergebnisse der Beobachtungsanalyse zusammengefasst, anschließend werden die Ergebnisse des Fragebogens AttrakDiff 2 vorgestellt. Als letztes wird die Befragung der Probanden zusammengefasst. Hierbei kann nicht auf alle Äußerungen eingegangen werden. Es werden nur signifikante Einzelmeinungen und auffällige Übereinstimmungen gegenübergestellt.

Im letzten Teil der Auswertung werden die Ergebnisse der drei Evaluationstechniken verglichen. Außerdem wird ein abschließendes Fazit zu den Ergebnissen gezogen.

### **6.3.1 Beobachtungsanalyse**

Die Auswertung der Beobachtungsanalyse erfolgt strukturiert nach den einzelnen Komponenten des Spiels. Dabei wird im Einzelnen auf das Menü und die Stationen eingegangen. Hierbei werden jeweils die Beobachtungen zum Verständnis und zur Steuerung angegeben.

#### **Steuerung**

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass ein Großteil der Probanden während des gesamten Spiels immer wieder Schwierigkeiten mit der Steuerung hatten. Dies liegt vermutlich in erster Linie daran, dass nicht das Drehen des Fernrohrs, sondern die Mausbewegung als Eingabe diente. Es lassen sich allerdings noch andere Faktoren benennen, die im Abschnitt „Pointer“ genauer erläutert werden. Im Folgenden werden die auffälligsten Beobachtungen zu den verschiedenen Stationen kurz aufgeführt.

Die Steuerung empfand ein Proband bereits direkt zu Beginn im Menü als ziemlich ungenau. In der Station Contregard empfand ein Proband die Mauslatenz als sehr einschränkend und ein Proband hatte Schwierigkeiten die Sprechblasen zu lesen, da diese beim Wegbewegen der Maus wieder ausgeblendet wurden.

Die größten Probleme mit der Steuerung traten in der Station Ungenannt und in der Station Schienenfahrt dort sowohl in der Kuppelhalle als auch

beim Einsammeln der Vorräte auf. Dabei hatten in der Station Ungenannt vier Probanden deutlich erkennbare Probleme mit der Steuerung und konnten sich nur schwer auf die Steuerung einstellen. Sechs Probanden hatten anfangs Probleme, konnten aber nach einer kurzen Gewöhnung problemlos die Puzzleteile in die Felder legen. Lediglich zwei Probanden kamen in dieser Station ausgesprochen gut mit der Steuerung zurecht und benötigen keine Eingewöhnungszeit. Bei der Station Schienenfahrt waren die Probleme besonders beim Einsammeln der Vorräte bei sechs Probanden sehr einschränkend und minderten sichtlich den Spielspaß.

Beim Sammeln der Münzen auf der Karte hatte ein Proband Schwierigkeiten beim Betrachten der Bilder, da diese seinem Empfinden nach zu schnell wieder verschwanden. Der gleiche Proband versuchte die Bilder anzuklicken und stellte fest, dass an dieser Stelle die leuchtenden Rahmen irreführend wären, weil sie suggerieren, dass die Bilder angeklickt werden können. Dies sieht ein weiterer Proband ebenfalls als Problem.

### **Menü**

**Aura:** Zu Beginn des Spiels erscheint eine blinkende Aura um die Umrisse der Festung. Dies bemerkten neun Probanden direkt nach Start und begaben sich unmittelbar mit dem Pointer in diesen Bereich. Sieben Probanden klickten sofort die Aura an, zwei verweilten noch kurz und klickten dann. Nur drei Probanden entdeckten die Aura nicht direkt und schauten sich erst weiträumiger auf dem Panoramabild um. Nach weniger als einer Minute entdeckten auch diese drei Probanden die Aura und klickten sie an.

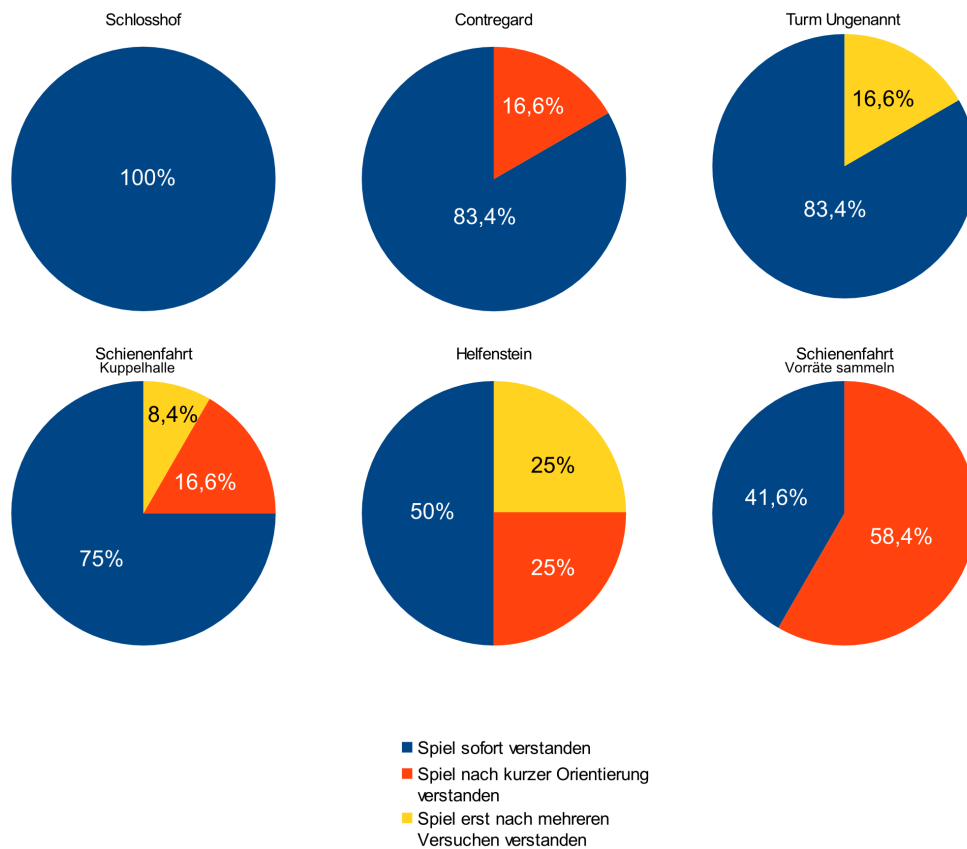
**Spielfortschrittsdarstellung:** Es konnte beobachtet werden, dass acht Probanden die Darstellung des Spielfortschritts nach mindestens zwei Spielen verstanden hatten. Diese acht Probanden versuchten nicht, noch geschlossenen Gebäude zu betreten, sondern merkten am Auge und an den eingeblendeten Gegenständen, dass sie bestimmte Gebäude nicht mehr oder noch nicht betreten können. Zwei Probanden versuchten, geschlossene Gebäude zu betreten und merken anschließend durch die erscheinende Sprechblase, dass dies nicht geht und warum dies nicht geht. Zwei Probanden versuchten, die eingeblendeten Gegenstände anzuklicken und merkten an den Sprechblasen, dass sie diese schon gesammelt haben. Es kann also festgehalten werden, dass acht Probanden die Darstellung sofort verstanden, während vier Probanden sie erst nach Anzeige einer der Sprechblasen verstanden haben. Zusätzlich erwähnte ein Proband während der Beobachtung, dass er es als störend empfinde, dass er die Gebäude nicht noch einmal betreten kann.

**Modell:** Während der Animation zu Beginn des Spiel zeigten neun Probanden keine besonderen Reaktionen und schauten sich die Animation an,

während sie den Pointer langsam darüber bewegten. Zwei Probanden versuchten zu klicken und stellten dann fest, dass sie die Animation nicht beeinflussen können. Einer dieser beiden Probanden empfand das Modell als deplatziert. Ein Proband war zu Beginn verwirrt über das plötzliche Erscheinen des Modells.

### Stationen

Das Diagramm in Abbildung 50 zeigt das grundlegende Verständnis der einzelnen Stationen. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass die Station Schlosshof von allen Probanden sofort verstanden wurde.



**Abbildung 50:** Verständnis der einzelnen Stationen

Bei der Station Ungenannt hatte nur ein Proband Schwierigkeiten, die daher kamen, dass der Text mit den Erklärungen zu schnell weggeklickt wurde. Dem Proband wurde dann auf Nachfragen der Text mitgeteilt, woraufhin er sofort mit der Auswahl der Teile begann.

Die Station Contregard wurde von zehn Probanden sofort verstanden. Zwei Probanden schauten sich erst kurz in der Szene um, bevor sie begannen die Hotspots anzuklicken.

In der Kuppelhalle hatten nur zwei Probanden kurzzeitige Verständnisprobleme, wurden aber durch das Anzeigen der Sprechblase „Du musst erst das Pferd einspannen!“ schnell darauf aufmerksam, was sie tun müssen. Lediglich ein Proband versuchte mehrfach, den Geldsack in die Lore zu legen anstatt ihn dem Göpelwart zu geben. Hier stellte sich heraus, dass der Proband davon ausging, er müsse die Münzen zum Bezahlen der Vorräte mit ins Tal nehmen.

Beim Fangen des Pferdes hatten sechs Probanden keinerlei Probleme und bemerkten nach dem 1. Versuch, dass sie das Pferd festhalten müssen. Drei Probanden merkten dies nach dem 3. Versuch, drei Probanden erst nach dem 4. Versuch.

Beim Einsammeln der Vorräte ist das Diagramm so zu deuten, dass sich fünf Probanden noch an die von den Soldaten gewünschten Vorräte erinnerten und diese zuerst in die Lore legten. Die anderen Probanden legten die Vorräte in einer anderen Reihenfolge in die Lore. Dass die Vorräte in die Lore gelegt werden sollen, verstanden alle Probanden sofort.

Im Folgenden werden besondere Beobachtungen zu den einzelnen Stationen zusammengefasst. Dabei werden die Stationen, die keine besonderen Beobachtungen lieferten, nicht aufgeführt.

**Contregard:** Auffällig war, dass kein Proband die Sprechblase zum Thema „Ausstattung“ entdeckte. Dies lässt darauf schließen, dass der Hotspot um den Schemel zu klein war. Bei dieser Station sah das Konzept vor, dass man sich auch nach Erscheinen des Buttons weiter in der Szene umschauchen kann. Dies taten sechs Probanden und klickten auch nach Erscheinen des Buttons noch mindestens einen Hotspot an. Die anderen sechs Probanden schauten sich nach Erscheinen des Buttons nur noch kurz um und klickten keinen Hotspot mehr an.

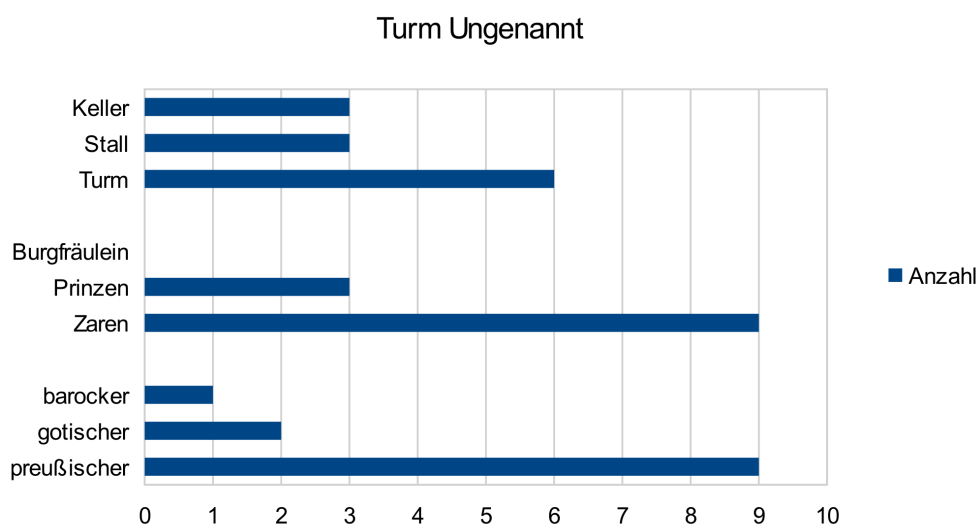
**Schlosshof:** Hier ist festzustellen, dass elf Probanden in dieser Station keinerlei Probleme hatten. Lediglich ein Proband bemerkte die Sprechblase beim „interaktiven Button“ und ließ sie. Anschließend verließ er durch Klicken die Station mit nur drei Münzen. Da dies vermutlich beabsichtigt war, ist hier davon auszugehen, dass es sich nicht um ein Verständnisproblem handelte. Bei der Station Schlosshof wird der Spieler vor dem Betreten der Karte bereits auf die Münzen hingewiesen. Dies sollte eventuell nochmal überdacht werden. Es war sehr auffällig, dass die Probanden in erster Linie nach den Münzen nicht aber nach den Bildern geschaut haben. Dabei schauten fünf Probanden weder Pläne noch Namen noch Bilder an und

konzentrierten sich nur auf die Münzen. Zwei Probanden schauten zuerst nur nach den Münzen, bemerkten dann doch noch die Bilder und schauten sie teilweise an. Fünf Probanden schauten sich von Anfang an auch die Bilder und Namen der Festungsbauten an. Auf diese Beobachtung wird im Abschnitt zur Auswertung der formlosen Interviews noch genauer eingegangen, da hier besonders das Nachfragen nach dem Spiel Aufschluss gegeben hat.

**Ungenannt** Bei dieser Station sind während der Evaluation teilweise große Schwierigkeiten bei der Bedienung deutlich geworden. Die Tatsache, dass der Pointer dem eigentlichen Sichtzentrum immer ein wenig hinterherhinkt hat hier einige Probanden verwirrt.

Alle Probanden haben sich die Puzzleteile genau angeschaut und dann erst angefangen, Teile ins Feld zu legen. Dabei ist besonders die Verteilung der gewählten Namen interessant.

Wie in Abbildung 51 zu sehen, entschied sich die deutliche Mehrzahl der Probanden für den Namen „preußischer Zaren Turm“. Besonders hervorzuheben ist, dass sich neun Probanden für „preußischer“ entschieden. Außerdem entschied sich kein Proband für den Textbaustein „Burgfräulein“.



**Abbildung 51:** Auswahl des Namens bei Station „Turm Ungenannt“

**Schienerfahrt** Ein Proband empfand es als sehr irritierend und unlogisch, dass er dem Göpelwart alle Münzen im Tausch gegen eine Möhre geben musste, die Vorräte im Tal aber mitnehmen konnte, ohne etwas zu bezahlen. Hier wäre es also wünschenswert, durch eine weitere Sprechblase die beispielsweise den Text „Schon wieder habe ich meinen ganzen Sold beim

Wetten verloren..“ die Situation und seine Bestechlichkeit zu verdeutlichen. Ein Nebeneffekt wäre, dass vermittelt werden würde, dass die Soldaten überhaupt einen Sold erhielten. Drei Probanden langweilten sich, während die Lore ins Tal fuhr. Sie erwähnten, dass Ihnen dies zu lange dauerte.

### Pointer

In Abbildung 52 findet sich ein Diagramm, welches zusammenfasst, wie gut die verschiedenen Darstellungen des Pointers verstanden wurden. Hier ist festzuhalten, dass der Geldsack am Besten verstanden wurde. Dieses Ergebnis ist interessant, da der Geldsack durch sein Erscheinungsbild nicht nur anzeigt, was der Spieler tun kann, sondern gleichzeitig auch den Stand der bereits gesammelten Münzen anzeigt. Damit unterscheidet er sich eindeutig von den anderen Darstellungen, die nur eine Aussage über die Interaktionsmöglichkeit (schauen, greifen, sprechen), nicht aber über den Spielstand enthalten. Das Auge liefert das schlechteste Ergebnis, da es von vielen Probanden erst nach dem ersten Öffnen als Auge erkannt wurde. Dieses Problem ließe sich eventuell durch ein Überarbeiten der Grafik beheben.

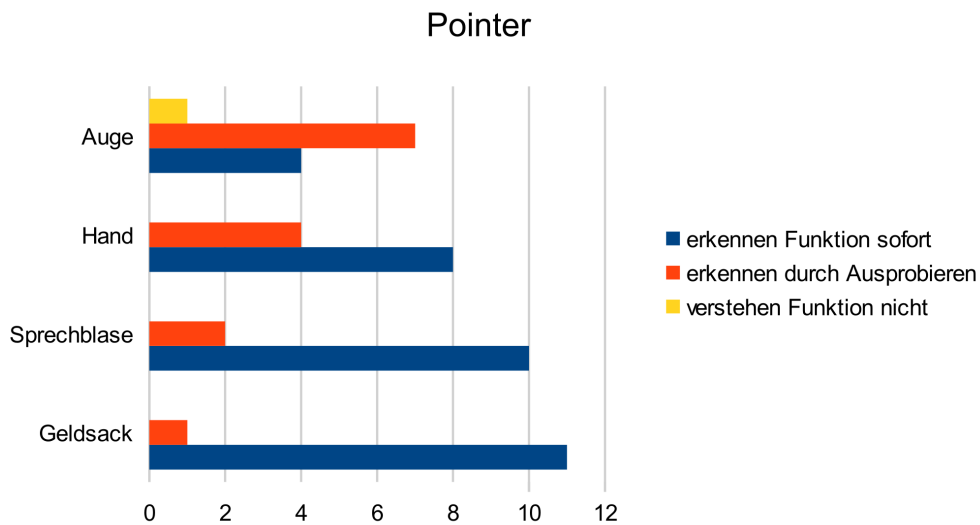


Abbildung 52: Verständnis des Pointers

### Spielstand

In Tabelle 3 sind die Spielstände der zwölf Probanden aufgeführt. Dabei ist zu erkennen, dass diese beim Spiel Schlosshof mit im Durchschnitt 2,91 Punkten pro Proband am Besten ausfallen. Bei der Station Ungenannt erreichten die Probanden im Durchschnitt 2,5 Punkte. Die Station Helfenstein schneidet mit im Durchschnitt 2,25 Punkte am Schlechtesten ab. Dies lässt sich dadurch erklären, dass dies das einzige Spiel ist, bei dem es auf

	3 Punkte)	2 Punkte	1 Punkt
Schlosshof	11 Probanden	1 Proband	0 Probanden
Helfenstein	6 Probanden	3 Probanden	3 Probanden
Ungenannt	7 Probanden	4 Probanden	1 Proband

**Tabelle 3:** Anzahl der Probanden die den jeweiligen Punktestand erreicht haben.

Reihenfolge	Anzahl Probanden
Schlosshof → Helfenstein → Ungenannt	6
Helfenstein → Schlosshof → Ungenannt	3
Schlosshof → Ungenannt → Helfenstein	1
Ungenannt → Schlosshof → Helfenstein	1
Ungenannt → Helfenstein → Schlosshof	1

**Tabelle 4:** Reihenfolge in der die Stationen gespielt wurden.

die Geschwindigkeit ankommt.

### Reihenfolge

Tabelle 4 zeigt die Reihenfolge in der die Stationen von den zwölf Probanden ausgewählt wurden. Dabei ist besonders die Lage des Turm Ungenannt auffällig. Dies liegt vermutlich daran, dass der Turm das kleinste Gebäude ist und zusätzlich sehr weit links und hinten im Modell liegt. Entsprechend ist der Schlosshof die Station mit der in den meisten Fällen begonnen wurde, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass das Gebäude im Modell mittig liegt und eines der Größten ist.

#### 6.3.2 AttrakDiff2

Die Auswertung der Ergebnisse wird bei AttrakDiff automatisch berechnet. Im folgenden Abschnitt wird diese Auswertung vorgestellt. *Das Portfolio mit der Auswertung findet sich in den Anlagen.*

Die Portfolio Darstellung zeigt vertikal die Ausprägung die hedonischen Qualität (unten = geringe Ausprägung). Die pragmatische Qualität ist horizontal abzulesen (links = geringe Ausprägung).

Wichtig ist für die Bewertung, in welchen der „Charakterbereiche“ das Produkt fällt. Außerdem gibt die Größe des Konfidenzrechtecks Aufschluss über die Sicherheit, mit der das Produkt einem bestimmten Bereich zuzuordnen ist. Dabei ist ein kleines Konfidenzrechteck von Vorteil, da die Untersuchungsergebnisse dann mit höherer Sicherheit auf das Produkt zutreffen und weniger zufällig sind. Neben der Sicherheit der Zuordnung, kann am Konfidenzrechteck auch abgelesen werden, wie einig sich die Nutzer bei der Bewertung waren.





**Abbildung 53:** Portfolio mit der durchschnittlichen Ausprägung der Dimensionen PQ und HQ und dem Konfidenzrechteck

Die Benutzeroberfläche des Produkts wurde als „neutral“ eingestuft. Für die pragmatische Qualität ist diese Zuordnung nicht eindeutig, da das Konfidenzintervall über den Charakterbereich hinausgeht. Der Nutzer wird durch das Produkt zwar unterstützt, die Ausprägung der pragmatischen Qualität erreicht allerdings lediglich mittlere Werte.

**Fazit:** *Es besteht somit noch Verbesserungspotenzial hinsichtlich der Bedienbarkeit.*

Für die hedonische Qualität trifft die Charakterzuordnung nicht eindeutig zu, da das Konfidenzintervall über den Charakterbereich „neutral“ hinausgeht. Der Nutzer wird durch das Produkt zwar angeregt, allerdings erreicht die Ausprägung der hedonischen Qualität bei dem Produkt lediglich mittlere Werte.

**Fazit:** *Es besteht somit noch Verbesserungspotenzial hinsichtlich hedonischer Aspekte*

Die Konfidenzintervalle beider Dimensionen sind groß. Dies lässt sich auf die geringe Stichprobengröße zurückführen.

Bei der Beurteilung der beiden Dimensionen sind sich die Nutzer gleich einig.

### Profil der Wortpaare

Das Profil der Wortpaare in Abbildung 54 zeigt dass das Spiel von den Probanden insgesamt als neutral bis gut bewertet wird. Hier ist anzumer-

ken, dass die Werte dabei sehr stark und in einem großen Bereich variieren. Die Wortpaare „trennt mich - bringt mich näher“ und „umständlich - direkt“ liegen dabei im negativen Bereich. Die Wortpaare „unpraktisch - praktisch“, „verwirrend - übersichtlich“, „isolierend -verbinden“ und „harmlos - herausfordernd“ liegen deutlich im neutralen Bereich.

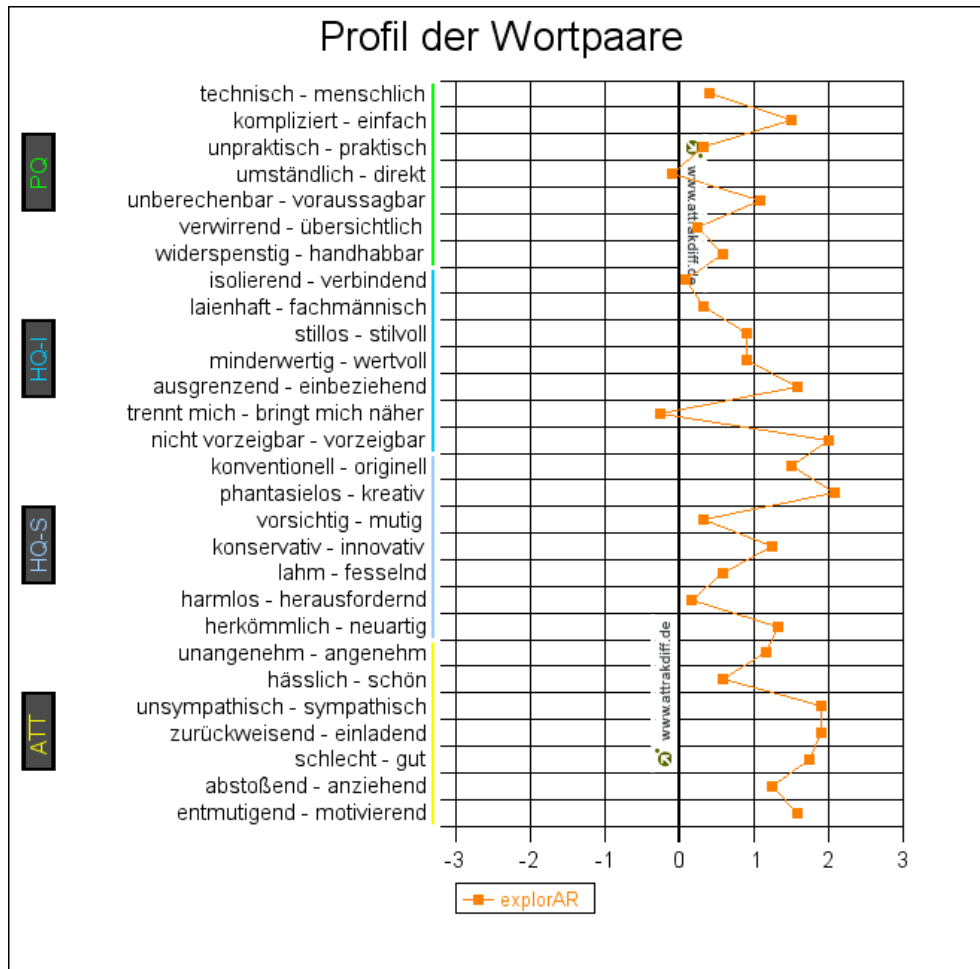
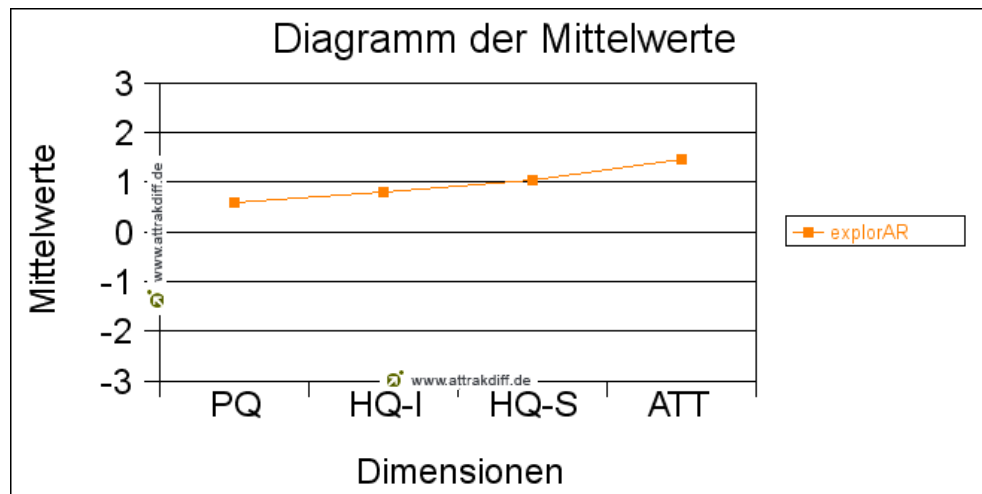


Abbildung 54: Mittlere Ausprägung der Wortpaare des AttrakDiff

Auffällig ist, dass im Bereich der Pragmatischen Qualität im Schnitt die schlechtesten Werte zu finden sind. Hier liegt ausschließlich das Wortpaar „kompliziert - einfach“ im guten Bereich. Die Einstufung „nicht vorzeigbar - vorzeigbar“ und „phantasielos - kreativ“ liegen auf der Grenze zum sehr guten Bereich und sind insgesamt die am besten bewerteten Eigenschaften. Die größte Häufung gut bewerteter Eigenschaften findet sich im Bereich der Attraktivität. Hier liegt lediglich das Wortpaar „hässlich - schön“ im neutralen Bereich. Die Wortpaare „unsympathisch - sympathisch“ und „zurückweisend - einladend“ schneiden hier am Besten ab.

### Diagramm der Mittelwerte

Die Darstellung der Mittelwerte wird hier für die vier Bereiche *Pragmatische Qualität (PQ)*, *Hedonische Qualität-Identität (HQ-I)*, *Hedonische Qualität-Stimulation (HQ-S)* und *Attraktivität (ATT)* einzeln vorgenommen. So lassen sich Schwächen des Produkt besser bestimmten Eigenschaften zuordnen.



**Abbildung 55:** Mittlere Ausprägungen der vier Dimensionen des AttrakDiff

Wie bereits in der Portfoliodarstellung, ist auch hier erkennbar, dass die Anwendung im Bereich der pragmatischen Qualität noch deutliches Verbesserungspotenzial aufweist.

Der Mittelwert der Hedonischen Qualität - Identität befindet sich lediglich im durchschnittlichen Bereich. Das Spiel bietet dem Nutzer also die Möglichkeit der Identifikation und entspricht somit den von ihm gewohnten Standards. Hier wäre eine Verbesserung wünschenswert. **Fazit:** Wenn es wichtig ist, den Nutzer stärker an das Produkt zu binden, sollte eine Verbesserung angestrebt werden.

Hinsichtlich der Hedonischen Qualität - Stimulation befindet sich der Mittelwert im überdurchschnittlichen Bereich. Es entspricht also auch hier den gewohnten Standards, bietet aber dennoch Verbesserungspotenzial. **Fazit:** Wenn es wichtig ist, den Nutzer stärker zu motivieren, sollte eine Verbesserung angestrebt werden.

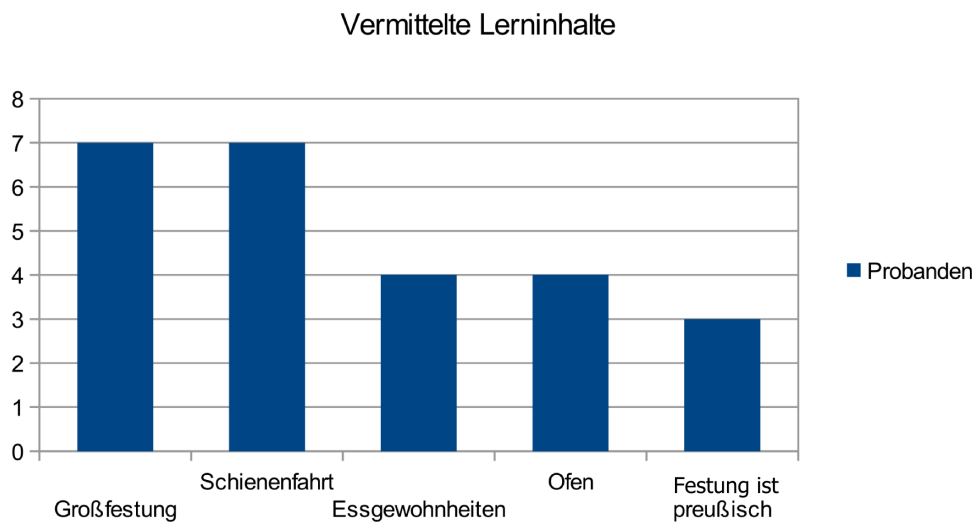
Der Attraktivitätswert des Produkts ist insgesamt der am Besten bewertete. Er befindet sich im überdurchschnittlichen Bereich. **Fazit:** Insgesamt wirkt das Produkt auf die Nutzer sehr attraktiv.

### 6.3.3 Formlose Interviews

Bei der Auswertung der Interviews kann nicht auf alle Äußerungen eingegangen werden. Es werden die deutlichsten Gesamtaussagen und die interessantesten Einzelaussagen zusammengefasst und diskutiert. In den ersten drei Abschnitten werden die Hauptfragen ausgewertet, anschließend wird auf verschiedene Fragestellungen eingegangen, die nicht mit allen Probanden besprochen wurden.

#### Was haben Sie dazu gelernt?

Das Diagramm in Abbildung 56 zeigt die von den Probanden aufgeführten Einzelthemen, zu denen sie etwas dazugelernt haben. Hier ist festzuhalten, dass sieben Probanden die Schienenfahrt vorher noch nicht konnten und ebenfalls sieben Teilnehmer ihr Wissen zur Großfestung erweitern konnten. Dabei wussten vier Probanden zwar vorher schon, dass die Festung Ehrenbreitstein nicht die einzige Festung im Festungsverbund war, ihnen waren aber mindestens zwei der fünf Großfestungsteile vorher nicht bekannt. Drei Probanden merkten an, dass sie bei der Station Schlosshof nur auf die Münzen geachtet haben, und sich weder Bilder noch Pläne angeschaut haben. Hier bestünde also noch deutliches Verbesserungspotenzial. Es wäre beispielsweise möglich, die Münzensuche nicht vorher anzukündigen, sondern auf die Neugier des Spieler zu bauen.



**Abbildung 56:** Vermittelte Lerninhalte (Mehrfachaussagen sind möglich)

Zusätzlich zu den im Diagramm genannten Lerninhalten haben je zwei Probanden dazugelernt:

- Wie groß und weitläufig die Festung Ehrenbreitstein ist.

- Wie die Festungsteile der Ehrenbreitstein zusammenhängen.
- Dass jeder Soldat ein Handtuch besaß.
- Dass es einen Zaren gab.
- Dass die Soldaten Hunger hatten.

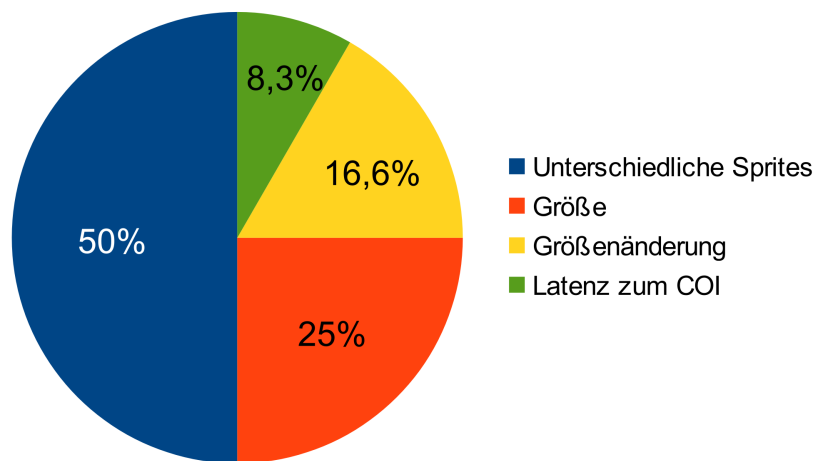
Zum Lerninhalt „Schienenfahrt“ ist noch anzumerken, dass sich für einen Proband nicht erschlossen hat, dass es die Schienenfahrt wirklich gab, weil die Lore zu unrealistisch aussah. Hier wäre also durch ein Überarbeiten der Lore eventuelle eine Verbesserung möglich. Die verbleibenden vier Probanden kannten die Schienenfahrt bereits vorher oder konnten sich dazu nicht äußern.

Die Vorkenntnisse der Teilnehmer waren insgesamt eher gering. Ein Proband war noch nie auf der Festung und zwei Probanden schon häufiger. Alle anderen waren mindestens einmal auf der Festung.

**Frage: Was ist Ihnen am Pointer aufgefallen?**

Das Diagramm 57 zeigt, auf welche Eigenschaft des Pointers die Probanden als Erstes zu sprechen kamen. Hier ist festzuhalten, dass die Äußerungen zur Größe und Größenänderung dabei neutral bis negativ zu werten sind. Die Probanden fühlten sich dadurch teilweise eingeschränkt.

Erste Anmerkung zum Pointer



**Abbildung 57:** Erste Reaktionen zum Pointer

Die Feststellung, dass verschiedene Sprites für die Pointer verwendet wurden, empfanden die Probanden eher als positiv. Sie fühlten sich dadurch unterstützt und drei Probanden merkten an, dass ohne den Pointer beziehungsweise mit einer klassischen Repräsentation wie zum Beispiel dem Zeiger unklar gewesen wäre, was in der jeweiligen Szene zu tun ist.

Festzuhalten ist außerdem, dass insgesamt drei Probanden anmerkten, dass der Zentrums punkt der einzelnen Pointer unklar war. Hier liegt die Vermutung nahe, dass dies auch bei anderen Probanden zu Problemen bei der Steuerung führte oder diese zumindest nicht verbesserte.

Durch die Befragung ergab sich, dass die Pointer *Geldsack*, *Sprechblase* und *Hand* wie in Abbildung 58 zu sehen, von elf Probanden sofort erkannt wurden. Sie empfanden den Pointer nicht als verwirrend und mussten nicht aktiv darüber nachdenken, was der Pointer Ihnen sagen will. Diese Ergebnisse sind als Bestätigung der in Abbildung 52 dargestellten Beobachtungen zu werten. Im Diagramm zeigt sich, dass das Auge hier weniger erfolgreiche Ergebnisse lieferte und von fünf Probanden erst erkannt wurde, als es sich erstmalig geöffnet hatte. Danach war diesen drei Probanden allerdings sofort klar, was der Pointer ausdrücken soll. Außerdem lässt sich noch festhalten, dass einer der Probanden keinen der Pointer für sinnvoll hielt und keine abschließende Bewertung über das Verständnis abgeben konnte.

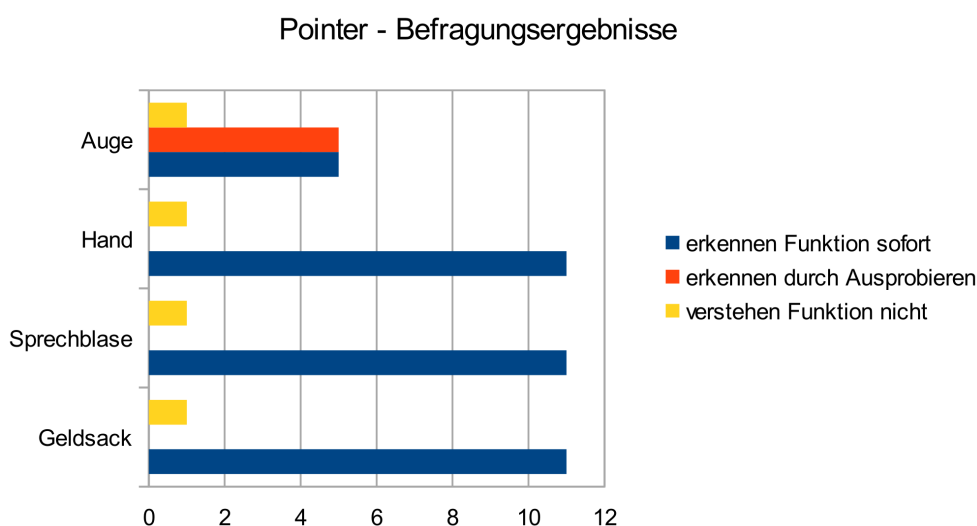


Abbildung 58: Äußerungen der Probanden zum Verständnis des Pointer

**Frage: Welche Station hat Ihnen Besten gefallen? Welche am Wenigsten?**

Wie das Diagramm in Abbildung 59 zeigt, gehen die Meinungen bezüglich der besten und schlechtesten Stationen auseinander. Rechnet man die Bewertungen gegeneinander auf, so ergibt sich, dass insgesamt die Station Schienenfahrt Kuppelhalle am Besten gefallen hat, da sie keine Gegenstimme erhielt. Am Schlechtesten gefiel die Station Ungenannt, die keine Stimme erhielt.

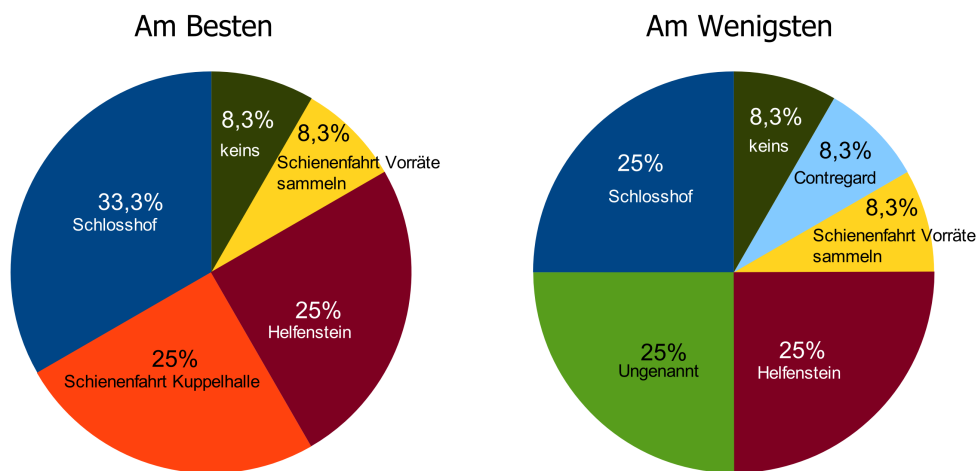


Abbildung 59: Bewertung der Stationen

### Weitere Fragen

Bei elf Teilnehmern ergab sich während des Gesprächs noch die Frage: *Glauben Sie, das Spiel könnte für Touristen interessant sein?*. Darauf antworteten sieben Probanden mit „ja“, einer mit „nein“ und drei Probanden mit „vielleicht“. Zwei Probanden bemerkten, dass das Wissen, das man im Spiel erwirbt, ein Anreiz ist, sich die Festung mal in echt anzuschauen. Mit neun Teilnehmern wurde die Frage diskutiert: *Glauben Sie, die Steuerung ist für Touristen verständlich?*. Vier Teilnehmer sahen darin keinerlei Probleme, besonders wenn grundlegende Computerkenntnisse vorhanden sind. Für zwei Teilnehmer wäre es wichtig, noch eine zusätzliche Hilfe einzubauen, die den Pointer kurz erläutert. Ein Teilnehmer sah das Spiel als ungeeignet für den Einsatz am Fernrohr, wobei das größte Problem in der gebückten Haltung und der Komplexität und Länge des Spiels lag.

**Experten:** Die vier AR-Fernrohr Experten konnten sich die Steuerung am AR-Fernrohr grundsätzlich gut vorstellen. Allerdings müssten dafür noch einige Verbesserungen angestrebt werden. Zusätzlich wurde noch festgestellt, dass das lange Durchgucken am Fernrohr eventuell schwierig sein könnte, da es sehr anstrengend ist.

Von den vier Teilnehmern der Präevaluation haben zwei auch an der Abschlussevaluation teilgenommen. Bei beiden wurden die auf den Mockups der Präevaluation basierenden Vorstellungen und Erwartungen durch das entstandene Spiel erfüllt. Die konzeptuelle Änderung der Station Schlosshof bewerten beide als gut gelungen. Den Pointer finden beide insgesamt sehr stimmig.

## **Fazit**

Abschließend ist festzuhalten, dass es Schwierigkeiten mit der Steuerung gab, dass die einzelnen Stationen und das Konzept insgesamt aber gut verstanden wurden. Die Ergebnisse des AttrakDiff unterstreichen dies. Es sind also noch Verbesserungen an der Bedienung des Spiels nötig.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass eine abschließende Beurteilung der Bedienbarkeit aber erst durch eine Evaluation am Fernrohr möglich wäre. Die Bedienkonzepte wurde nicht für die Maus entwickelt und sind daher so nur schwer zu evaluieren.

Ein Großteil der Probanden hat beim Spielen etwas dazu gelernt. Die Schienenfahrt und die Großfestungsteile haben dabei den größten Eindruck hinterlassen. Interessant ist, dass die Probanden oft erst darauf kamen, was sie sich gemerkt haben, wenn sie einen Moment darüber nachgedacht haben oder auf bestimmte Stationen angesprochen wurden. Dies lässt vermuten, dass die Lerninhalte durch das Spiel vermittelt wurden und nicht durch direktes Lernen. Da den Probanden vorher nicht gesagt wurde, dass sie nun ein Spiel spielen, das auch Wissen vermitteln soll, liegt die Vermutung nahe, dass sie nicht explizit darauf geachtet haben.

Die Darstellung des Spielfortschritts und die verschiedenen Darstellungen des Pointers wurden insgesamt sehr gut verstanden. Durch Verbesserung der Grafiken des Auges ließen sich hier vermutlich noch Verständnisprobleme lösen. Allgemein lässt sich sagen, dass viele Kritikpunkte durch bessere Texturen und Grafiken gelöst werden könnten. Auch das Modell der Festung und die Animation bieten noch Verbesserungspotenzial. Es wäre wünschenswert, wenn die Animation zu Beginn langsamer läuft, damit der Bezug und die Überlagerung der realen Festung wahrgenommen werden kann. Außerdem wäre es für die Spieler sinnvoll, dass die Animation nur weiterläuft, wenn das Fernrohr in die richtige Richtung zeigt.



## 7 Fazit und Ausblick

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde eine lauffähige prototypische Anwendung entwickelt, die die Interaktionsmöglichkeiten des AR-Fernrohrs nutzt, um auf spielerische Weise Wissen zu vermitteln. Das erarbeitete Konzept wurde in einer Präevaluation durch vier Probanden auf Verständlichkeit und Attraktivität untersucht. Das anschließend auf Basis des Konzeptes entwickelte Spiel „explorAR“ wurde durch zwölf Probanden innerhalb der Simulationsumgebung am PC evaluiert.

Die Ergebnisse der Evaluation zeigen, dass das Spiel selbst gut verstanden wurde und dass die verwendeten Interaktionsmetaphern verständlich sind. Jeder Proband konnte sein Wissen zum Aufbau der Festung und zu den einzelnen historischen Begebenheiten erweitern. Im Durchschnitt zählten die Probanden bei der Befragung drei unterschiedliche Themen auf, zu denen sie sich im Laufe des Spiels etwas gemerkt haben. Dabei ist besonders hervorzuheben, dass die Teilnehmer der Evaluation nach dem Spielen des Spiels nicht bewusst aufzählen konnten, was sie dazu gelernt haben. Wurde allerdings konkret abgefragt, ob Ihnen beispielsweise die Schienenfahrt vorher bekannt war, so merkten die Probanden, dass sie dies vorher nicht wussten und durch das Spiel gelernt hatten. Dies zeigt, dass die Wissensvermittlung auf einem indirekten Weg stattfindet. Der spielerische Faktor steht im Mittelpunkt und die Teilnehmer haben nebenbei ihr Wissen zur Festung erweitern können. Es lässt sich festhalten, dass das entwickelte Konzept das Wissen gut aufbereitet und sinnvolle Interaktionsmöglichkeiten für den Spieler bietet.

Als größtes Problem wurde in der Evaluation die Steuerung der Anwendung aufgedeckt. Hier wäre eine weitere Evaluation am AR-Fernrohr wünschenswert. So ließe sich feststellen, ob die Anwendung insgesamt nur als neutral bis gut bewertet wurde, weil die Steuerung schwierig war, oder ob die Probleme eventuell woanders, beispielsweise im Konzept liegen. Aufgrund der Ergebnisse der Präevaluation und der einzelnen Komponenten der Abschlussevaluation liegt die Vermutung nahe, dass die Probleme in erster Linie durch die Steuerung und durch die teilweise noch prototypische Grafiken zustande kamen. Sie liegen vermutlich nicht im zugrundeliegenden Konzept.

Grundsätzlich kann man aus den Ergebnissen folgern, dass touristische Anwendungen zur Wissensvermittlung ein interessantes und sinnvolles Forschungsthema sind, welches noch viele spannende und neue Möglichkeiten bietet. Augmented Reality im Allgemeinen und speziell das AR-Fernrohr sind Themen, die auch die Kreativität der Probanden wecken und zu neuen Ideen anregen. Dies haben besonders die Ergebnisse der Präeva-

luation und der Interviews in der Abschlussevaluation gezeigt.

Zum in dieser Arbeit entwickelten Spiel „explorAR“ lässt sich zusammenfassend sagen, dass es eine prototypische Anwendung ist, die noch viel Verbesserungspotenzial aufweist, von der aber interessante Erkenntnisse abgeleitet werden können.

Abschließend lässt sich festhalten, dass die zu Beginn der Arbeit in der Aufgabenstellung festgelegten Ziele erreicht wurden.

## Abbildungsverzeichnis

1	Das Reality-Virtuality-Continuum von [MTUK94] . . . . .	3
2	a)Unterstützung von Wartungsarbeiten an einem Kopierer [FMS93] b)Reparaturunterstützung bei BMW [BMW] . . . . .	4
3	a)Wikitude (Bild von [Wikc]), b)Eingeblendetes Gebäude am DFKI Kaiserslautern [DFK] . . . . .	5
4	a)Unterwasser AR [Blu09], b)Mini Werbekampagne von Metaio [Metc], c)Haunted Book [SPFL08] . . . . .	6
5	Aufbau des AR-Fernrohrs: schematisch (links) und in Echt (rechts). Foto: Dominik Grüntjens, 2011 . . . . .	17
6	Das AR-Fernrohr im Einsatz auf dem BUGA Gelände[BUG] Foto: Dominik Grüntjens, 2011 . . . . .	18
7	Einsatzzwecke des AR Oculars XC-01 . . . . .	20
8	Das Augurscope . . . . .	20
9	Das Geoscope . . . . .	21
10	Das Timescope . . . . .	22
11	Das Jurascope: Dinosaurier erwachen zum Leben. . . . .	22
12	Forschendes Lernen ( Learning Style Inventory (LSI): Kolb, 1976). Grafik aus [Rob02] . . . . .	23
13	Konzeptpapier . . . . .	26
14	Spielablauf . . . . .	28
15	Mockup der Station „Contregard“ . . . . .	29
16	Mockup der Station „Turm Ungenannt“ . . . . .	30
17	Mockup der Station „Schlosshof“ . . . . .	30
18	Mockup der Station „Fort Helfenstein“ . . . . .	31
19	Mockup der Station „Schienenfahrt“ . . . . .	32
20	Anwendungsfalldiagramm „Festungserkundung“ . . . . .	38
21	Aktivitätsdiagramm „Spiel starten“ . . . . .	39
22	Aktivitätsdiagramm „Festung erkunden“ . . . . .	40
23	Aktivitätsdiagramm „Contregard erkunden“ . . . . .	42
24	Aktivitätsdiagramm „Turm Ungenannt erkunden“ . . . . .	43
25	Aktivitätsdiagramm „Schlosshof erkunden“ . . . . .	44
26	Aktivitätsdiagramm „Fort Helfenstein erkunden“ . . . . .	45
27	Aktivitätsdiagramm „Schienenfahrt erkunden“ . . . . .	46
28	Klassendiagramm: Umsetzung der verschiedenen Inputmöglichkeiten in telARscope. . . . .	48
29	Klassendiagramm: Die Klassen GameItem, GameMenu und Station kamen neu dazu. . . . .	49
30	Klassendiagramm: Die Klassen der einzelnen Stationen aus explorAR. . . . .	50
31	Gesamtablauf des Spiels . . . . .	53
32	Das Spielmenü: Die Festung als Explosionszeichnung . . . . .	56
33	Die Darstellung des Spielfortschritt: gesammelte Gegenstände. . . . .	56

34	Die Darstellung des Spielfortschritt: Sprechblase „Dieses Gebäude kannst du noch nicht betreten!“ . . . . .	57
35	Die Darstellung des Spielfortschritt: Sprechblase „Hier warst du schon!“ . . . . .	58
36	Pointer <i>Auge</i> . . . . .	59
37	Pointer <i>Sprechblase</i> . . . . .	60
38	Pointer <i>Hand</i> . . . . .	61
39	Pointer <i>Geldsack</i> . . . . .	62
40	Die Kaserne in der Station Contregard . . . . .	63
41	Station Ungenannt: Puzzleteile und Felder. . . . .	64
42	Die drei verschiedenen Halfter. . . . .	64
43	Station Schlosshof: Karte mit semitransparenten Festungsplänen. CC-BY-SA openstreetmap.org . . . . .	66
44	Station Schlosshof: Karte mit allen Hotspots. CC-BY-SA openstreetmap.org . . . . .	67
45	Die drei verschiedenen Fitnessstufen des Pferdes . . . . .	68
46	Der Stalljunge, das Fangen des Pferdes und das Zurückbringen	68
47	Die Kuppelhalle mit dem Göpelwerk, dem Göpelwart und dem Inventar. . . . .	69
48	Die Vorräte die der Spieler den Soldaten bringen kann. . . .	70
49	Siegerehrung mit Textfeldern „geschickter Pferdewirt“ und „Ehren-General“. . . . .	70
50	Verständnis der einzelnen Stationen . . . . .	79
51	Auswahl des Namens bei Station „Turm Ungenannt“ . . . .	81
52	Verständnis des Pointers . . . . .	82
53	Portfolio mit der durchschnittlichen Ausprägung der Dimensionen PQ und HQ und dem Konfidenzrechteck . . . . .	84
54	Mittlere Ausprägung der Wortpaare des AttrakDiff . . . . .	85
55	Mittlere Ausprägungen der vier Dimensionen des AttrakDiff	86
56	Vermittelte Lerninhalte (Mehrfachaussagen sind möglich) .	87
57	Erste Reaktionen zum Pointer . . . . .	88
58	Äußerungen der Probanden zum Verständnis des Pointer . .	89
59	Bewertung der Stationen . . . . .	90

## Tabellenverzeichnis

1	Konzeptbeschreibung nach [Ada09] . . . . .	27
2	Spielzustände des Spiels . . . . .	52
3	Anzahl der Probanden die den jeweiligen Punktstand erreicht haben. . . . .	83
4	Reihenfolge in der die Stationen gespielt wurden. . . . .	83

## Literatur

- [AA07] AUGMENTED, Developing ; APPLICATIONS, Reality: *Developing Augmented Reality Applications with the Unifeye SDK from metaio*. 2007
- [Ada09] ADAMS, Ernest: *Fundamentals of Game Design (2nd Edition)*. New Riders Press, 2009
- [AKB+95] AHLERS, Klaus H. ; KRAMER, A ; BREEN, David E. ; CHEVALIER, Pierre-Yves ; CRAMPTON, Chris ; ROSE, Eric ; TUCERYAN, Mihran ; WHITAKER, Ross T. ; GREER, D: Distributed Augmented Reality for Collaborative Design Applications. In: *Computer Graphics Forum* 14 (1995), Nr. 3, 3–14. <http://dx.doi.org/10.1111/1467-8659.1430003>. – DOI 10.1111/1467-8659.1430003. – ISSN 01677055
- [ARTa] ART+COM: *Juraskope*. <http://www.artcom.de/projekte/projekt/detail/juraskope/> (03.07.2011)
- [ARTb] ART+COM: *Timescope*. <http://www.artcom.de/projekte/projekt/detail/timescope>
- [ARV] ARVIKA: *ARVIKA*. <http://www.arvika.de/www/d/topic1/anwendungen.htm>
- [Azu97] AZUMA, Ronald T.: A Survey of Augmented Reality. In: *PresenceTeleoperators and Virtual Environments* 6 (1997), Nr. 4, 355–385. <http://dx.doi.org/10.1.1.30.4999>. – DOI 10.1.1.30.4999. – ISSN 10547460
- [BKLP04] BOWMAN, Doug A. ; KRUIJFF, Ernst ; LAVIOLA, Joseph J. ; POUPYREV, Ivan: *3D User Interfaces: Theory and Practice*. Addison-Wesley Professional, 2004. – 512 S. – ISBN 0201758679
- [Blu09] BLUM, Lisa: Augmented Reality under water. In: *Interfaces* 7 (2009), S. 60558–60558
- [BMW] BMW: *Augmented Reality bei BMW*. [http://www.bmw.com/com/de/owners/service/augmented\\_reality\\_introduction\\_1.html](http://www.bmw.com/com/de/owners/service/augmented_reality_introduction_1.html)
- [BPH91] BRENNER, C ; PAELKE, V ; HAUNERT, J: The Geoscope - A Mixed Reality System For Planning And Public Participation. In: *Citeseer* (1991), 1–10. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.73.3266>

- [bre] *Universum Bremen*. <http://www.universum-bremen.de/de/>
- [BUG] BUGA: *Bundesgartenschau 2011 Koblenz*. <http://www.buga2011.de/web/index.php>
- [bur] *Neue Forschungen zur Festung Koblenz und Ehrenbreitstein*. Burgen, Schlösser, Altertümer Rheinland-Pfalz und der Deutschen Gesellschaft für Festungsforschung. – ISBN 3–7954–1764–3
- [Cam] CAMILLE SCHERRER: *Camille Scherrer*. <http://www.chipchip.ch>
- [CGL<sup>+</sup>04] CHEOK, A D. ; GOH, K H. ; LIU, W ; FARBIZ, F ; FONG, S W. ; TEO, S L. ; LI, Y ; YANG, X: Human Pacman: a mobile, wide-area entertainment system based on physical, social, and ubiquitous computing. In: *Personal and Ubiquitous Computing* 8 (2004), Nr. 2, 71–81. <http://www.springerlink.com/content/julqyxljyw98b4nq>
- [DFK] DFKI: *Magisches Fernrohr*. [http://www.dfki.de/web/presse/pressemitteilungen\\_intern/2009/](http://www.dfki.de/web/presse/pressemitteilungen_intern/2009/)
- [FIT] FIT: *Fraunhofer FIT*. <http://www.fit.fraunhofer.de/>
- [FMS93] FEINER, Steven ; MACINTYRE, Blair ; SELIGMANN, Dorée: Knowledge-based augmented reality. In: *Communications of the ACM* 36 (1993), Nr. 7, 53–62. <http://dx.doi.org/10.1145/159544.159587>. – DOI 10.1145/159544.159587. – ISSN 00010782
- [Fri01] FRIEDRICH, W: ARVIKA-augmented reality for development, production and service. In: *Proceedings International Symposium on Mixed and Augmented Reality* 3 (2001), Nr. 2, 3–4. <http://dx.doi.org/10.1109/ISMAR.2002.1115059>. – DOI 10.1109/ISMAR.2002.1115059. ISBN 0769517811
- [geo] *Geoscope*. homepage:<http://www.geoscope.aigeo.de/geoscope.html>
- [Goo00] GOOSSENS, C: Tourism information and pleasure motivation. In: *Annals of Tourism Research* 27 (2000), Nr. 2, 301–321. [http://dx.doi.org/10.1016/S0160-7383\(99\)00067-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-7383(99)00067-5). – DOI 10.1016/S0160-7383(99)00067-5. – ISSN 01607383
- [Gr"11] GRÜNTJENS, Dominik: *telARscope*. [userpages.uni-koblenz.de/telarscope/](http://userpages.uni-koblenz.de/telarscope/). Version: 2011

- [GS11] GRÜNTJENS, Dominik ; STIER, Mareike: Factors for Knowledge Transfer in Mobile Gamebased City Tours on Smartphones Inhaltsverzeichnis Touristic mobile applications Our approach : A mobile city rallye. (2011)
- [Has] HASSENZAHL, M.: *AttrakDiff*. <http://www.attrakdiff.de/Home/>
- [Has03] HASSENZAHL, Marc: The Thing and I: Understanding the Relationship Between User and Product IN Funology: from Usability to Enjoyment. In: *Kluwer Academic Publishers* (2003), 31–42. <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1139008.1139015>
- [HBK08] In: HASSENZAHL, Marc ; BURMESTER, Michael ; KOLLER, Franz: *Der User Experience (UX) auf der Spur: Zum Einsatz von www.attrakdiff.de*. Fraunhofer Verlag, 2008, 78–82
- [igda] *Fraunhofer IGD*. <http://www.igd.fraunhofer.de/>
- [IGDb] IGD, Fraunhofer: *Projekt Grube Messel*. [http://www.christianknoepfle.de/projekt\\_messel.htm](http://www.christianknoepfle.de/projekt_messel.htm)
- [Inc] INC., Google: *Google Earth*. <http://www.google.de/intl/de/earth/index.html>
- [Kau03] KAUFMANN, H: Collaborative Augmented Reality in Education. In: *Learning* (2003). <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.12.2215&rep=rep1&type=pdf>
- [KT99] KALLMANN, Marcelo ; THALMANN, Daniel: Direct 3D interaction with smart objects. In: *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology VRST 99* (1999), 124–130. <http://dx.doi.org/10.1145/323663.323683>. – DOI 10.1145/323663.323683. ISBN 1581131410
- [LBSB04] LUTZ, Bernd ; BECKER, Mario ; STRICKER, Didier ; BOCKHOLT, Uli: The augmented reality ocular. In: *Proceedings of the 2004 ACM SIGGRAPH international conference on Virtual Reality continuum and its applications in industry VRCAI 04 1* (2004), Nr. 212, 352. <http://dx.doi.org/10.1145/1044588.1044664>. – DOI 10.1145/1044588.1044664. ISBN 1581138849
- [Map] MAP, Open S.: *Open Street Map*. <http://www.openstreetmap.de/>



- [max] *Autodesk 3D Studio Max.* <http://usa.autodesk.com/3ds-max/>
- [Meta] METAIO: *Atelier Pfister.* <http://www.metaio.com/projects/mobile/atelier-pfister-plan-your-living-environment/>
- [Metb] METAIO: *Metaio.* <http://www.metaio.com>
- [Metc] METAIO: *Mini Kampagne.* <http://old.metaio.de/564/>
- [MTUK94] MILGRAM, Paul ; TAKEMURA, Haruo ; UTSUMI, Akira ; KISHINO, Fumio: *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum.* In: *Proceedings of Telem manipulator and Telepresence Technologies 2351 (1994)*, Nr. 34, 282–292. <http://dx.doi.org/10.1117/12.197321>. – DOI 10.1117/12.197321. – ISSN 0277786X
- [Neu] NEUMANN, HARTWIG, LIESSEM, Udo: *Die klassizistische Großfestung Koblenz.* – ISBN 3763758534
- [ogra] *Ogremax.* <http://www.ogremax.com/>
- [Ogrb] OGRE3D: *Ogre.* <http://www.ogre3d.org/>
- [Ope] OPENCV: *OpenCV.* <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>
- [Pee94] In: PEECK, Joan: *Wissenserwerb mit darstellenden Bildern.* Huber, 1994, S. 59–94
- [PT02] PIEKARSKI, Wayne ; THOMAS, Bruce: *ARQuake: the outdoor augmented reality gaming system.* In: *Communications of the ACM* 45 (2002), Nr. 1, 36–38. <http://dx.doi.org/10.1145/502269.502291>. – DOI 10.1145/502269.502291. – ISSN 00010782
- [Rea] REALITY, Beyond: *AR Memory.* <http://xspblogger.com/2009/07/24/augmented-reality-memory-pc/>
- [Ric10] RICKETTS, Camille: *Layar to bring its augmented reality to one-third of global smartphones.* <http://venturebeat.com/2010/06/18/layars-augmented-reality>. Version: 2010
- [Rob02] ROBINSON, Geoffrey: *Do general practitioners' risk-taking propensities and learning styles influence their continuing medical education preferences?* In: *Medical Teacher* 24 (2002), Nr. 1, 71–78. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12098462>

- [Sch94] In: SCHNOTZ, Wolfgang: *Wissenserwerb mit logischen Bildern*. Huber, 1994, S. 95–147
- [Sci] SCIENCE, Popular: *Popular Science*. <http://ge.ar-live.de/>
- [SCS04] SONNET, Henry ; CARPENDALE, Sheelagh ; STROTHOTTE, Thomas: Integrating expanding annotations with a 3D explosion probe. In: *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces AVI 04 (2004)*, 63. <http://dx.doi.org/10.1145/989863.989871>. – DOI 10.1145/989863.989871. ISBN 1581138679
- [SKF<sup>+</sup>02] SCHNÄDELBACH, Holger ; KOLEVA, Boriana ; FLINTHAM, Martin ; FRASER, Mike ; IZADI, Shahram ; CHANDLER, Paul ; FOSTER, Malcolm ; BENFORD, Steve ; GREENHALGH, Chris ; RODDEN, Tom: The augurscope: a mixed reality interface for outdoors. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems Changing our world changing ourselves (2002)*, Nr. 4, 9–16. <http://dx.doi.org/10.1145/503376.503379>. – DOI 10.1145/503376.503379. ISBN 1581134533
- [SPFL08] SCHERRER, Camille ; PILET, Julien ; FUA, Pascal ; LEPETIT, Vincent: The haunted book. In: *2008 7th IEEEACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (2008)*, 163–164. <http://dx.doi.org/10.1109/ISMAR.2008.4637347>. – DOI 10.1109/ISMAR.2008.4637347. ISBN 9781424428403
- [Sti10] STIER, Mareike: Erlebe Regensburg - Entwicklung einer abenteuerlichen AR-Schnitzeljagd auf dem iPhone Diplomarbeit. In: *Arbeit* (2010), Nr. September
- [T10] TÖNNIS, Marcus: *Augmented Reality - Einblicke in die Erweiterte Realität*. Springer, 2010
- [Tes] TESCHKE, Florian: *Die preußische Großfestung Koblenz Mit Schwerpunkt auf der Feste Kaiser Franz*. [http://chneeteam.de/Homepage/files/Festung\\_Chneemann.pdf](http://chneeteam.de/Homepage/files/Festung_Chneemann.pdf)
- [Tri] TRIVISIO: *Trivisio*. <http://www.trivisio.com/>
- [Val] VALBUENO, Pablo: *Pablo Valbuena*. <http://www.pablovalbuena.com>
- [Wec08] WECHSELBERGER, U: The Eduventure II. An Approach to Educational Game Design. In: *2008 International Conference on Cyberworlds, Ieee, 2008*. – ISBN 9780769533810, 397–404

- [Wei94] WEIDENMANN, Bernd: *Wissenserwerb mit Bildern*. Huber, Bern, 1994. – ISBN 3456824157
- [Wie] WIEN, TU: *Construct3D*. <http://www.ims.tuwien.ac.at/research/construct3d/>
- [Wika] WIKIPEDIA: *Bilder der Soldaten*. [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Preu%C3%9Fische\\_Armee&oldid=90484624](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Preu%C3%9Fische_Armee&oldid=90484624)
- [Wikb] WIKIPEDIA: *Bilder zur Großfestung Koblenz*. [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Festung\\_Koblenz&oldid=90812128](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Festung_Koblenz&oldid=90812128)
- [Wikc] WIKITUDE: *Wikitude*. <http://www.wikitude.com/wikitude-api-c2youtube>
- [Wik09] WIKITUDE: *Wikitude World Browser*. <http://www.wikitude.org/>. Version: 2009
- [WMBB08] WETZEL, Richard ; MCCALL, Rod ; BRAUN, Anne-Kathrin ; BROLL, Wolfgang: Guidelines for designing augmented reality games. In: *Proceedings of the 2008 Conference on Future Play Research Play Share Future Play 08* (2008), 173. <http://dx.doi.org/10.1145/1496984.1497013>. – DOI 10.1145/1496984.1497013. ISBN 9781605582184

# **Präevaluation**

## **Leitfaden**

# explorAR

interaktive Festung Ehrenbreitstein

## Präevaluation

### Ablauf

- Einleitung/Grundlagen
  - Handout „AR“
  - Handout „AR-Fernrohr“
  - Fragen/Einschätzungen zu den Grundlagen
- Konzept
  - Handout „Konzeptpapier“
  - Fragen/Einschätzungen zum Konzept
- Spielmenü
  - Präsentation Spielmenü
  - Fragen/Einschätzungen zum Spielmenü
- Stationen
  - Präsentation Stationen
  - Fragen/Einschätzungen zu den Stationen
- Abschließende Diskussion

# explorAR

interaktive Festung Ehrenbreitstein

## Präevaluation

### 1 Einleitung

Ich möchte Ihnen heute mein Konzept für eine gamebasierte Anwendung zur Wissensvermittlung an einem AR-Fernrohr vorstellen. Der Ablauf wird dabei Folgender sein: (Handout Ablauf ausgeben und erläutern)  
Beginnen möchte ich mit einigen grundlegende Fragen. Diese Grundlagen sind teilweise wichtig für das Verständnis des Konzepts. Wenn Sie etwas nicht wissen ist das kein Problem - ich werde es dann erklären.

#### 1.1 Wissen Sie was Augmented Reality ist?

Handout „AR“

#### 1.2 Was stellen Sie sich unter einem AR-Fernrohr vor?

Handout „AR-Fernrohr“

#### 1.3 Wie schätzen sie ihr Wissen zur Festung Ehrenbreitstein ein?

Einstufung: sehr gut - gut - normal - schlecht - sehr schlecht

#### 1.4 Waren Sie schon mal auf der Festung Ehrenbreitstein?

#### 1.5 Wenn ja, welche Teile der Festung haben sie besucht?

#### 1.6 Was fanden sie besonders interessant?

# explorAR

interaktive Festung Ehrenbreitstein

## Präevaluation

### 2 Konzept

Ich möchte im Rahmen meiner Diplomarbeit eine gamebasierte Anwendung für ein AR-Fernrohr entwickeln. Dabei geht es darum herauszufinden inwiefern AR die Vermittlung von Wissen positiv beeinflussen kann. Ich habe mich für einen gamebasierten Ansatz entschieden, da es leichter fällt spielerisch etwas zu lernen. In diesem Zusammenhang tauchen die Begriffe intrinsische und extrinsische Motivation auf. Gamebasierte Ansätze beruhen auf der intrinsischen Motivation. Diese bezeichnet das Bestreben, etwas zu tun weil es Spaß macht oder beispielsweise eine Herausforderung bietet.

Ich werde Ihnen jetzt das Konzeptpapier vorlegen. Sie haben Gelegenheit dieses zu lesen und nachzuvollziehen. Lesen Sie es bitte erst gründlich durch - anschließend ist genug Zeit für Fragen.

#### 2.1 Haben sie Fragen zum Konzeptpapier?

#### 2.2 Spricht Sie die Grundidee des Konzepts an?

Einstufung: sehr interessant - interessant - neutral - uninteressant - sehr uninteressant

#### 2.3 Wie empfinden sie den Ablauf des Spiels?

Einstufung: zu flexibel - flexibel - genau richtig - eingeschränkt - zu eingeschränkt

#### 2.4 Empfinden Sie das Verhältnis zwischen historischen Inhalten und spielerischen Anteilen als ausgewogen?

Einstufung: zu viele geschichtliche Inhalte - ausgewogen - zu viele spielerische Anteile

# explorAR

interaktive Festung Ehrenbreitstein

## Präevaluation

### 3 Spielmenü

Nun werde ich Ihnen anhand einiger Mockups das Spielmenü näher erläutern. Dabei werde ich auch die Möglichkeiten zur Interaktion erklären. Da zu diesem Zeitpunkt der Entwicklung noch kein Prototyp der Anwendung vorliegt, ist bei der folgenden Präsentation ein wenig Phantasie notwendig. Versuche sie sich bitte in die Lage zu versetzen, dass sie an einem AR-Fernrohr stehen und das Spiel spielen möchten.

#### 3.1 Haben Sie Fragen zum Spielmenü?

#### 3.2 Empfinden Sie das Spielmenü als optisch ansprechend?

Einstufung: sehr ansprechend - ansprechend - neutral - wenig ansprechend - nicht ansprechend

#### 3.3 Empfinden Sie die Interaktion mit Hilfe des Knopfes am Fernrohr als intuitiv?

Einstufung: intuitiv - leicht verständlich - neutral - schwer verständlich - unintuitiv

#### 3.4 Finden Sie die Darstellung der Gebäudeteile als Explosionszeichnung hilfreich?

Einstufung: sehr hilfreich - hilfreich - neutral - weniger hilfreich - nicht hilfreich

#### 3.5 Trägt die Darstellung der Gebäudeteile Ihrer Meinung nach zur Orientierung bei oder empfinden Sie sie als irritierend?

Einstufung: trägt zur Orientierung bei - neutral - irritiert mich



**3.6 Welche Darstellung des Spielfortschritts gefällt Ihnen am Besten? Warum?**

Auswahl: Ladebalken - Festungsgrundriss - keins davon

**3.7 Könnten Sie sich eine Kombination verschiedener Darstellungen vorstellen? Wenn ja, welche?**

Auswahl: Kombination (z.B. Einfärbung der Gebäudeteile)

**3.8 Gefällt Ihnen grundsätzlich eine direkte oder indirekte Darstellung besser? Warum?**

Auswahl: direkt - neutral - indirekt



interaktive Festung Ehrenbreitstein

## Präevaluation

### 4 Stationen

Jetzt werde ich Ihnen die Stationen im Einzelnen vorstellen. Dabei werden manche Stationen anhand von Mockups erläutert, andere werden exemplarisch durchgespielt. Falls Sie Verständnisprobleme haben fragen Sie bitte.

#### 4.1 Haben Sie Fragen zu den einzelnen Stationen?

#### 4.2 Welche Station hat Ihnen am meisten gefallen? Warum?

Auswahl: Contregard - Ungenannt - Helfenstein - Schlosshof - Schienenfahrt

#### 4.3 Welche Station hat Ihnen am wenigsten gefallen? Warum?

Auswahl: Contregard - Ungenannt - Helfenstein - Schlosshof - Schienenfahrt

#### 4.4 Was denken Sie? Lassen sich geschichtliche Inhalte Ihrer Meinung nach besser vermitteln: mit „explorAR“ oder mit einer touristischen Infotafel/Reiseführer?

Auswahl: explorAR - neutral - Infotafel/Reiseführer

#### 4.5 Finden Sie die für die Spiele ausgewählten geschichtlichen Inhalte interessant?

Einstufung: sehr interessant - interessant - neutral - uninteressant - sehr uninteressant

#### 4.6 Empfinden Sie die Interaktion mit Hilfe des Knopfes am Fernrohr zum bewegen der Gegenstände als intuitiv?

Einstufung: intuitiv - leicht verständlich - neutral - schwer verständlich - unintuitiv

**4.7 Wie wichtig ist Ihnen bei einer spielerischer Anwendung ein Punktesystem/Highscore?**

Einstufung: wichtig - eher wichtig - neutral - eher unwichtig - unwichtig

**4.8 Denken Sie, sie hätten mehr Spaß an einem Spiel welches man auch verlieren kann?**

# explorAR

interaktive Festung Ehrenbreitstein

## Präevaluation

### 5 Diskussion

Zum Schluss noch ein paar abschließende Fragen.

- 5.1 Haben Sie Ideen oder Anregungen?
- 5.2 Haben Sie Vorschläge für die Darstellung des Spielfortschritts?
- 5.3 Haben Sie Vorschläge für die einzelnen Stationen?
- 5.4 Wo sehen Sie die größte Schwäche von „explorAR“?
- 5.5 Haben Sie Verbesserungsvorschläge?
- 5.6 Wo sehen Sie die größte Stärke von „explorAR“?
- 5.7 Haben Sie Interesse an der Abschlussevaluation teilzunehmen?



## **CD Inhalt**

Der explorAR-Quellcode befindet sich auf der beigelegten CD im Ordner „Code“. Außerdem finden sich auf der CD die gesamte Ausarbeitung als PDF-Datei und die Protokolle der Präevaluation und der Abschlussevaluation.