

Deutsches Museum



museum 4punkt0  **DEXPERIO®**
Smart. Digital. Experiences.

AR@DM / **TECHNIK IMMERSIV ERLEBEN**
Neue Museums-Erlebniswelten mit XR - Augmented-/Mixed-/Virtual Reality

Innovationen mit AR
Erlebniswelt Meeresbiologie -
Unterwasserwelten mit AR erforschen

PROJEKTDOKUMENTATION AR@DM (DRAFT)

AR ERLEBNISWELT MEERESBIOLOGIE

Projekt im Rahmen der museum4punkt0-Initiative

Entwickelt für das Deutsche Museum

ANSPRECHPARTNER: Thomas Fickert,

Mail: thomas.fickert@dexperio.net, Mobile: +49 (151) 405 290 06

FIRMA DEXPERIO GmbH | **ANSCHRIFT** Fürstenrieder Str. 201, 81377 München

TELEFON +49 (89) 2155 6796-0 | **FAX** +49 (89) 2155 6796-9 | **E-MAIL** contact@dexperio.net | **INTERNET** www.dexperio.net

BANKVERBINDUNG HypoVereinsbank, IBAN DE96 7002 0270 0015 3155 86, SWIFT HYVEDEMMXXX | **UST-ID** DE292537685

GESCHÄFTSFÜHRUNG Thomas Fickert, Richard Joerges | **HANDELSREGISTER** HRB 206911 | **SITZ** München

00 | INHALT

01 TEAM	3
10 PROJEKTHINTERGRUND	4
20 PROJEKTGEGENSTAND	5
21 KONZEPTIONELLER HINTERGRUND	5
22 SZENARIOS, INTERAKTION UND MEHRWERTE	7
221 Greifbare Objektexploration (AR-Cube Experience)	8
222 Erweiterte Visualisierung/Präsentation (AR-Stage Experience)	10
223 Gamification im Ausstellungsbereich (AR-Arena Experience)	12
224 Erweitertes Ausstellungerlebnis (AR-Portal Experience)	14
23 TECHNISCHE RAHMENBEDINGUNGEN	15
24 BETREUUNGSAUFWAND	16
30 PROJEKTUMSETZUNG	17
31 PROJEKTTEAM	17
32 PROJEKTVERLAUF	18
33 IMPLEMENTIERUNG	19
331 Design / UX	19
332 Medienproduktion	20
333 Programmierung	22
334 Testing & QA	24
40 PROJEKTERFAHRUNGEN	25
41 HAUPTERKENNTNISSE	25
411 Konzept	25
412 Medien/Assets	25
413 Programmierung	26
414 Akzeptanz/Attraktivität	26
42 PROGRAMMTEILE	26
421 AR-Cube Experience (Merge)	26
422 AR-Stage Experience (Simulation)	27
423 AR-Arena Experience (Game)	28
424 AR-Portal Experience (Portal)	28
43 PROJEKTAUFWÄNDE/KOSTEN	29
431 Aufwände Soll-/Ist-Vergleich	29
432 Kostenschätzung Vollimplementierung	29
90 AHHANG	30

01 | TEAM

AUFTRAGGEBER

NAME	E-MAIL	ROLLE
Klaus Henkensiefken	c.henkensiefken@deutsches-museum.de	Projektleiter DM
Georg Hohmann	g.hohmann@deutsches-museum.de	Leitung DM Digital
Andrea Geipel	a.geipel@deutsches-museum.de	Projektkoordinatorin
Daniela Menge	d.menge@deutsches-museum.de	Kuratorin Schifffahrt
Karen Hissmann	khissmann@geomar.de	Externe Begleitung JAGO

DEXPERIO

NAME	E-MAIL	ROLLE
Thomas Fickert	thomas.fickert@dexperio.net	Project Management/Client relations
Richard Joerges	richard.joerges@dexperio.net	Stellvertr. PM/QA
Julius Kreutz	julius.kreutz@dexperio.net	XR Software Engineer
Alexander Hofmann	alexander.hofmann@dexperio.net	Senior XR Software Engineer
Gulliver Klauser	gulliver.klauser@dexperio.net	3D Design/Engineering

02 | DOKUMENTEN-HISTORIE

DATE	VERSION	NOTES
08.12.2019	V0.5	Initialvorlage (Draft)
16.01.2020	V0.7	Inhaltliche Erweiterungen
20.02.2020	V0.9	Erste Version zur Kundenvorlage

10 | PROJEKTHINTERGRUND

Das Projekt entstand im Rahmen des Wettbewerbs "AR@DM" für StartUp- Unternehmen des Deutschen Museums im Rahmen der museum4punkt0 Initiative

Die Aufgabenstellung ist untenstehend in Kurzform zusammengefasst:

- Erstellung einer AR-Applikation für Objekte und Dioramen des Deutschen Museums für Evaluierungszwecke.
- Im Rahmen des Teilprojektes der „museum4punkt0 Initiative“ mit dem Schwerpunkt „3D Digitalisierung und –Visualisierung“.
- Als Testanwendung für Demonstrationszwecke für Mitarbeiter des Museums zur Ideengenerierung für weitere Projekte.
- Zielsetzung ist die Realisierung deutlicher Mehrwerte durch die virtuellen Erweiterungen der realen Objekte für die Besucher.

20 | PROJEKTGEGENSTAND

21 KONZEPTIONELLER HINTERGRUND

Leitmotiv für die Entwicklung des Vorschlags von DEXPERIO für den Wettbewerb war, dem Deutschen Museum durch konzeptionelle und produktionstechnische Synergien, die größtmögliche Bandbreite an Testpotential für die Ideenfindung und Konzeption neuer AR Erlebnisformate im Rahmen der museum4punkt0 Initiative zu ermöglichen.

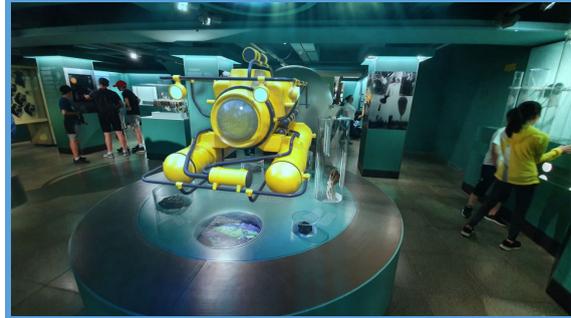
Nach dem Besuch sämtlicher Museen und Ausstellungen (Museumsinsel, Verkehrsmuseum, Flugwerft), sowie der Analyse der Pläne rund um die Neugestaltung der Ausstellungen/des Deutschen Museums "Auf zu neuen Welten" erfolgte eine ausgiebige Analyse der Möglichkeiten für innovative AR Anwendungen im Kontext bestehender und kommender Ausstellungen.

Als Haupteinsatzszenarien für AR in Museen sieht DEXPERIO neben ergänzenden Funktionen wie der Verbesserung der Navigation mittels AR Indoor Navigation insbes. die Erweiterung von Visualisierungs- und Interaktionsmöglichkeiten von Exponaten zusammen mit erweiterter medialer Wissenspräsentation.

Für den Wettbewerb schien uns die Wahl einer Ausstellungsinstallation mit mehreren Objekten am geeignetsten, da ein solches Setup gegenüber einem Einzelexponat eine größere Bandbreite an Szenarien von neuen AR Erlebnisformaten möglich macht.

Konkret haben wir eine Ausstellungsinstallation im **Bereich Meeresbiologie** gewählt, die neben verschiedenen Meeresobjekten das Tauchboot JAGO zeigt. Neben der Inhaltlichen Komponente war für uns insbes. die räumliche Gestaltung der Installation ausschlaggebend, da diese eine gute "Bühne" für unsere geplanten AR Szenarien bietet.

Die untenstehende Originalinstallation (**rot**) kann mittels AR um diverse neue Visualisierungs- und Erlebnisformate (**blau**) ergänzt werden.



Hinweis: die gezeigten Abbildungen waren erste Konzeptentwürfe

22 SZENARIOS, INTERAKTION UND MEHRWERTE

Unsere Projektvorschlag **"AR Erlebniswelt Meeresbiologie"** umfasste ursprünglich eine Anwendung mit drei unterschiedlichen Erlebnisformaten in einer App- und Ausstellungsinstallation.

Durch die Verwendung derselben Assets und vergleichbarer AR-Funktionalitäten war es möglich, im geplanten Kostenrahmen durch die erzielbare Synergien/Kosteneffizienz drei unterschiedliche AR Erlebnisse umzusetzen.

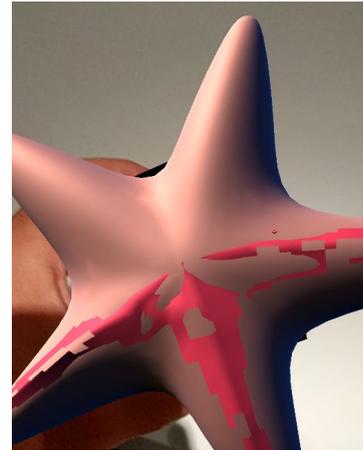
Im Projektverlauf entstand basierend auf den verfügbaren Assets die Idee, zusätzlich ein AR-Portal zu realisieren.

- **Greifbare Objektexploration (AR-Cube Experience)**
 - Erforsche Objekte des Meeres
- **Erweiterte Visualisierung/Präsentation (AR-Stage Experience)**
 - Die Wissens-Show zum Tauchboot JAGO
- **Gamification im Ausstellungsbereich (AR-Arena Experience)**
 - Spaß bei einer Unterwasserjagd mit JAGO
- **Exploration im Raum/am Objekt (AR Portal Experience) - NEU**
 - Erkundung des Innenraums der JAGO

221 Greifbare Objektexploration (AR-Cube Experience)

ARBEITSTITEL "Erforsche Objekte des Meeres"

FINALER TITEL "Die Meereswelt begreifen"



SZENARIO: In diesem Teil der Anwendung erhalten die Besucher die Möglichkeit, die hinter Glaszylindern verborgenen **Ausstellungsobjekte mittels AR Technologien im Wortsinne zu "begreifen"**.

INTERAKTION: Die Besucher verwenden hierzu **neben einem Tablet einen AR-Cube** der als AR Marker fungiert und auf den das gewählte Objekt mittels AR projiziert wird. Der Cube hat in etwa die Größe eines Rubik-Cube Würfels und kann somit gut in der Hand gehalten und bewegt werden. Dadurch ergibt sich ein "Mixed-Reality" Erlebnis, welches einen intensiven Erlebniseindruck aus der Kombination des haptischen und visuellen Effekts ermöglicht.

MEHRWERTE: Der Besucher kann die sonst hinter Glas verborgenen **Objekte im Wortsinne "begreifen"** und erhält ein intensiveren Erlebniseindruck mit haptischen, visuellen und zusätzlichen informativen Elementen. Dem Museum werden Möglichkeiten an die Hand gegeben, **zusätzliche Fakten und Erlebnisformate zu bestehenden Exponaten** anzubieten und im Rahmen des museum4punkt0 Teilprojektes die Akzeptanz einer **neuen 3D Visualisierungsform** auszutesten.

TECHNIK: Die Funktionalität basiert auf klassischer **AR-Markererkennung**, angewandt auf ein geometrisches Objekt, dem AR Cube. Für die Realisierung kam als Technologie die MERGE Cube Plattform zum Einsatz (<https://mergevr.com/cube?cr=2735>), die entsprechende Hard- und Software bereitstellt. Für

den späteren Dauerbetrieb kann eine vergleichbare Funktionalität ggf. mit eigener HW/SW realisiert werden.

ERWEITERUNGEN: Bei Verwendung einer für die Nutzung auf Smartphones optimierten Version und einem zugehörigen **AR/VR Mobile Headset** könnte das Mixed-Reality-Erlebnis mit zwei Händen erlebt werden. Diese Option steht in der Testanwendung nicht zur Verfügung.

222 Erweiterte Visualisierung/Präsentation (AR-Stage Experience)

ARBEITSTITEL "Die Wissens-Show zum Unterwasserfahrzeug JAGO"

FINALER TITEL: "Abtauchen mit JAGO"



SCENARIO: In diesem Teil der Anwendung erhalten die Besucher eine **3D Präsentation des Unterwasserfahrzeuges JAGO** auf der Ausstellungsfläche, zusammen mit wissenswerten Fakten in Form einer **interaktiven, multimedialen Präsentation**.

INTERAKTION: Die Besucher haben über ein bereitgestelltes **Tablet** die Möglichkeit, das Unterwasserboot JAGO in der Mitte der Ausstellungsfläche zu platzieren und sich über verschiedene **3D Ansichten** zusammen mit **multimedialen Visualisierungselementen** (Bildern, Video, Text) zu informieren. Informationen wählt er über **Hotspots** am 3D Objekt aus oder über **Navigationsbuttons** auf dem Tablet.

MEHRWERTE: Die Besucher können das derzeit gar nicht als reales Objekt ausgestellte Exponat auf einer virtuellen **AR Bühne** erkunden, die inmitten des Exponates entsteht. Neben verschiedenen **Visualisierungsmöglichkeiten** von JAGO in 3D und der Erklärung des Objektes selbst entsteht für das Museum die Möglichkeit, das Exponat um eine Vielzahl von **Zusatzinformationen** und **Visualisierungsformen** zu bereichern. Im Rahmen des museum4punkt0 Projektes können außerdem verschiedene **Optionen zur Generierung von 3D Daten** verglichen werden: von photogrammetrischen Verfahren basierend auf einem Miniaturmodell, über die manuelle Nachmodellierung bis hin zur Optimierung/Konvertierung von ursprünglichen 3D Konstruktionsdaten. Siehe hierzu unten den Punkt Anmerkungen.

TECHNIK: Das **AR Tracking** für die Erkennung der Präsentationsfläche im Exponat kann über Marker- oder Ground-Plane Erkennung realisiert werden. In der umgesetzten Version kommt ein speziell für das

Projekt angefertigter Marker (Plakat in der Größe 50 x 70 cm) zum Einsatz.

ERWEITERUNGEN: In späteren Ausbaustufen kann das im Prototyp als "Single-User-Anwendung" ausgelegte Erlebnis so erweitert werden, dass **geführte Themen-Präsentationen** durch einen Moderator möglich werden. Der Moderator steuert dabei die Präsentation. Die Besucher haben die Möglichkeit die 3D Objekte und zugehörigen Präsentationsinhalte aus ihrer individuellen Perspektive zu betrachten.

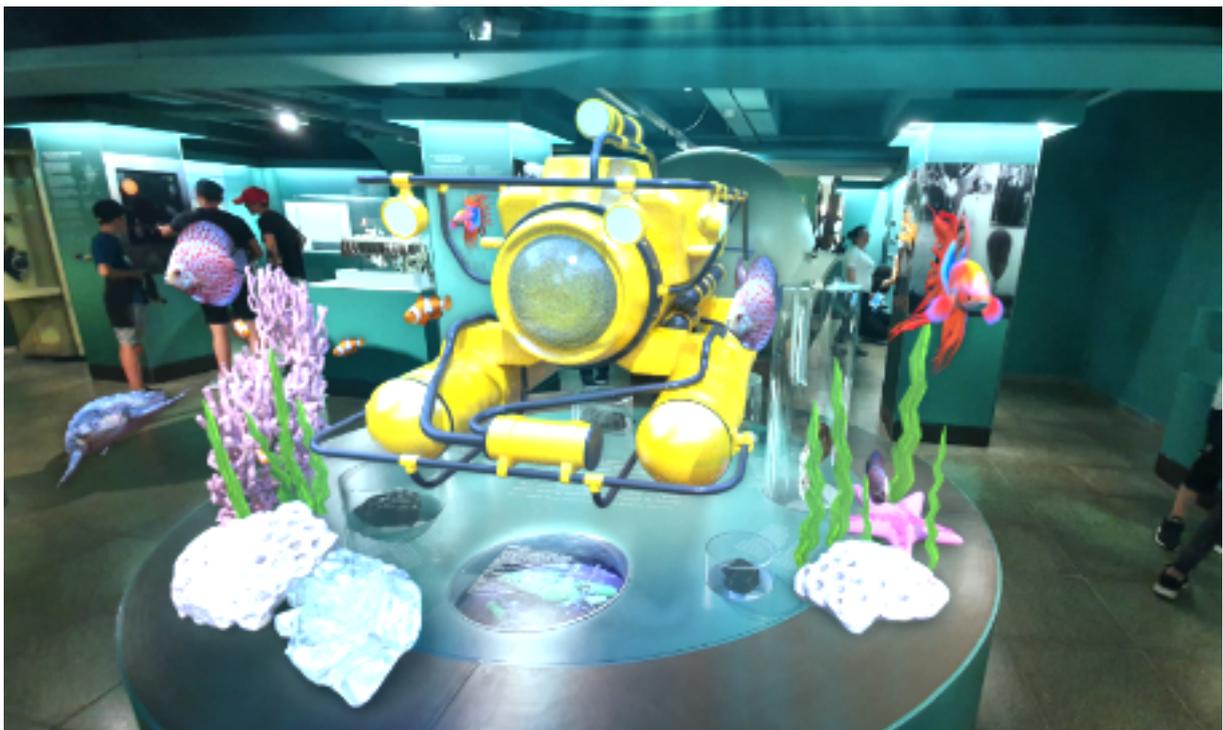
ANMERKUNG: Das Basis-3D-Modell des Tauchbootes haben wir freundlicherweise vom **GEOMAR JAGO Team** zur Verfügung gestellt bekommen.

<https://www.geomar.de/zentrum/einrichtungen/tlz/jago/jago-team/>

223 Gamification im Ausstellungsbereich (AR-Arena Experience)

ARBEITSTITEL "Gehe auf Unterwasserjagd mit dem Tauchboot JAGO"

FINALER TITEL "Gehe auf Beutefang"



SZENARIO: In diesem Teil der Anwendung wandelt sich der Ausstellungsbereich in eine **AR-Game Arena**, die den Besuchern die Möglichkeit gibt, kurz auf **Unterwasserjagd mit dem Tauchboot JAGO** zu gehen, und dabei Objekte vom Meeresgrund einzusammeln.

INTERAKTION: Der Besucher hat über ein bereitgestelltes **Tablet** die Möglichkeit, das Unterwasserboot JAGO in der Mitte der Ausstellungsfläche zu platzieren und nach dem Spielstart das **Boot so zu drehen**, dass er die in unregelmäßigen Abständen aufblinkenden Meeresobjekte über einen Fangstrahl einsammeln kann. Die im Exponat platzierten Glaszylinder werden hierbei als Zielbereiche verwendet.

MEHRWERTE: Der Besucher hat über diesen Gamification Ansatz die Möglichkeit, vorher erlerntes Wissen spielerisch "in Action" zu erleben. Das Deutsche Museum kann austesten, wie Gamification

Anwendungen mittels AR im Vergleich zu anderen AR Anwendungsformaten ankommen.

TECHNIK: Das **AR Tracking** für die Erkennung der Präsentationsfläche im Exponat kann über Marker- oder Ground-Plane Erkennung realisiert werden.

ERWEITERUNGEN: In späteren Ausbaustufen kann das Game in ein **Multi-User Erlebnis** überführt werden.

224 Erweitertes Ausstellungerlebnis (AR-Portal Experience)

FINALER TITEL "JAGO erkunden"

SZENARIO: In diesem Teil der Anwendung erhält der Benutzer die Möglichkeit, den Innenraum der JAGO anhand des 3D-Modells in annähernder Live-Größe, basierend auf einem 360° Panorama zu erkunden.

INTERAKTION: Der Besucher platziert zunächst das 3D-Modell der JAGO im Raum an einer geeigneten Stelle. Anschließend kann er den Innenraum der JAGO über das "Betreten" durch die Luke der JAGO erkunden.

MEHRWERTE: Der Besucher hat über diesen AR-Portal Ansatz die Gelegenheit, den Innenraum eines Ausstellungsobjektes zu erkunden, was ohne die reale Bereitstellung des entsprechenden Objektes - hier der JAGO - in Lebensgröße sonst nicht möglich wäre. Grundsätzlich erhält das Museum über den Einsatz von AR-Portalen die Möglichkeit, den vorhandenen Raum im Museum virtuell zu erweitern und explorative Ausstellungerlebnisse für eine Vielzahl von virtuellen Exponaten anzubieten, die in der realen Ausstellungsfläche entweder keinen Platz hätten bzw. bzgl. der Verfügbarkeit der Objekte evtl. gar nicht real verfügbar wären.

TECHNIK: Das AR-Portal basiert auf dem Zusammenspiel eines 3D-Modells und einer 360° Innenraum-Aufnahme. Betritt der Benutzer den Innenraum - dies wird durch einen Proximity-Trigger und die Bewegung des Benutzers im Raum gesteuert - wechselt die Anzeigeperspektive von dem AR-Modus (Kamera + 3D Modell) in die Panoramaaufnahme der 360° Innenraum-Aufnahme. Die Bewegung des Tablets wird über die Gyro-Sensoren getrackt und dadurch die Position des Tablets und damit der Betrachtung im Innenraum-Panorama geändert. Beim Benutzer entsteht so der Eindruck, dass er sich tatsächlich im Inneren des Tauchbootes bewegt.

23 TECHNISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

HARDWAREBEDARF

Die Funktionalitäten der Anwendung für die AR Erlebniswelt Meeresbiologie erfordern hardwareseitig lediglich **mobile AR Standard-Geräte**.

Als mobile AR Geräte kamen **iPads der neuesten Generation** - konkret iPad Pro 11 - zum Einsatz. Für die AR Cube Anwendung kamen noch zusätzlich **AR Cubes von MERGE** zum Einsatz.

Für den finalen Einsatz: die **Anzahl der Tablets/Smartphones/Cubes** richtet sich nach dem final geplanten Einsatzszenario. Für den Test der Funktionalitäten reicht jeweils ein Gerät. Die Konzeption der Erlebniswelt läßt aber unserer Ansicht nach den Einsatz von bis zu 3 Geräten zu - vergleichbar der derzeit im Einsatz befindlichen AR Anwendung in der Kaffee-Sonderausstellung.

Bauliche Veränderungen waren für den Test der Anwendung im Ausstellungsbereich/an den Exponaten **nicht erforderlich**. Lediglich die Anbringung eines Marker-Plakates ist notwendig.

AR-PLATTFORM

Die vorgestellten Funktionalitäten wurden basierend auf **gängigen AR Plattformen** wie ARKit von Apple (für die Basisanwendung) und Vuforia von PTC (für die Merge-Anwendung) implementiert, zusammen mit der AR Foundation Funktionalität von Unity implementiert.

Für die AR Cube Funktionalität kam ein lizenzfreies SDK von MERGE - verfügbar als Unity-Plug-in - zum Einsatz.

ENTWICKLUNGSUMGEBUNG/DEPLOYMENT

Für die Entwicklung der AR App des Projektes wurde **Unity** in der Version 2019.02.13f1 als Core-Entwicklungstool eingesetzt. Anfänglich waren Zusatzdienste wie **Unity Cloud Build** im Einsatz, die ein effizientes Kompilieren und das Deployment der Anwendung über die Cloud ermöglichten.

Nachdem im Projektverlauf die Merge-Cube-Implementierung startete, mußte ein Umstieg von Unity Cloud Build auf eine Mac-basierte Apple-Entwicklungsumgebung erfolgen, da speziell bei Projekten mit iOS als Zielplattform oftmals nur Projekte mit **Xcode** korrekt kompiliert werden können - was auch in unserem Falle relevant war.

Im Zusammenhang mit dem Umstieg auf Xcode stiegen wir bzgl. des Deployments/Testings auf die Anwendung **App Center** von Microsoft um.

Als Sourcecode-Repository kam **GitHub** zum Einsatz.

Für die Erstellung und Optimierung der Medien-Assets kamen gängige **Grafik- und 3D-Standardprogramme** wie z.B. Photoshop oder Cinema 4D vorgesehen, Im Bereich Projektmanagement-/Kommunikation kommt die Plattform **Podio** um Einsatz.

LIZENZBEDINGUNGEN

Um den Vorgaben zu entsprechen, ist geplant, die Anwendung **frei von einmaligen oder laufenden Lizenzgebühren** von 3rd Party Herstellern zu implementieren. Seitens DEXPERIO fallen für den Einsatz der Lösung keine Lizenzgebühren an.

WIEDERVERWENDUNG

Die Projektdateien werden so bereitgestellt, dass eine Wiederverwendung, z.B. **Veröffentlichung** auf GitHub möglich ist.

24 BETREUUNGSaufWAND

Der Betreuungsaufwand für die Anwendung (Hard-/Software und Zubehör) im Realeinsatz wird als gering eingeschätzt.

Nach der Festinstallation der Hardware (primär ausstellungstaugliche Tablet-HW mit Diebstahlschutz etc.) kann die Anwendung im "Selbstbedienungsmodus" von den Besuchern benutzt werden.

Das Gesamtsetup sowie die zugehörigen Betreuungsaufwände sind somit vergleichbar mit der AR Anwendung der Kaffee-Sonderausstellung.

30 | PROJEKTUMSETZUNG

Der folgende Abschnitt beschreibt Details zur Projektumsetzung

31 PROJEKTTEAM

Nachfolgend eine kurze Übersicht zu den Projektteams auf Auftraggeber- und Auftragnehmerseite.

DEUTSCHES MUSEUM

Das Projektteam seitens des Auftraggebers bestand hauptsächlich aus einem dedizierten Projektmanager, sowie dem zugehörigen Team aus dem Bereich Deutsches Museum Digital.

Darüber hinaus wurde die Kuratorin der Meeresbiologieausstellung und eine externe Expertin hinzugezogen.

NAME	E-MAIL	ROLLE
Klaus Henkensiefken	c.henkensiefken@deutsches-museum.de	Projektleiter DM
Georg Hohmann	g.hohmann@deutsches-museum.de	Leitung DM Digital
Andrea Geipel	a.geipel@deutsches-museum.de	Projektkoordinatorin
Daniela Menge	d.menge@deutsches-museum.de	Kuratorin Schifffahrt
Karen Hissmann	khissmann@geomar.de	Externe Begleitung JAGO

DEXPERIO

Für das Projekt wurde seitens DEXPERIO ein dediziertes Team von geeigneten Spezialisten bereitgestellt. Neben zwei erfahrenen Projektmanagern und Konzeptentwicklern waren an der Projektumsetzung zwei Software-Entwickler (Senior-/Junior XR Developer) sowie ein 3D Design/Multimedia-Spezialist beteiligt.

NAME	E-MAIL	ROLLE
Thomas Fickert	thomas.fickert@dexperio.net	Project Management/Client relations
Richard Joerges	richard.joerges@dexperio.net	Stellvertr. PM/QA
Julius Kreutz	julius.kreutz@dexperio.net	XR Software Engineer

Alexander Hofmann	alexander.hofmann@dexperio.net	Senior XR Software Engineer
Gulliver Klauser	gulliver.klauser@dexperio.net	3D Design/Engineering

Die Zusammenarbeit der Teams während dem Projektverlauf erfolgte in Form von mehreren persönlichen **Meetings** vor Ort und begleitenden **Conference Calls**.

Darüber hinaus hat DEXPERIO an der **Veranstaltung** "Das Digitale Objekt II" im Deutschen Museum teilgenommen, und diese aktiv durch die Moderation einer eigenen Barcamp-Session unterstützt, bei der der aktuelle Projektverlauf vorgestellt wurde.

Siehe hierzu das entsprechende Preview-Video: <http://bit.ly/ar-dmu>

32 PROJEKTVERLAUF

Nachfolgend ein kurzer Überblick zum Verlauf der Projektentwicklung des AR Prototypen für das Deutsche Museum.

PROJEKTPLAN

Im Anhang befindet sich der ursprüngliche **Projektplan**, der im Rahmen der Projektbewerbung vorgelegt wurde.

PROJEKTVERLAUF

Der tatsächliche Projektverlauf wich vom ursprünglichen Projektplan ab, da für die Implementierung seitens des Auftraggebers ein erweiterter Umsetzungszeitraum eingeräumt wurde.

- **Phase 1: Mitte September bis Mitte Dezember**
In der ersten Projektphase beginnend mit einem Kick-off Meeting wurde der Programmrahmen (design-/ und implementierungstechnisch) gelegt, sowie die Grundlagen für die Finalisierung der App in Phase zwei geschaffen. Neben dem finalen App-UI wurden insbes. die 3D Assets entwickelt und optimiert, sowie das Core-Programm-Framework entwickelt. Die Phase 1 wurde mit der Veröffentlichung einer Preview-Version anlässlich des Events "Das Digitale Objekt II" und der Vorstellung des aktuellen Projektstandes beim Deutschen Museum Mitte Dezember abgeschlossen.
- **Phase 2: Anfang Januar bis Mitte Februar**
In der zweiten Projektphase erfolgte die Implementierung/Finalisierung der Funktionalitäten der einzelnen Experiences. Im Fokus war zunächst die Merge-Experience, im Anschluß erfolgte die Implementierung der Simulation und des Gameplays, da diese hinsichtlich Augmentierung und Tracking dieselbe Basis besitzen. Die Finalisierung des AR-Portals wurde zurückgestellt, da

technische Probleme bei der Umsetzung auftragen. Es ist geplant die AR-Portal Funktionalität zu einem späteren Zeitpunkt nachzuliefern.

33 IMPLEMENTIERUNG

Der nachfolgende Abschnitt dokumentiert Implementierungsdetails zu den wesentlichen Implementierungsberichen wie Design/UX, Medienproduktion, Programmierung sowie Testing & QA.

331 Design / UX

UI-DESIGN APP

Das **grundlegende UI-Design** der App orientiert sich an dem Design der öffentlich verfügbaren App des Deutschen Museums.

Diese Designentscheidung soll eine ggf. spätere geplante Integration der Funktionalitäten in die bestehende Anwendung potentiell vereinfachen.

IMMERSIVE UI

Bei der Implementierung von immersiven Erlebnissen stellt sich die desigtechnische Frage, in welchem **Kontext die Visualisierung bzw. Interaktion** des Erlebnisses jeweils stattfinden soll.

Es sind grundsätzlich zwei verschiedene Hauptszenarien, die in diesem Zusammenhang zu betrachten sind:

- **Interaktion/Visualisierung erfolgt am Endgerät, über das die AR Anwendung gesteuert wird**
In diesem Fall wird über ein UI, welches vom Benutzer dem Endgerät/der App zugeordnet wird, die Steuerung der Anwendung vorgenommen.
In unserem Fall kommt eine Steuerleiste am unteren Bildschirmrand zum Einsatz. Dort stehen verschiedene Funktionen zur Verfügung, die sowohl die App selbst (z.B. Navigation zu verschiedenen Menüpunkten etc.) abdecken, aber auch die Steuerung der Visualisierung/Interaktion mit dem in der AR Szene dargestellten Objekten ermöglicht.
In unserem Falle wird z.B. die Steuerung der Simulationssequenz über die Tasten gesteuert, oder die Einblendung von Zusatzinformationen in der Merge-App oder auch die Steuerung des Gameplays über ein virtuelles On-Screen-Steuerpanel.
- **Interaktion/Visualisierung erfolgt im augmentierten Raum: In diesem Fall befinden sich die Interaktionselemente/-trigger direkt am 3D Objekt oder im augmentierten Raum.** So kann z.B. ein Element - in unserem Fall z.B. die Luke des JAGO Tauchbootes - durch Berührung oder einen Proximity-Trigger etc. eine Aktion auslösen.
Wir haben auf diese direkte Interaktion in der Anwendung für die Simulation und das Gameplay verzichtet, da aufgrund des Ausstellungsaufbaus die virtuellen Objekte nicht besonders gut

direkt zugänglich sind. Die augmented Ausstellunginsel dient eher als Bühne für die die Visualisierung des Erlebnisses. Bei der Merge-Experience ist ebenso keine augmented Informationsvisualisierung vorhanden, sondern eine On-Screen-Visualisierung. Dies hat im Falle der Merge-Experience aber primär seinen Grund in der Tatsache, dass die Visualisierung der Objekte auf dem Bildschirm nicht genug Platz für eine augmented Informationsvisualisierung bietet.

Auf einen **Wechsel der Immersiven UI-Modi** wurde verzichtet. So hätten wir beispielsweise die Video-Wiedergabe in der Kachel der augmented Ausstellungsvisualisierung bei Anklicken auf einen Vollbildmodus zur Anzeige in der App und wieder zurück umsetzen können. Bei künftigen Implementierungen könnte dieses Design-Element jedoch zusätzliche Flexibilität für die Nutzung bereitstellen.

IMMERSIVE EXPERIENCES

Die Anwendung wurde zunächst primär für die Verwendung im Ausstellungsbereich Meeresbiologie des Deutschen Museums konzipiert. Wir haben zusätzlich Erlebnis-Modi implementiert, die neben der Augmentierung der echten Ausstellung vor Ort den Einsatz der Anwendung auch außerhalb ermöglichen.

- So kann die **AR-Cube Experience** (Merge) auch ohne den Merge-Cube verwendet werden; die Platzierung der Meeresobjekte erfolgt dann mittels Groundplane-Erkennung auf einer beliebigen Oberfläche.
- Bei der **AR-Stage Experience** (Simulation) besteht die Möglichkeit, die komplette Ausstellunginsel per Groundplane-Erkennung an einen beliebigen Ort zu platzieren und dasselbe visuelle Erlebnis wie im AR-Modus in der Ausstellung zu betrachten.
- Bei der **AR-Arena Experience** (Game) besteht ebenso wie bei der AR-Stage Experience die Möglichkeit das Spiel samt der Ausstellunginsel außerhalb der Ausstellung zu erleben.
- Die **AR-Portal Experience** ist ohnehin dafür ausgelegt, das Objekt virtuell an einem beliebigen Ort zu platzieren, und kann somit sowohl innerhalb als auch außerhalb der Ausstellung erlebt werden.

332 Medienproduktion

Der folgende Abschnitt beschreibt Details zur Medienproduktion der AR Prototypenanwendung aus dem Bereich Meeresbiologie.

3D-ASSETS

Die im Projekt verwendeten 3D Assets stammen aus den folgende drei Quellen:

- **GEOMAR:** 3D Modell JAGO Tauchboot

Das JAGO Tauchboot wurde uns freundlicherweise direkt von GEOMAR zur Verfügung gestellt. Wenngleich das Format bereits für den Einsatz von Echtzeitvisualisierungen vorbereitet war war - das Modell enthielt lediglich die Außenhülle -, mußten wir die Polygonanzahl nochmals deutlich verringern um eine bessere Performance in der iPad Anwendung zu erhalten. Darüberhinaus haben wir das Modell hinsichtlich der Texturen etc. nachbearbeitet und Teile des Objektes, z.B. die Propeller, für die Verwendung in der App animiert.

- **Deutsches Museum:** 3D Modelle der Meeresobjekte

Die 3D Meeresobjekte wurden durch die Scanabteilung des Deutschen Museums unter Verwendung hochwertiger 3D-Scanner von Zeiss bereitgestellt. Die Nachbearbeitung der Modelle erstreckte sich lediglich auf einige kleinere formattechnische Änderungen, die nötig waren, da einige der initial gelieferten Objekte nicht direkt in der Entwicklungsumgebung importierbar bzw. darstellbar waren.

- **DEXPERIO:** 3D Ausstellungsmodell & 3D Content-Assets

Als Hilfsmittel für die Entwicklung, aber auch für die Bereitstellung des Erlebnisses außerhalb der Anwendung, haben wir den kompletten Ausstellungsaufbau, d.h. die JAGO Plattform aus der Meeresbiologie-Ausstellung als 3D Modell virtuell modelliert. Aufgrund der einfachen Geometrie dienen als Grundlage hierzu manuelle Messungen und Fotos.

In einem komplexeren Ausstellungsaufbau hätten wir Technologien eingesetzt, die über entsprechende Verfahren Point-Cloud-Modelle samt Texturen des Ausstellungsbereiches als Basis generiert hätten.

Neben dem Ausstellungsaufbau haben wir einige weitere 3D Modelle/Animationen (z.B. Luftblasen-Animationen, Fische etc.) selbst entwickelt.

UI-ASSETS

Die UI-Assets (Texte, UI-Elemente etc.) wurden aufgrund des Prototyp-Charakters der Anwendung direkt aus dem **Storyboard** übernommen und überwiegend in Form von **Grafiken** zur Integration in die Anwendung bereitgestellt.

Aufgrund der bekannten Zielplattform und damit einer festen Bildschirmauflösung etc. führt diese Verfahren zu keinen Einbußen der Darstellungsqualität.

BILDER & VIDEOS

Bilder und Videos wurden basierend auf bereitgestelltem Material - überwiegend direkt von **GEOMAR**- bzw. aus Web-Recherchen aus dem Internet übernommen bzw. selbst in der Ausstellung von uns generiert.

Die Verwendung der Materialien von GEOMAR ist lizenzrechtlich abgesichert. Zusätzliches

Bild-/Videomaterial wurde aus öffentlich zugänglichen Quellen aus dem Internet übernommen.

TEXT

Die verwendeten Texte wurden größtenteils direkt aus der Ausstellung übernommen. Wir haben die **Texttafeln** in der Ausstellung in "virtuelle Texttafeln" für die Anwendung überführt. Dabei wurde bewußt auf eine an die Ausstellung angepaßte Gestaltung (Farbe/Typografie) geachtet.

SOUND

Um das Anwendungserlebnis reichhaltiger zu gestalten wurden **lizenzfreie Sounds** sowie tlw. direkt in der Ausstellung aufgenommene Soundschnipsel verwendet.

333 Programmierung

PLATTFORMEN/TOOLS

Für die Implementierung wurde **iOS** (Version des bei DEXPERIO eingesetzten iPad Pro 11 war 13.3.1) als Zielplattform gewählt, da derzeit die Visualisierungsqualität für AR Anwendungen im Zusammenhang mit ARkit am höchsten scheint. Die verwendete **ARkit** Version ist 3.1.0 - Preview.

Um Optionen für eine spätere Portierbarkeit auf andere Plattformen (z.B. ARCore) offenzuhalten, erfolgte die Implementierung der AR Funktionaliten mittels der **AR Foundation** Plattform (Verwendete Version 3.1.0 Preview 4).

Zusätzlich kam das **Merge SDK** (Version 1.2.2) , welches seinerseits **Vuforia** (Version 8.6.7) als Grundlage verwendet , zum Einsatz.

Als Hauptimplementierungsplattform kam **Unity** in der Version 2019.02.13f1 zum Einsatz.

Auf ein zwingendes Upgrade auf die jeweils aktuellsten Versionen des Haupt-Tools sowie der zugehörigen Komponenten wurde aus pot. auftretenden Kompatibilitätskonflikten während dem Projektverlauf verzichtet.

MEHRAUFWÄNDE/ZEITVERZÖGERUNGEN

Im Projektverlauf gab es die folgenden Ereignisse/Erkenntnisse, die Mehraufwand und Zeitverzögerungen bei der Implementierung bedeuteten:

- **Merge-Build-Probleme mit Unity Cloud-Build** -> erforderte Umstieg auf Xcode als natives Build Tool
- **Versionsupdates bei iOS** -> erforderten kaskadierende Updates der Entwicklungsumgebung Xcode sowie der Betriebssystemversion von MacOS, was - wie bei MacOS Updates durchaus vorkommen kann - leider nicht problemlos funktionierte. So mußten wir die komplette

Entwicklungsumgebung auf einem anderen Rechner neu aufsetzen.

- Während der Entwicklung waren zwischenzeitlich die **Lizenzserver von Vuforia** mehrere Tage nicht erreichbar, was das Weiterentwickeln und Testen der Merge Funktionalität verzögerte, da beim Build-Prozess die entsprechenden Lizenzen nicht abgerufen werden konnten, und somit die Funktionalität in der fertigen Anwendung nicht zur Verfügung stand.
- Im Zusammenhang der Entwicklung verschiedener Animationen haben wir den Umstieg der Standard **Unity Renderpipeline** auf die Unity Leigtweight Render Pipeline (LWRP) getestet, die optimierte 3D Performance und -Qualität insbes. für mobile Endgeräte verspricht. Die Ergebnisse waren nach den ersten Tests nicht zufriedenstellend, so dass wir das Projekt wieder auf die Standard Pipeline zurückmigriert haben.

TRACKING

Einer der technischen Hauptaspekte der umgesetzten AR Anwendung betrifft das Tracking der Ausstellungsumgebung. Hauptzielsetzung der Anwendung war ja, insbes. die bestehende Ausstellunginsel um zusätzliche Inhalte und Erlebnisformate anzureichern.

Eine hohe Erlebnisqualität wird hierbei dadurch erreicht, dass die Platzierung der virtuellen Objekte möglichst positionsgenau und stabil in die reale Umgebun erfolgt.

Wir haben hinsichtlich des Tracking folgende Ansätze berücksichtigt:

- **3D-Modell-Tracking**
Basierend auf dem maßstabsgetreuen Nachbau der Ausstellunginsel war eine Überlegung, das Tracking an diesem Modell direkt vorzunehmen. Aufgrund der Beschaffenheit des Materials (transparente Zylinder) und der Lichtverhältnisse vor Ort haben wir jedoch von dieser Variante abgesehen, da zu erwarten war, dass dieser Tracking-Ansatz zu keiner realisierbaren Variante führen würde.
- **World-Tracking/Groundplane**
Aktuelle AR Plattformen ermöglichen die Augmentierung von realen Umgebungen durch Technologien wie Groundplane Erkennung. Da für unsere Zwecke die Platzierung der 3D Objekte sehr präzise im Raum erfolgen muß, haben wir von einer Groundplane-Platzierung mit evtl. nötiger Positions-Nachjustierung durch den Benutzer abgesehen.
Wir haben jedoch die Möglichkeit implementiert, via Groundplane-Platzierung die komplette Ausstellunginsel samt der Exponate auch außerhalb der Originalumgebung virtuell erlebbar zu machen
- **Visual Tracking am Objekt**
Um eine positionsgenaue Platzierung zu erreichen haben wir versucht, ein visuelles Objekt der

Ausstellunginsel als Marker zu verwenden. Wir haben die runde, leicht eingelassene Erklärungstafel zur JAGO hierfür getestet. Dabei haben wir festgestellt, dass das Tracking nicht stabil ist und von dieser Variante abgesehen. Anekdote: in der Projektabschlussphase hat sich die Abdeckplatte von diesem Objekt in der Ausstellung gelöst. Zur Fixierung wurde reichhaltig schwarzes Tape verwendet, was die Verwendung als Marker vermutlich zunichte gemacht hätte.

- **Visual Tracking via Marker**

Diese klassische Methode des Trackings haben wir vor dem Hintergrund gewählt, dass sie sehr stabile Ergebnisse des Trackings erlaubt und die Platzierung des Markers in der Mitte der Ausstellunginsel sich auch harmonisch in die Ausstellung einfügt.

334 Testing & QA

TESTING VOR ORT

Im Zusammenhang mit der Konzeptfinalisierung, der Objekterfassung/-Vermessung sowie dem Austesten der verschiedenen Tracking-Möglichkeiten fanden ca. **10 Besuchstermine** des Projektteams während des Projektzeitraumes direkt vor Ort in der Meeresbiologie-Ausstellung statt.

VIRTUELLES/MARKERBASIERTES TESTING

Um eine Entwicklung der Anwendung auch außerhalb der realen Ausstellunginsel möglich zu machen haben wir auf das **3D Modell der Ausstellunginsel** zurückgegriffen. Dies hat uns ermöglicht, die Visualisierung und Entwicklung der Augmentierung positionsgenau im Raum vornehmen zu können, ohne vor Ort sein zu müssen.

Eine korrekte Platzierung der Augmentierung in der realen Ausstellung ist gewährleistet durch das Platzieren des Markers am Ausstellungsobjekt.

ANZAHL TESTBUILDS

Während des Implementierungszeitraumes wurden bis zur aktuellen Version dieser Dokumentation 22 Builds über Unity Cloud Build generiert, sowie 40 über Xcode, d.h. insgesamt über **60 Builds**.

40 | PROJEKTERFAHRUNGEN

Der folgende Abschnitt dokumentiert die wichtigsten während der Projektumsetzung gewonnenen Erkenntnisse.

41 HAUPTERKENNTNISSE

Nachfolgend werden die gewonnenen Projekterkenntnisse aus der Sicht des Implementierungspartners kurz dargestellt.

411 Konzept

Beim Vergleich des ursprünglichen Konzepts und dem erreichten Implementierungsstand kann aus Sicht des Implementierungspartners das Fazit gezogen werden, dass die umgesetzten Funktionalitäten und Erlebnisse im Rahmen des Projektes die ursprünglichen Erwartungen technisch voll erfüllen.

Der Stand der aktuell bereits zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten ist aus unserer Sicht ausgereift und bestens geeignet, um bereits heute innovative AR-Konzepte und -Erlebnisse in die Planung und Umsetzung von Ausstellungserlebnissen zu integrieren.

Das erreichte Projektergebnis hat hinsichtlich der inhaltlichen und qualitativen Umsetzung versucht aufzuzeigen, welche erweiterten Ausstellungserlebnisse möglich sind, besitzt jedoch nicht zuletzt aufgrund des zur Verfügung gestandenen Budgets nicht den Anspruch das maximal Machbare erzielt zu haben.

412 Medien/Assets

Entgegen der Erfahrungen in vergleichbaren Projekten, hat sich der Aufwand für die Aufbereitung bzw. Erstellung insbes. der 3D-Assets als geringer als üblich herausgestellt.

Maßgeblich dafür verantwortlich war einerseits die Bereitstellung von bereits pre-optimiertem Material seitens GEOMAR (JAGO-Modell) sowie die Bereitstellung sehr hochwertiger 3D-Daten aus Scans seitens des Deutschen Museums, die nur sehr geringen Nachbearbeitungsaufwand erforderten.

Als Learning für vergleichbare Projekte ist zu nennen, dass dem Aufwand bzw. der Auswahl der zu augmentierenden Umgebungen/Objekte ein besonderes Augenmerk zu schenken ist.

413 Programmierung

Die Integration verschiedener AR-Stacks führt mitunter zu technischen Abhängigkeiten/Problemen, die zu Mehraufwand führen können.

In unsere Anwendung haben wir neben AR-Foundation als "Bindeglied" in Unity ARkit für die iOS Plattform, sowie das Merge-SDK basierend auf Vuforia verwendet.

Es hat sich gezeigt, dass die Verwendung verschiedener SDKs im Zusammenspiel - wie zu erwarten war - tlw. Nebenwirkungen hat und zu unerwünschten Nebeneffekten führt, die Mehraufwand im Bereich Debugging/Fixing erfordern.

So hat z.B. das Merge-SDK/Vuforia eine spezielle Form der Implementierung der einzelnen App-Teile erfordert, da es globale Objekte in der Merge-Szene gab, die sich auf die Funktionalität in den anderen Programmteilen ausgewirkt haben.

414 Akzeptanz/Attraktivität

Über die Akzeptanz bzw. Attraktivität entwickelten AR Erlebnisse lässt sich noch kein abschließendes Résumé ziehen, da noch keine Auswertungen der befragten Museumsmitarbeiter bzw. von Museumsbesuchern vorliegen.

Die Reaktionen von Besuchern, die das Projektteam während der Entwicklung der Anwendung vor Ort erfahren durfte, sind jedoch sehr vielversprechend.

42 PROGRAMMTEILE

Nachfolgend werden spezifische Learnings beschrieben, die den einzelnen Anwendungsteilen der App generiert wurden.

421 AR-Cube Experience (Merge)

OBJEKT- VERSUS CUBE-GRÖSSE

Die Hauptidee der Merge-Cube Anwendung ist, dem Benutzer ein "haptisches" Erlebnis zum "Begreifen" der Objekte zu bieten. In unserem Fall sind dies die in den Glaszylindern vorhandenen Meeresobjekte.

Um den "Begreifen"-Effekt zu erzielen, muß - anders als bei abstrakten Merge-Anwendungen, bei denen künstliche virtuelle Welten erschaffen werden, die sich den Gegebenheiten des Cubes anpassen können - die reale Größe der Objekte im Zusammenspiel mit der Bildschirmgröße berücksichtigt werden.

In unserem Falle führte dies dazu, dass aufgrund der benötigten Visualisierungsgröße für den haptischen Effekt und der Größe des Tablet-Bildschirms der **Merge-Cube tlw. sichtbar** wird und nicht vollständig

verdeckt werden kann, was aus unserer Sicht jedoch kein Problem darstellt. Eine Möglichkeit wäre, den Cube ggf. mit einer Textur zu überdecken. Von dieser Möglichkeit haben wir im Rahmen der Prototypentwicklung abgesehen.

Ein weiterer Aspekt ist die **Harmonisierung der Objektgrößen** bei einer sequentiellen Experience. Wir haben zwei Objekte (schwarzer Raucher und Korallenschwamm), die sich hinsichtlich ihrer Größe im Vergleich zu den anderen Objekten unterscheiden. Wir haben diese soweit "harmonisiert", dass der Unterschied bemerkbar ist, jedoch die User-Experience in der Merge-Anwendung nicht darunter leidet.

AUGMENTIERTE ZUSATZFUNKTIONALITÄT

Neben der Objektvisualisierung (Mapping der Objekte auf dem Merge-Cube) stellt sich die Frage, wie man **Zusatzinformationen und Interaktivität** in das Erlebnis integriert.

Aufgrund des begrenzten Platzes auf dem Bildschirm (wir wollten den Objekten den größten Raum im Erlebnis einräumen) haben wir von der Einblendung von Zusatzinformationen am Objekt abgesehen, und diese über optional einblendbare Info-Overlay-Fenster am unteren/oberen Bildschirmrand gelöst. Der Benutzer hat so die Möglichkeit selbst zu entscheiden, ob er nur das Objekt betrachten möchte, oder eine Kombination aus Objekt und Zusatzinformation.

422 AR-Stage Experience (Simulation)

WORLD-MAPPING

Bei der Simulationsanwendung ist die Integration der virtuellen Objekte in die Reale Szene eine der Haupt-Herausforderungen.

Es geht bei AR ja primär darum, die reale Welt mit digitalen Zusatzvisualisierungen anzureichern. Damit stellt die Anordnung/Gestaltung der Ausstellunginsel die wesentlichen Möglichkeiten bereits bereit.

In unserem Fall war das Setup mit Vor- und Nachteilen versehen. Vorteil war neben der einfachen runden geometrischen Grundform der Ausstellunginsel die Tatsache, dass der mittlere Bereich weitgehend frei als "Bühne" für das AR Erlebnis nutzbar war.

Ein potentieller Nachteil hingegen war die Art und Weise, die wie Glaszylinder in die Szene integriert waren. Insbes. eine der Säulen (Korallenschwamm) war deutlich höher als die anderen, was aufgrund der zu vermeidenden Kollisionen der digitalen Objekte mit dem realen Ausstellungsaufbau besondere Berücksichtigung erforderte.

Wir haben die Platzierung und Visualisierung der Zusatzinformationen so gewählt, dass das vorhandene räumliche Setup zusammen mit den ergänzten Objekten eine harmonische Einheit bildet, die die räumlichen Gegebenheiten berücksichtigt und nicht überladen wirkt.

423 AR-Arena Experience (Game)

ANPASSUNG SPIELKONZEPT AN UMGEBUNG

Die Gestaltung eines Spiels, welches ein bestehendes Ausstellungsobjekt bzw. eine Ausstellungsinsel augmentiert, erfordert eine sorgfältige Planung bzw. Anpassung des Spielaufbaus und der Spielmechanik.

Während ein Spieledesigner bei der Gestaltung eines Standard digital Games weitgehend freie Hand bzgl. der Gestaltung der Play-Area und des Spiels hat, sind durch die vorhandenen Gegebenheiten in einer Ausstellung Rahmenbedingungen gegeben, die es zu berücksichtigen gilt.

In unserm Falle war die **inhaltliche Basis** die Möglichkeiten der Ausstellungsinsel: ein Tauchboot und Meeresobjekte; so war es naheliegend eine Kombination zu finden, die diese Objekte spielerisch vereint. Wir haben uns deshalb dazu entschieden, einen "Beutefang" als Spielprinzip zu konzipieren, bei dem über die Steuerung des Tauchbootes Meeresobjekte eingesammelt werden können.

Der Aufbau der Ausstellungsinsel hat auch das **Design der Play-Area** vorgegeben, nämlich ein kreisförmiger Aufbau der Meeresobjekte - orientiert an dem tatsächlichen Aufbau in der Ausstellung - sowie die Platzierung des Tauchbootes in der Mitte.

KOMPLEXITÄT/DAUER UND SPIELSPASS

Das Anbieten eines Mini-Games in einem Ausstellungssetup erfordert die Wahl eines angemessenen Komplexitätsfaktors für die Erreichung des maximalen Spiel-Spases.

In einem Ausstellungs-Setup gehen wir von einer durchaus hohen Benutzerfrequenz aus, d.h. ein Spiel sollte nicht zu lange von der Spieldauer her sein, um möglichst vielen Besuchern die Möglichkeit zur Nutzung zu ermöglichen.

Darüberhinaus muß das Spiel hinsichtlich seiner Komplexität (Verständnis des Spielkonzeptes sowie der Steuerung) vom Benutzer in kürzester Zeit verstanden und bedient werden können, um Frustration zu Vermeiden und einen maximalen Spielspaß zu ermöglichen.

Wir haben uns für eine Spieldauer von 60 Sekunden entschieden. Die Bedienung erfolgt über ein On-Screen Bedienpanel, bei der im wesentlichen grüne und rote Schaltflächen zu betätigen sind, die mit der Visualisierung des Spieleablaufs im AR Overlay harmonisieren.

424 AR-Portal Experience (Portal)

Die Idee zur Implementierung der zusätzlichen AR Portal Experience entsprang aus der Verfügbarkeit einer 360° Panorama-Aufnahme des Innenraums des JAGO Tauchbootes und dem vorhandenen 3D Modells.

Da es hinsichtlich der Implementierung dieser zusätzlichen Idee technische Probleme bei der Integration/Adaption eines vorhandenen AR Portal Beispiels für die AR Foundation Funktionen in Unity gab, haben wir die Fertigstellung zurückgestellt und stattdessen ein Beispielvideo in die Anwendung integriert, welches die AR Portal Experience vorab zeigt.

Es ist geplant, die AR Portal Experience zu einem späteren Zeitpunkt nachzuliefern.

43 PROJEKTAUFWÄNDE/KOSTEN

Wird nach Rücksprache noch ergänzt..

431 Aufwände Soll-/Ist-Vergleich

tbd

432 Kostenschätzung Vollimplementierung

tbd

90 | **AHHANG**

91 TBD