

Konzept und Vision

Motion Capture für E-Learning

ausgearbeitet von

Lali Nurtaev und Tristan Schmele

vorgelegt an der

TECHNISCHEN HOCHSCHULE KÖLN
CAMPUS GUMMERSBACH
FAKULTÄT FÜR INFORMATIK UND
INGENIEURWISSENSCHAFTEN

im Studiengang
MEDIENINFORMATIK (M.A.)

Projektleiter: Prof. Dr. Horst Stenzel
Technische Hochschule Köln

Betreuer: Jannis Möller
Technische Hochschule Köln

Gummersbach, 24. März 2022

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	2
2. Anforderungsmanagement	3
2.1. Stakeholderanalyse	3
2.2. Nutzergruppen	3
2.3. Anforderungen	4
3. Marktrecherche	6
3.1. Bestehende Produkte	6
3.1.1. 3D Animation	6
3.1.2. E-Learning	7
3.2. Bestehende Frameworks	8
3.3. State of the Art	8
4. Avatar Animation	10
4.1. Modell	10
4.2. Autorigging	10
5. Systemarchitektur	11
5.1. Motion Capture	11
5.2. Geeignete Frameworks	11
5.3. Architektur-Empfehlungen	12
6. Prototyp	13
6.1. Erstellung in Figma und Anima	13
6.2. Nutzerinterviews	14
7. Zusammenfassung und Ausblick	15
8. Fazit	16
Abbildungsverzeichnis	17
Tabellenverzeichnis	18
Literaturverzeichnis	20
A. Anhang	21
A.1. Webquellen	21
A.2. Prototyp	27

1. Einleitung

Während der Covid-19 Pandemie wurde auf Onlineunterricht gesetzt, um den Lehrstoff auch während Quarantäne und Lockdown weiter anbieten zu können. Dieser wird mit Hilfe von Videokonferenz Programmen, wie Zoom oder Teams, angeboten. Unterrichtsinhalte können hierbei mit Videoübertragung oder durch das Teilen der Bildschirminhalte der Lehrkraft mit den Schülern geteilt werden, ohne in einem Klassenzimmer sitzen zu müssen.

Diese Form des Onlineunterrichts ist allerdings nicht für alle Fachbereiche angemessen. Zum Beispiel lassen sich in Videokonferenzen Inhalte vor allem verbal und visuell teilen, was nicht für alle Fachbereiche ausreichend Informationen bietet, um die Lehrinhalte zu vermitteln. Gerade bei sportlichen Themen ist es schwierig Bewegungsabläufe zu demonstrieren und ebenso schwierig den Lernenden Materialien zur Verfügung zu stellen, um diese Abläufe zu üben.

Das Ziel dieses Projekts ist es ein E-Learning Angebot zu konzipieren, welches unter Einsatz von Motion Capture und 3D Avataren Lehrkräften die Möglichkeit bietet, Materialien für solche Anwendungsfälle zu erstellen und mit Lernenden zu teilen.

2. Anforderungsmanagement

In diesem Kapitel werden Stakeholder und Anforderungen des Systems gesammelt und präsentiert.

2.1. Stakeholderanalyse

Als Stakeholder des Systems sind primär Lehrkräfte und Lernende zu identifizieren, welche die Lehrinhalte generieren und konsumieren sollen. Darüber hinaus Bildungseinrichtungen an sich und Anbieter von Motion Capture Technologie.

Stakeholder	Kategorie	Bezug	Beschreibung
Lehrkräfte	Individuum	Interesse	Erstellen von Videos
		Interesse	Veröffentlichen von Lehrvideos
		Interesse	Austausch mit anderen Benutzern
		Anteil	Selbsterstellte Inhalte
		Anteil	Selbst aufgezeichnete MoCap Daten
		Anrecht	Datenschutz/-sicherheit
Lernende	Individuum	Interesse	Konsumieren von geteilten Inhalten
		Interesse	Austausch mit anderen Benutzern
		Anrecht	Datenschutz/-sicherheit
Bildungseinrichtungen	Organisation	Interesse	Verwalten der Kurse von mehreren Lehrkräften
		Anteil	Inhalte der Kurse
		Anteil	Daten der Kurse
		Anrecht	Datenschutz/-sicherheit
MoCap Unternehmen	Organisation	Interesse	MoCap Systeme verkaufen
		Interesse	MoCap Studio vermieten

Tabelle 2.1.: Stakeholdertabelle

2.2. Nutzergruppen

Benutzer können innerhalb des Systems Inhalte erstellen und Inhalte konsumieren. Dabei sind Kursleiter für die Erstellung von Inhalten und Kursteilnehmer für das Konsumieren von Inhalten zuständig. Ein Benutzer ist dabei nicht limitiert auf eine Benutzergruppe und kann in verschiedenen Kursen verschiedene Gruppen vertreten.

2. Anforderungsmanagement

Gruppe	Beschreibung
Administrator	Verwaltet das System. Kann Benutzeraccounts deaktivieren und löschen.
Kursverwalter	Verwaltet einen oder mehrere Kurse. Kann Kursteilnehmer zu Kursleitern oder Moderatoren ernennen. Kann beim erstellen eines neuen Kurses direkt einen anderen Benutzer als Kursleiter festlegen.
Kursleiter	Leiter eines Kurses. Ist für die Veröffentlichung von Kursinhalten und die Verwaltung dieses Kurses zuständig. Kann Kursteilnehmer zu Moderatoren ernennen. Kann Kursteilnehmer aus dem Kurs踢en oder bannen.
Moderator	Kann Kursteilnehmer aus dem Kurs踢en oder bannen. Kann Kommentare von Kursteilnehmern verwalten.
Kursteilnehmer	Kann veröffentlichte Inhalte konsumieren. Kann veröffentlichte Inhalte kommentieren.

Tabelle 2.2.: Benutzergruppentabelle

2.3. Anforderungen

Anforderungen werden in der Regel in Funktional und Nicht-Funktional sortiert, wobei die Definition für Nicht-Funktionale Anforderungen nicht einheitlich festgelegt ist. Für dieses Projekt werden die Anforderungen daher in Funktional (F) und Qualitativ (Q) sortiert, wobei Qualitativ beispielsweise Performance des Systems beinhaltet. Da das primäre Ziel des Projekts einem Proof of Concept ähnelt, werden die Funktionalen Anforderungen priorisiert und Qualitative Anforderungen können zu Gunsten der Umsetzung einer Funktionalen Anforderung zunächst vernachlässigt werden.

In Kapitel 1 wurde bereits erwähnt, dass der Schwerpunkt dieses E-Learning Angebots auf sportlichen Themen liegt. Als konkretes Beispiel wurde dabei das digitale Lernen von Tanzschritten gewählt. Dieser Anwendungsfall wurde gewählt, da hierbei mehrere Elemente des Systems gleichzeitig getestet und demonstriert werden können, ohne auf mehrere Beispiele angewiesen zu sein. Neben den Tanzschritten an sich, spielt die Zusammenarbeit von Tanzpartnern eine wichtige Rolle. So kann neben dem Vorführen einer Bewegung auch getestet werden, dass mehrere Akteure gleichzeitig dargestellt werden können. Ebenso ist Musik oder ein Rhythmus, zu welchem getanzt werden soll, wichtig und so kann getestet werden, ob die Synchronisation von Ton und Video Wiedergabe ausreichend präzise durchgeführt werden kann.

2. Anforderungsmanagement

Bezeichnung	Beschreibung
F10	Das System muss dem Lehrer die Möglichkeit bieten MoCap Daten einzusehen.
F20	Das System muss dem Nutzer die Möglichkeit bieten Videos interaktiv zu betrachten.
F30	Das System muss dem Lehrer die Möglichkeit bieten Inhalte in seinen Kursen zu teilen
F40	Das System muss dem Lehrer die Möglichkeit bieten Inhalte in seinen Kursen zu teilen
F50	Das System muss dem Schüler die Möglichkeit bieten geteilte Inhalte in seinen Kursen zu konsumieren.
F60	Das System muss dem Lehrer die Möglichkeit bieten Inhalte zu speichern.
F70	Das System muss dem Lehrer die Möglichkeit bieten eigene Inhalte zu verwalten.
F80	Das System muss fähig sein Informationen wie Titel, Beschreibung und Länge zu erstellten Videos anzugeben.
F90	Das System sollte Avatare für die Präsentation der MoCap Daten abbilden.
F100	Das System sollte dem Lehrer die Möglichkeit bieten eigene Kurse zu erstellen.
F110	Das System sollte dem Schüler die Möglichkeit bieten Kursen beizutreten.
F120	Das System sollte fähig sein eine interaktive Vorschau von Clips zu ermöglichen.
F130	Das System sollte dem Lehrer die Möglichkeit bieten Clips zu einem neuen Inhalt hinzuzufügen
F140	Das System sollte dem Lehrer die Möglichkeit bieten die Cliplänge anzupassen.
F150	Das System sollte dem Lehrer die Möglichkeit bieten Audiodateien zu erstellen und zu verwalten.
F160	Das System sollte dem Lehrer die Möglichkeit bieten Textinhalte zu erstellen und zu verwalten.
Q10	Das System soll fähig sein die Videoinhalte stabil auf durchschnittlichen Computern darzustellen.
Q20	Das System soll fähig sein die Videoinhalte stabil bei durchschnittlichen Internetverbindungen darzustellen

Tabelle 2.3.: Funktionale und Qualitative Anforderungen

Da das Aufzeichnen der Motion Capture Daten nicht Teil des Systems sein soll, ist dieser Schritt nicht in den Anforderungen enthalten. Unter F20 und F120 der Anforderungen in Tabelle 2.3 wird von interaktivem Betrachten der Videos gesprochen. Dies bezieht sich darauf, dass die 3D Avatare im 3D Raum dargestellt werden und die Nutzer die Möglichkeit haben sollen, die Kamera in diesem 3D Raum zu bewegen, um die eigene Achse zu rotieren. Diese Funktion bietet den zentralen Vorteil des Konzepts gegenüber normalen Videoaufnahmen. Darüber hinaus sollen die Benutzer das Video selbst pausieren und fortsetzen, sowie in der Timeline vor und zurück springen können. Ebenso soll eine Möglichkeit die Wiedergabegeschwindigkeit zu verändern geboten werden. Das Verwalten von Elementen, welches zum Beispiel in F160 erwähnt ist, bezieht sich auf reguläre Dateimanagement Operationen, wie das Benennen, Bearbeiten, Löschen und Sortieren von Dateien.

3. Marktrecherche

In diesem Kapitel werden auf dem Markt bestehende Produkte und Frameworks analysiert. Dabei werden sowohl die Stärken, als auch die Schwächen der einzelnen Produkte und Frameworks erfasst, um abzuwegen welche davon für die Umsetzung des Systems vorteilhaft sind. Zudem werden State of the Art Produkte für die Darstellung von 3D Bewegungen vorgestellt. So können entweder Teilespekte übernommen oder optimiert werden. Während Bearbeitung des Konzepts haben wir uns entschieden Motion Capture für unser System im Sportbereich - genauer im Paartanz - einzusetzen.

3.1. Bestehende Produkte

Die Marktrecherche zu den bereits bestehenden Produkten wird in 3D Animation und E-Learning aufgeteilt. Unter dem Unterkapitel 3D Animation werden Konkurrenzprodukte vorgestellt, die 3D Avatare im Lehrkontext verwenden. Im Unterkapitel E-Learning werden E-Learning Plattformen vorgestellt, auf denen das zu erstellende System veröffentlicht werden kann.

3.1.1. 3D Animation

Youtube Videos - Yoga mit Modi

Auf dem Youtube-Kanal „Yoga with Modi“ werden Yoga-Übungen über einen 3D Avatar ausgeführt und vorgestellt (siehe A.1). Der Avatar repräsentiert Narendra Modidien, den Premierminister Indiens. In den Übungsvideos werden unterschiedliche Yoga-Stellungen vorgeführt. Dabei werden sie aus verschiedenen Betrachtungswinkeln (z.B. seitlich, vorne, von oben) und über mehrere Bildausschnitte mit unterschiedlichen Zoom-Stufen gezeigt. Über Bildausschnitte auf bestimmte Körperregionen können Ausführungen detailliert vorgestellt werden. Während der Vorführung der Übungen durch den Avatar wird die Ausführung über ein Voice-Over erläutert. Erläuterungen werden über Animationen und Texte eingeblendet. Jedoch wird bei den Videos nicht ersichtlich, ob die Yoga Übungen mittels Motion Capture erstellt werden (Safi, 2018).

Stärken: Die Youtube Videos ermöglichen eine einfache Bedienung für Lernende und sind auf unterschiedlichen Sprachen zugänglich. Über Playlisten können die Videos vom Lehrenden oder Lernenden beliebig aneinander gereiht werden. Die Texte, Animationen und das Voice Over hilft bei dem Nachmachen der Übungen und dem Verständnis für Yoga.

Schwächen: Eine Interaktivität durch den Lernenden ist nicht gegeben. Die Videos können nur angehalten, zurück oder weiter gespult werden. Des Weiteren können die Ausführungen nur aus dem vorgegebenen Winkel und Bildausschnitt betrachtet werden.

3. Marktrecherche

Charamel

Das Unternehmen Charamel bietet eine E-Learning Plattform namens Virtual Trainer mit virtuellen Trainern in Form von 3D Avataren an (siehe A.2). Die Anwendungsszenarien der Trainer besteht aus Unterweisungen, Schulungen und Trainings beispielsweise im Brandschutz, Sicherheit oder im Fahrbereich. Die Avatare dienen als interaktive Gesprächspartner für Lernende. Auf der Plattform wird eine Übersicht des Lernfortschritts und eine Statistik bereit gestellt. Die Plattform ist über den Browser zugänglich und die Lerninhalte werden auf 30 Sprachen zur Verfügung gestellt. Die Lerninhalte können von Unternehmen individuell über Fragenelemente oder erstellte Avatare angepasst werden. Es wird nicht ersichtlich, ob für die Bewegungen der Avatare Motion Capture verwendet wird (Charamel, 2022).

Stärken: Die E-Learning Plattform bietet durch die interaktiven Avatare als Trainer eine auf den Lernenden angepasste Lernsituation. Kunden können ihre Lerninhalte über bestimmte Fragenelemente oder die Erstellung und Nutzung eigener Avatare mit PuppetMaster anpassen. Das Produkt ist auf dem Handy, Tablet und Computer abrufbar, da es im Browser zur Verfügung gestellt wird.

Schwächen: Die Verwendung der E-Learning Plattform für virtuelle Trainer ist kostenpflichtig. Jedoch wird mit einem Kauf zusätzlich ein Support von Charamel angeboten.

TriCat

TriCat bietet virtuelle Lern- und Arbeitswelten und E-Learning Lösungen (siehe A.3). Für ein virtuelles Zusammentreffen werden Räume angeboten, durch die mittels einen selbst angepassten 3D Avatar navigiert werden kann. Der Lernende hat die Möglichkeit Situationen aus unterschiedlichen Perspektiven (Ego, Verfolger, frei steuerbar) zu betrachten. Es werden Konferenzen, Trainings und Ersthelfer-Kurse angeboten, an denen mit einem Headset teilgenommen werden kann. Zudem können Verantsaltungen individuell gestaltet werden und beinhalten u.a. Chats, Umfragen und Whiteboards. Darüber hinaus hat TriCat einen 3D Viewer, in welchem Teilnehmer mit 3D Modellen interagieren können. Obwohl Teilnehmer mit einem 3D Avatar durch die virtuelle Welt navigieren können, kommt Motion Capture nicht zum Einsatz (TriCat, 2022).

Stärken: Das System bietet Lernenden ein Präsenzgefühl und Interaktionsmöglichkeiten mit anderen Teilnehmern. Es werden unterschiedliche Übungsszenarien und Elemente zum gemeinsamen Arbeiten zur Verfügung gestellt.

Schwächen: Für die Verwendung der virtuellen Welten muss eine eigene Software installiert werden. Die Verwendung des Systems ist ebenfalls wie bei Charamel kostenpflichtig, enthält aber einen Support.

3.1.2. E-Learning

Für die spätere Implementierung des E-Learning-Szenarios sollte eine E-Learning-Plattform ausgewählt werden. Es wurde sich die E-Learning-Plattform der TH Köln vom Computergrafik und Animation Kurs oberflächlich angeschaut. Aus zeitlichen Gründen haben wir uns mit der Recherche von E-Learning-Plattformen weiter kaum auseinander gesetzt und in die zweite Projekthase verschoben. Gegebenenfalls wird

3. Marktrecherche

keine vorhandene Plattform verwendet, sondern das System als eigene Plattform implementiert.

3.2. Bestehende Frameworks

Unity und Unreal

Unity ist eine Entwicklungsumgebung, die für die Erstellung von Spielen und weiteren interaktiven 3D Anwendungen verwendet wird. In Unity können 3D Avatare erstellt, bearbeitet und mit Motion Capture Daten verbunden werden. Zudem ist es möglich in Unity ein User Interface mit sämtlichen Funktionen zu entwickeln. Über ein WebPlayer Plugin kann eine in Unity erstellte 3D Anwendung im Webbrower implementiert werden. Eine Alternative zu Unity ist die Unreal Engine, die ebenfalls die Option bietet eine 3D Anwendung im Webbrower zu implementieren.

Web Graphics Library (WebGL)

WebGL ist eine Programmierschnittstelle, die es ermöglicht interaktive 3D Grafiken im Webbrower anzuschauen. Über Unity, Unreal oder three.js erstellt Inhalte können nach WebGL exportiert werden. WebGL wird verwendet, um komplizierte 3D Objekte in verschiedenen Browsern anzeigen zu können (Wiki, 2011).

Three.js

Die Progarmmiersprache JavaScript bietet eine Bibliothek und Programmierschnittstelle namens three.js, mit welcher 3D Modelle und Animationen erstellt und im Webbrower angezeigt werden können. Über three.js kann eine Szene gerendert und aus einer bestimmten Kamerapersepktive animiert und gerendert werden. Three.js eignet sich sehr gut für 3D Grafiken und Animationen, die eine Webanwendung verschönern (three.js Community, 2022).

Viewer

Es existieren unterschiedliche Model Viewer, die für die interaktive Darstellung von 3D Animationen und Motion Capture Daten im Web verwendet werden können. Durch eine einfache Einbettung des Viewers in den HTML Code wird der Modell Viewer auf in einer Webanwendung angezeigt. Ein Beispiel dafür ist der Model Viewer, in welchen 3D Modelle im Datenformat gltf/glb eingelesen werden können. Im Viewer ist es möglich ein Modell zu drehen und ranzuzoomen. Der Model Viewer bietet zwar eine unkomplizierte Einbettung eines Fensters für das Anschauen von 3D Animationen, hat jedoch Einschränkungen, welche das Datenformat, den Webbrower und die Funktionen für das Betrachten betreffen (Inc., 2021).

3.3. State of the Art

Da wir als Team keine Vorkenntnisse in der 3D Animation haben, haben wir uns dazu entschieden State of the Art Produkte für die Darstellung von 3D Bewegun-

3. Marktrecherche

gen zu betrachten. So können Erkenntnisse zu Ansätzen für die spätere Implementierungsmöglichkeiten gewonnen werden.

Cologne Motion Capture Database (CMCD)

Die CMCD ist durch eine Bachelorarbeit am Institut für Medien- und Phototechnik der TH Köln entstanden (siehe A.4). Die Datenbank enthält aufgenommene Motion Capture Daten, die in einer Liste angeordnet, nach Kategorie ausgewählt und über einen Model Viewer angeschaut werden können. Für die Darstellung der 3D Animationen wird ein Model Viewer und WebGL verwendet. Im Viewer werden die Bewegungen über ein Skelettmodell ohne Avatar angezeigt. Dem Nutzer ist es möglich das Skelettmodell beliebig zu drehen, heranzuzoomen und zu pausieren. Zudem gibt es die Möglichkeit die Hüfte zu fixieren, sodass Bewegungen auf einem Punkt ausgeführt werden. Die Bewegungsaufnahme wird über eine Schleife abgespielt und kann über einen Pause-Button gestoppt werden. Der Viewer für die Anzeige der Motion Capture Daten ermöglicht eine interaktive Betrachtung, um die dargestellten Bewegungen aus bestimmter Perspektive und Kameraeinstellung anschauen zu können.

Avatar SDK

Avatar SDK ist ein im Web zugängliches Toolkit für die Erstellung und Anpassung eines eigenen 3D Avatars (siehe A.5). Es bietet die Möglichkeit ein Avatar Modell in Ganzkörper-, Kopf- und Kopf-Schulter-Darstellung über ein Foto zu generieren und für eine Betrachtung zu drehen. Das erstellte Modell kann bestimmte Bewegungen wie Zwinkern, Blinzeln und Lächeln ausführen. Dem Modell können verschiedene Frisuren, Haar- und Hautfarbe zugewiesen werden. Die Anwendung mit allen Funktionen wurde in Unity erstellt und über WebGL dargestellt.

Mixamo

Mixamo ist eine Webanwendung, auf der 3D Animationen zur Verfügung gestellt werden (siehe A.6). Die 3D Animationen werden über Gifs aufgelistet und angezeigt. Beim Auswählen eines Gifs erscheint die Animation in einem Model Viewer. Im Viewer wird dem Nutzer die Möglichkeit gegeben das 3D Modell zu drehen, ranzoomen und die Animation zu pausieren. So kann die Bewegung wie bei den zwei vorherigen Produkten interaktiv betrachtet werden. Für die Darstellung der Animationen im Viewer verwendet Mixamo Adobe.

4. Avatar Animation

Für das zu erstellende System werden 3D Avatare verwendet, um aufgenommene Motion Capture Daten darzustellen. Für die Darstellung von Tanzbewegungen werden jeweils ein weiblicher und ein männlicher Avatar verwendet, um verschiedene Rollen im Paartanz zu symbolisieren. Diese sollten für eine optimale Bewegungserkennung realitätsnah sein. Im ersten Schritt werden Optionen aufgezählt, welche Avatare in der Implementierung verwendet werden können. Im zweiten Schritt wird erläutert, wie Motion Capture Daten durch Verwendung von Avataren dargestellt werden können.

4.1. Modell

Eine Möglichkeit der Avatar Erstellung ist das im Kapitel 3.3 vorgestellte Toolkit Avatar SDK. Durch das Auswählen eines Ganzkörper Bildes wird ein 3D Avatar Modell erstellt. Das Modell kann sowohl im Toolkit, als auch in Blender angepasst werden. Der Vorteil von Avatar SDK ist die schnelle und einfache Erstellung von Avataren durch Fotos. Hierfür ist keine Erfahrung in der 3D Erstellung notwendig. Der Nachteil besteht darin, dass das Exportieren eines Avatars in der Ganzkörperdarstellung zurzeit noch nicht angeboten wird. Es kann jedoch ein 3D Kopf heruntergeladen werden. Dieser müsste in Blender auf einen Körper plaziert werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung bereits erstellter Avatare, welche auf unterschiedlichen Plattformen wie Mixamo, free3d und renderpeople angeboten werden. Die Avatare unterscheiden sich im Dateiformat, Aussehen und Realitätsgrad. Der Vorteil dieser Option ist die große Auswahl an realitätsnahen Avataren, dessen Modell in Ganzkörperdarstellung kostenfrei heruntergeladen werden kann. Die Webseite renderpeople bietet viele Avatare, die durch das Einscannen von Fotos entstanden und realitätsnahe abgebildet sind. Aus diesem Grund werden Avatare dieser Webseite für das Projekt verwendet.

4.2. Autorigging

Das Verbinden der Motion Capture Daten mit den 3D Avataren kann in unterschiedlichen Anwendungen und auf verschiedene Arten erfolgen. Da in dem Projekt eine größeren Anzahl an Motion Capture Daten entstehen kann, sollte das Rigging automatisch erfolgen. In Blender wurde das Rigging zunächst sowohl manuell, als auch über das Plugin Rigify getestet (Nathan Vegdahl, 2022). Da das Projekt in anderen Entwicklungsumgebungen erstellt wird, empfiehlt es sich das Autorigging in Unity, Unreal oder anderen Programmen auszuführen. Hierzu gibt es in den jeweiligen Programmen Funktionen oder Plugins, die verwendet werden können.

5. Systemarchitektur

Im folgenden werden einzelne Kernpunkte der Architektur des konzipierten Systems genannt und Empfehlungen für die Implementierung festgehalten.

5.1. Motion Capture

Um die Bewegungsdaten für die Inhalte des Systems aufzuzeichnen gibt es mehrere Möglichkeiten. Neben mehreren Versionen für optisches Motion Capture, können die Aufzeichnungen auch mit VR (Virtual Reality) Systemen erstellt werden. In der Forschung zu E-Learning mit Motion Capture wird unter anderem mit dem VIVE VR System von HTC gearbeitet (Kasapakis u. Dzardanova, 2021), welches mit zusätzlichen Trackern an Armen, Beinen und Körper in der Lage ist Körperbewegungen vollständig aufzuzeichnen.

Der Vorteil solcher VR Systeme besteht vor allem in ihrem niedrigen Einstiegspreis. Jedoch sind optische Motion Capture Systeme durch eine höhere Menge an Daten in der Lage präzisere Aufzeichnungen zu erstellen. Da dem Projekt Team ein CapturyLive Motion Capture System zur Verfügung steht, ist zu empfehlen weiterhin mit diesem zu arbeiten. Sollte ein anderes Team jedoch zu Testzwecken ein neues Motion Capture System benötigen, wird empfohlen zunächst mit der kostengünstigeren Variante zu arbeiten.

Der geplante Einsatz für Motion Capture Technologie in diesem konzipierten System beschänkt sich in Praxis auf das erstellen von Bewegungsdaten, welche vom eigentlichen System genutzt werden. Daher ist im finalen Einsatz die Quelle dieser Bewegungsdaten nicht relevant, solange diese in vom System nutzbaren Formaten vorliegen.

5.2. Geeignete Frameworks

Ein weiterer essentieller Bestandteil des Systems ist die Darstellung der animierten 3D-Avatare. Hierzu wurden in Kapitel 3 bereits mehrere potentielle Frameworks genannt:

- Unity
- Unreal Engine
- WebGL

Sowohl Unity als auch Unreal Engine sind Tools zur Erstellung von Video Spielen. Beide können in eine Website eingebunden werden und verfügen bereits über eingebaute Funktionen, um Kameras in einem 3D Raum zu steuern. Die wichtigsten Unterschiede sind hierbei die Bedienung der Software selbst, sowie ihre Kommerzielle Lizzenzen.

5. Systemarchitektur

Unity kann kostenfrei genutzt werden, bis zu jährlichen Einnahmen von 100.000 USD. Anschließend kostet die Lizenz bis 200.000 USD Einnahmen 399 USD pro Jahr und darüber 1.800 USD im Jahr (Unity Technologies, 2022). Unreal Engine kann kostenfrei genutzt werden, bis zu Gesamteinnahmen von 1 Millionen USD und anschließend fallen 5% der Quartalseinnahmen als Lizenzgebühren an, für jedes Quartal mit Einnahmen von mehr als 10.000 USD (Epic Games, Inc., 2022).

WebGL ist eine JavaScript API zur Darstellung von 2D und 3D Grafiken im Web Browser (Mozilla Foundation, 2022). Bei einem kommerziellen Einsatz dieser API fallen keine Lizenzgebühren an. Allerdings muss die Implementierung vollständig selbst übernommen werden, da WebGL keine Entwicklungsumgebung wie Unity oder Unreal Engine bietet.

Da die Anforderungen an die 3D Darstellung innerhalb des Systems nicht über grundlegende Kamerabewegungen hinausgehen, wird empfohlen mit WebGL zu arbeiten, da hierbei im Falle eines späteren kommerziellen Nutzen des Systems keine extra Kosten anfallen. Ist keine kommerzielle Nutzung des Systems geplant oder sollten mehr Entwickler mit Unity oder Unreal Engine vertraut sein, als mit WebGL, ist jedoch empfehlenswert mit diesen zu arbeiten.

5.3. Architektur-Empfehlungen

Bezüglich der Systemarchitektur ist vor allem wichtig zu entscheiden, ob das System als Monolith oder in Form von Microservices implementiert werden soll. Monolithen bieten hierbei vor allem den Vorteil, dass die Implementierung selbst keine weiteren Herausforderungen stellt, während beim implementieren von Microservices ein von Martin Fowler benanntes “MicroservicePremium” anfällt (Fowler, 2015a). Ob ein neues System zunächst immer als Monolith erstellt werden sollte (Fowler, 2015b) oder ob Systeme die mit Microservices laufen sollen niemals als Monolith starten sollten (Tilkov, 2015), ist keine eindeutig geklärte Frage.

In einem Artikel von 2019 beschäftigt sich Herbert Dowalil mit dieser Frage und bietet einen Kompromiss. Die Architekturform, welche er “Modulith” nennt, soll als Vorbereitung auf einen Umstieg auf eine Microservice Architektur dienen und dabei alle Vorteile eines Monolithen in der Implementierung behalten (Dowalil, 2019). Hierbei werden bereits vorab die einzelnen Microservices grob eingeteilt und im System so unabhängig wie möglich implementiert, wobei die steigende Komplexität der vollständigen Trennung vermieden wird, da diese Services immernoch als Teil des Monolithen erstellt werden. Diese können anschließend in einzelnen Schritten vollständig vom Monolith gelöst werden, um am Ende eine Microservice Architektur zu erhalten.

Im Rahmen dieses Projekts wird empfohlen dieser Idee eines “Modulithen” zu folgen. Hierfür ist es essentiell als ersten Schritt die Domäne des Systems sinnvoll einzuteilen, um die interne Unterteilung vorzubereiten. Dabei bietet es sich an mit einem so genannten Bounded Context Modell zu arbeiten (Fowler, 2014). In diesem wird der Zusammenhang einzelner Aufgaben und Elemente einer Domäne abgebildet und abhängig von diesen Zusammenhängen unterteilt. Ohne diese Unterteilung besteht das Risiko, dass die erstellten Subsysteme zu eng miteinander gekoppelt werden und somit der Aufwand bei einem Übergang zu Microservices steigt.

6. Prototyp

Im Rahmen eines viertägigen Design Sprints wurde ein Prototyp erstellt, welcher die Screens des zu erstellenden Systems enthält. Der Prototyp ist anklickbar und in Figma entwickelt worden. Dieser wurde durch Nutzer getestet und evaluiert. Bei der Erstellung des Prototyps hat sich das Team auf Bewegungsaufnahmen im allgemeinen Sportbereich festgelegt. Aus diesem Grund werden Modelle dargestellt, die sich nicht auf Tanz fokussieren.

6.1. Erstellung in Figma und Anima

Für die Erstellung des Prototypen wurde das Tool Figma verwendet, mit welchem ein interaktives User Interface gebaut werden kann. Der Prototyp ist aus der Sicht des Lehrkräften dargestellt. Der Fokus des Prototypen liegt auf einer interaktiven Betrachtung eines 3D Modells. Das 3D Modell wurde auf der Webseite free3d im fbx-Format heruntergeladen. Für den interaktiven Viewer wurde das Plugin Anima und das Designtool Spline verwendet. Spline ermöglicht das Arbeiten mit 3D Objekten. In einer Szene wird das 3D Modell importiert. Die Szene wird als Frame in HTML exportiert. Dieses Frame kann über Anima im Prototypen in Figma eingebettet werden. So kann ein Nutzer das 3D Modell im Fenster interaktiv betrachten, indem er es drehen und heranzoomen kann.

Der Prototyp enthält ein Homescreen, in welchem die Kursübersicht einer Lehrkraft als Kursleiter angezeigt wird (A.9). In der Kursübersicht sind bereits zwei Kurse mit Titel, Teilnehmerzahl, Kursdatum, Beschreibung und Titelbild vorhanden. Dem Nutzer ist es möglich im Kurs „Yoga für Anfänger“ ein neues Video zu erstellen (A.10). Das Erstellen eines Videos ist in mehrere Schritt aufgeteilt: die Auswahl von 3D Clips, das Einfügen von Audio-Aufnahme und Text und die Finalisierung. Im ersten Schritt wird im Screen „Clips auswählen“ eine Auflistung von Bildern zu Yogastellungen dargestellt (A.11). Aus dieser Auflistung wählt der Nutzer eine Stellung aus, die ihm in einem interaktiven Viewer angezeigt wird (A.12). Das ausgewählte 3D Modell kann nun im Viewer per Maus beliebig gedreht, rangezoomt und verschoben werden. Die Lehrkraft soll so einen geeigneten Blickwinkel auswählen und speichern können, um Erläuterungen so besser zu verdeutlichen. Den Kursteilnehmern wird dieser Bildausschnitt einer 3D Bewegung angezeigt, die sie wiederum durch Drehen, Zoomen und Schieben interaktiv anschauen können. Durch das interaktive und individuelle Betrachten einer Bewegung soll der Inhalt den Teilnehmern besser übermittelt werden. Der ausgewählte Clip wird auf einer Timeline im unteren Bildausschnitt eingefügt. Im nächsten Schritt kann der Nutzer eine Audio aufnehmen, speichern und ebenfalls auf der Timeline passend zum Clip einfügen (A.13). Im darauffolgenden Schritt hat der Nutzer die Möglichkeit einen Text zu schreiben und als Textdatei zu speichern (A.14). Dieser Text wird im Viewer eingefügt und kann beliebig verschoben werden. Das Einfügen von Audio-Aufnahme

6. Prototyp

und Text dient als Hilfe für die Erklärung der dargestellten Bewegungen. Am Schluss kann ein Titel, eine Beschreibung und ein Titelbild für das erstellte Video hinzugefügt werden (A.15). Das Video ist nun fertig gestellt und wird im Kursinhalt dargestellt (A.16). Der Fokus des Prototypen liegt auf der Interaktivität, die der Viewer zur Darstellung von 3D Bewegungen bietet. Diese soll sowohl den Lehrkräften die Erklärung, als auch Lernenden das Verstehen von Inhalten erleichtern.

6.2. Nutzerinterviews

Für das Testen des Prototypen wurden Sportlehrer von verschiedenen Schulen ange- schrieben. Da wir keine Antwort erhalten haben, wurden Bekannte für Nutzerintervi- ews genommen. Das Nutzerinterview bestand aus mehreren kleinen Aufgaben, bei denen sich der Nutzer durch den Prototypen durchnavigieren und anschließend Fragen beantworten sollte. Die Aufgabe bestand darin ein neues Video zu den Kursen hinzu- zufügen, indem alle dazugehörigen Schritte und Screens durchlaufen werden mussten. Die Ergebnisse wurden wie folgt dokumentiert:

Positives: Die Nutzer haben die interaktive Ansicht des 3D Modells angemerkt. Der Aufbau und Ablauf des Systems erinnert an ein Videoschnittprogramm und ist aus diesem Grund verständlich.

Negatives: Den Nutzern hat das Bearbeiten und Entfernen von hinzugefügten Audio- und Textdateien gefehlt sowie weitere Werkzeuge. Zudem war die Video- und Dateiübersicht nicht übersichtlich.

Ideen: Aufgrund der abstrakten Darstellung des Prototypen wurden viele Ideen zur Ergänzung des Systems von den Nutzern genannt. Durch das Hinzufügen einer Fixierung der Timeline, einem Dateimanagement in einem separaten Fenster und einer Erklärung der Benutzeroberfläche mittels Tutorials oder Popup-Fenster soll die Bedie- nung für den Nutzer erleichtert werden. Des Weiteren kam die Idee auf, das Hinzufügen einer Kommentar- oder Fragenfunktion unter Kursvideos zu ermöglichen, um Teilneh- mern und Kursleitern einen Dialog zu ermöglichen.

Die Erkenntnisse aus den Nutzerinterviews werden bei der Vorbereitung der Imple- mentierung in der nächsten Projektphase berücksichtigt.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieses Projekts war es ein Konzept für ein E-Learning Angebot zu erstellen, welches vor allem der Vermittlung von sportlichen Lehrinhalten dienen soll. Hierzu sollen mit Motion Capturing die zu vermittelnden Bewegungsabläufe aufgezeichnet werden und anschließend im System von 3D Avataren dargestellt werden. Im Rahmen der Konzipierung wurden die Anforderungen an das System, sowie existierende Produkte innerhalb der Domäne untersucht. Um den weiteren Schritt der Implementierung des Konzepts zu unterstützen, wurden ebenfalls mehrere Empfehlungen für diese getroffen.

Basierend auf durchgeföhrter Recherche, sowie Erkenntnissen aus der durchgeföhrten Projektarbeit, wurden Handlungsempfehlungen für die nächsten Schritte als Backlog in Form von github Projekten festgehalten¹. Diese Projekte können Unterteilt werden in 2 Schritte:

- Vorbereitung
- Implementierung

Für einen reibungslosen Ablauf wird empfohlen, die entsprechenden Elemente der Vorbereitung zufriedenstellend zu erledigen, bevor mit der Implementierung begonnen wird. Innerhalb der beiden Projekte wird weiterhin zwischen Frontend und Backend Aufgaben unterschieden. Diese können weitestgehend unabhängig voneinander bearbeitet werden. Dennoch wird empfohlen regelmäßig die Ergebnisse in beiden Bereichen abzulegen, um Missverständnisse zu vermeiden oder frühzeitig beheben zu können.

Im Projekt Vorbereitung sind für den Bereich Frontend Arbeitspakete festgehalten, die den Designprozess des User Interface unterstützen sollen. So soll ein Styleguide erstellt und bereits vorab alle geplanten Views benannt, sowie die geplanten Verbindungspunkte zwischen den Views festgehalten werden. Als Vorbereitung im Bereich Backend sollen die Funktionen des Systems der Fachdomäne angemessen gruppiert und ein Architekturplan erstellt werden. Ebenso sollen die weiteren Arbeitspakete zur Implementierung entsprechend dieser Architektur sortiert werden, um die weitere Arbeit zu erleichtern.

¹GitHub Projects

8. Fazit

In dieser Projektphase haben wir uns in eine für uns neue Domäne eingearbeitet und ein Konzept entwickelt, das vorgibt in welche Richtung wir unser Projekt entwickeln wollen. Da wir ein sehr kleines Team ohne Vorkenntnisse im 3D Bereich sind, haben wir Probleme gehabt unsere Arbeitspakete fristgerecht abzuarbeiten. Aus diesem Grund wurden für einige Aufgaben, wie die Festlegung auf eine E-Learning Plattform und die Durchführung des Autoriggings zunächst Handlungsempfehlungen ausgesprochen, die in der nächsten Projektphase umgesetzt werden.

Aufgrund anfangs mangelnder Kenntnisse, in den für uns neuen Bereichen Motion Capture und Avatar Animation, konnten wir uns einen guten Überblick verschaffen, wie das Projekt umgesetzt werden könnte. Das erarbeitete Konzept gibt eine Richtung für die Entwicklung im nächsten Semester vor, ist aber in der Umsetzung offen gestaltet. So können weitere Entscheidungen wie die Verwendung der Unity oder Unreal Engine für die Umsetzung getroffen werden, nachdem eine nähere Einarbeitung in die Entwicklungsumgebungen erfolgt ist.

Die Artefakte aus dem Konzept, der Prototyp, der detaillierte Backlog und die Dokumentation dienen dennoch als eine sehr gute Grundlage für die Entwicklung des Systems, welches in vielen Arbeitsbereichen ergänzt werden kann.

Abbildungsverzeichnis

A.1.	Yoga mit Modi	21
A.2.	Charamel: Virtual Trainer	22
A.3.	TriCat spaces	23
A.4.	CMCD	24
A.5.	AvatarSDK	24
A.6.	Mixamo	25
A.7.	Unity - Choose a plan	25
A.8.	Unreal Engine - License Options	26
A.9.	Screen: Kursübersicht	27
A.10.	Screen: Kursinhalt	27
A.11.	Screen: Clip auswählen	28
A.12.	Screen: Clip einfügen	29
A.13.	Screen: Audio erstellen und einfügen	30
A.14.	Screen: Text erstellen und einfügen	31
A.15.	Screen: Video finalisieren	32
A.16.	Screen: Kursinhalt 2	33

Tabellenverzeichnis

2.1. Stakeholdertabelle	3
2.2. Benutzergruppentabelle	4
2.3. Funktionale und Qualitative Anforderungen	5

Literaturverzeichnis

- [Charamel 2022] CHARAMEL: *Virtual Trainer*. <https://virtual-trainer.de/>. Version: 2022. – Last accessed 21 March 2022
- [Dowalil 2019] DOWALIL, Herbert: *Modulith First! Der angemessene Weg zu Microservices*. <https://www.informatik-aktuell.de/entwicklung/methoden/modulith-first-der-angemessene-weg-zu-microservices.html>. Version: 2019. – Last accessed 24 April 2021
- [Epic Games, Inc. 2022] EPIC GAMES, INC.: *Download Unreal Engine*. <https://www.unrealengine.com/en-US/download>. Version: 2022. – Last accessed 11 March 2022
- [Fowler 2014] FOWLER, Martin: *BoundedContext*. <https://martinfowler.com/bliki/BoundedContext.html>. Version: 2014. – Last accessed 8 March 2022
- [Fowler 2015a] FOWLER, Martin: *MicroservicePremium*. <https://martinfowler.com/bliki/MicroservicePremium.html>. Version: 2015. – Last accessed 8 March 2022
- [Fowler 2015b] FOWLER, Martin: *MonolithFirst*. <https://martinfowler.com/bliki/MonolithFirst.html>. Version: 2015. – Last accessed 8 March 2022
- [Inc. 2021] INC., Google: *jmodel-viewer.js*. <https://modelviewer.dev/docs/index.html>. Version: 2021. – Last accessed 21 March 2022
- [Kasapakis u. Dzardanova 2021] KASAPAKIS, Vlasios ; DZARDANOVA, Elena: Using High Fidelity Avatars to Enhance Learning Experience in Virtual Learning Environments. In: *2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 2021, S. 645–646
- [Mozilla Foundation 2022] MOZILLA FOUNDATION: *WebGL*. https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebGL_API. Version: 2022. – Last accessed 11 March 2022
- [Nathan Vegdahl 2022] NATHAN VEGDAHL, Ivan Cappiello Alexander G. Lucio Rossi R. Lucio Rossi: *Rigify*. <https://docs.blender.org/manual/en/2.81/addons/rigging/rigify.html>. Version: 2022. – Last accessed 21 March 2022
- [Safi 2018] SAFI, Michael: Key to good health? Indian PM says it's yoga and has cartoon videos to back it up. In: *The Irish Times* (2018). <https://www.irishtimes.com/life-and-style/health-family/key-to-good-health-indian-pm-says-it-s-yoga-and-has-cartoon-videos\protect\@normalcr\relax-to-back-it-up-1.3444992>

Literaturverzeichnis

- [three.js Community 2022] THREE.JS COMMUNITY: *three.js*. <https://github.com/mrdoob/three.js>. Version: 2022. – Last accessed 21 March 2022
- [Tilkov 2015] TILKOV, Stefan: *Don't start with a monolith*. <https://martinfowler.com/articles/dont-start-monolith.html>. Version: 2015. – Last accessed 8 March 2022
- [TriCat 2022] TRIKIT: *TriCat spaces*. <https://www.tricat-spaces.net/>. Version: 2022. – Last accessed 21 March 2022
- [Unity Technologies 2022] UNITY TECHNOLOGIES: *Compare Unity Plans*. <https://store.unity.com/compare-plans>. Version: 2022. – Last accessed 11 March 2022
- [Wiki 2011] WIKI, WebGL P.: *Getting Started — WebGL Public Wiki*. http://www.khronos.org/webgl/wiki_1_15/index.php?title=Getting_Started&oldid=371. Version: 2011. – [Online; accessed 21-March-2022]

A. Anhang

A.1. Webquellen



Abbildung A.1.: Yoga mit Modi

A. Anhang

Virtual Trainer – die eLearning-Plattform für Unternehmen

Unterweisungen, Schulungen, Trainings einfach, digital lernen! Wir helfen Ihnen, Ihre Mitarbeitenden kostengünstig, interaktiv und effektiv mit Unterstützung von Avataren in über 30 Sprachen zu schulen. Gestalten Sie Lernmodule auch individuell!

[Angebot anfordern](#) [3D Demo](#)

WHITEPAPER Corporate E-Learning
Was für Ihre E-Learning Strategie wichtig ist!

[Jetzt downloaden](#)

Funktionen, die Ihnen helfen, effizient,orts- und zeitunabhängig, sowie nachhaltig zu Schulen!

Avatare als Dozierende Gleichbleibend exzellente Vortragsqualität & Mehrsprachigkeit! Unsere virtuellen Trainer führen aufmerksamkeitsstark und nachhaltig zu exzellenten Schulungsergebnissen in kürzerer Zeit.	Reports & Dashboard Individuelle Dashboard- Funktionalität und übersichtliche Reports und Statistiken geben einen Überblick zum Lernstatus und -fortschritt. Generieren Sie Ihre Dokumentation für Audits und Betriebsprüfungen in Echtzeit.	Datenschutz und Datensicherheit Virtual Trainer ist DSGVO- konform. Wir hosten auf europäischen Servern. Der Zugriff erfolgt über Ihre Webbrowser. Datenschützer, denn es müssen keine personenbezogenen Daten das Unternehmen verlassen!
Transparente Kosten Cloud-basiert und Mandantenfähig erhalten Sie ohne Downzahlen und zusätzliche Kosten neue Funktionen, Updates, Wartung und Instandhaltung. Sparen Sie sich Ihre eigenen Server und das Aufspielen neuer Versionen!	Alle Plattformen Die Virtual Trainer Lernmodule sind responsive, also laufen in allen gängigen Internet-Browsern wie z. B. Chrome, Edge, Safari, Firefox und -samt auf allen Endgeräten, egal ob Smartphone, Tablet oder Desktop PC.	Mehrsprachigkeit & Aktualität Unsere virtuellen Trainer sprechen über 30 Sprachen und auch das kann sie! Gebündeltere Barrierefreiheit ist auf Wunsch möglich. Inhaltliche Änderungen lassen sich jederzeit von überall vornehmen.

Erwarten Sie mehr von Ihrer eLearning-Plattform!

100 % mehr Aufmerksamkeit Autoren als virtuelle Referenten sprechen beim Lernen im Vergleich zu klassischen Computer-based Training 40 % schneller an!	70 % Kosteneinsparung! Keine teure Videoproduktion für Lernmodule, insbesondere bei der Erweiterung von Aktualisierungen und Änderungen	76 % mehr Lernmotivation! 'Serious Gaming' erhöht dauerhaft die Lernmotivation und schafft es, komplexe Zusammenhänge verständlich aufzubereiten	#1 für 3D Web-Based-Learning Virtual Trainer bietet Lernen mit Avataren in einer Web- basierten 3D Lernumgebung mit Cloud-basierter Autorengeschwung	> 80 % sehr hohe Zufriedenheit Mitarbeitende beurteilen die Schulungsmodule mit der Note gut und sehr gut!
---	--	---	---	--

Virtual Trainer-Lernmodule, eine stetig wachsende Auswahl!

[Alle Module](#)

Über 20 Jahre Erfahrung in Forschung und Entwicklung, von der Sie profitieren!

“ Do 3D-Umgebung und die Umsetzung lassen "echte" Trainingsmodule erscheinen. Diese fördern angemessen einen Lerntransfer und fördern effizienter den Lerneffekt bei effizienter Kosteneinsparung im internen Schulungsbereich. H. Jörg Saneznik HTTC - Management Training Consulting	“ Unsere Schulungen werden mit Virtual Trainer effizient und mit Freude absolviert. Sehr übersichtlich erlernen Avatare den Lernstoff! Ein neues didaktisches Lernmittel mit vielen innovativen technischen Möglichkeiten! Andreas Hennemann HTTC - Management Training Consulting	“ Einfach - Digital - Lernen - diesem Prinzip folgt Virtual Trainer! Wir können mit der Virtual Trainer Plattform unsere Führungskräfte-Lernmodule anbieten. Felix Hänel HTTC - Management Training Consulting
--	--	--

Überzeugen Sie sich von Virtual Trainer!

[Webinar buchen](#) [Kostenlos testen](#)

VIRTUAL TRAINER
Über uns
Kontakt
Datenschutz
Impressum

UNTERSTÜTZUNG
FAQs

FOLGE UNS
Twitter
LinkedIn
YouTube
Instagram

NEWSLETTER
[Jetzt abonnieren](#)

Abbildung A.2.: Charamel: Virtual Trainer

A. Anhang

The screenshot displays the homepage of the TriCAT spaces website. At the top, there is a navigation bar with the logo 'TriCAT spaces', 'Downloads', 'Anmelden/Registerieren', and 'DE/EN'. Below the navigation bar is a large banner featuring a smiling man in a headset. The banner text reads: 'Kollaborativ, weltweit, right on demand. Mit wenigen Klicks weltweite Treffen organisieren - Ohne Vertragsgültigkeit.' Below the banner are several icons representing different services: 'Die Virtuelle Welt', 'Vielfältige Anwendung', 'Kommunikation', 'Shared Media', 'Virtual Shared Desktop', and 'Software as a Service'. A 'FAQ' section is also visible. In the center, there is a section titled 'Was ist TriCAT spaces?' which describes the platform as an avatar-based online meeting and collaboration tool. It highlights features like video conferencing, desktop sharing, and file exchange. Below this is another section titled 'Was ist TriCAT spaces Congress?' which is described as a virtual event platform for up to 500 participants. The bottom half of the page is a grid of 18 tool and feature cards, each with an icon and a brief description:

- Media Walls**: Features: Webbrowser, Virtual Cloud Desktop, Desktop Sharing, live Webcam Feed, Chat, Shared Media, All Teilnehmenden, viele Formate (PDF, Word, Excel, PPT), Direct download from the web, integrated Whiteboard, Live Surveys, Free Zoomfunction, Free Chatfunction, Free Pollfunction, Free Slideshare, Free Slideshare and duplicator
- Kommunikation**: Features: 3D View in Echtzeit und durchgehende Verbindung der Teilnehmenden zu Ihnen. Sie haben sogar die Freiheit, mit jedem Teilnehmer einzeln zu kommunizieren oder Sie zu über der Seite auswählen, um eine Gruppe von Meldern, Werken, Dämmen hoch und unten sind möglich. Lassen Sie Ihren Freunden und Freunden freie Sicht auf kreativen Sitz
- Teilnehmer Tools**: Die Moderatoren haben umfangreiche Möglichkeiten, die Aufstellung der Teilnehmenden zu steuern. Auch die Teilnehmer können die Ausrichtung an alle Räume (z.B. an einen Bildschirm, separate Audioräume) neuordnen. Durch Zugriff auf einzigartige Funktionen (z.B. durch ein komplettes Display, "Finger" und diese Sicht mit allen teilen)
- Umfragen**: Umfragen können vorbereitet oder spontan erstellt werden. Es stehen verschiedene Formate zur Verfügung. Sie können als Text, Kreis- oder Balkendiagramm dargestellt oder anonym veröffentlicht und anschließend kontinuierlich aktualisiert werden. Sie können direkt auf dem Desktop abgeglichen werden.
- 3D Viewer**: Platzieren Sie Ihre Objekte (neue Produkte, Maschinen und tolle, etc.) im Raum. Der 3D-Viewer ist eine Programmierung der 3D-Module für die direkte Interaktion mit den Objekten möglich.
- Versammungen**: Alle füreinander interessierten Teilnehmenden können zusammenkommen. Wenn es mit dem Meetingstart erlaubt ist, solltet ihr gemeinsam einen Raum aussuchen und alle Teilnehmenden (oder eine Auswahl) mit nur einem Klick darin versammeln.
- Gruppen bilden**: Erstellung von Gruppen und anschließende Versammlung der Teilnehmenden mit Gruppennamen, Farbtag und Symbolen. Anpassung der Gruppen in unterschiedliche Workshopsymbole oder platzieren Sie einfach Teilnehmende aus anderen Gruppen direkt bei Ihnen.
- Teilnehmerliste**: Alle Teilnehmenden haben einen Zugriff auf Ihre Datenbank in der z.B. auch angezeigt wird, welche Gruppe die jeweilige Person gehört.
- Weltkarte**: Ein interaktiver Weltkarte, auf dem die Teilnehmenden ihre geografische Position anzeigen können. Alle Teilnehmenden können auf einer Karte positionieren und so die Beziehung zwischen ihnen überprüfen. Die Grundelemente wie z.B. Würfel, Kugel, Kugeln und Dreiecke sind leicht verständlich und beschreibbar sowie rechts integriertes duplizierbar, erstellen Sie temporäre Memos und
- 3D Modelle**: 3D Modelle können von den Veranstaltungsteilnehmern frei in die virtuelle Welt gestellt werden. In der laufenden Veranstaltung hochgeladen werden können. globale Medienverteilung können Daten und unterschiedliche Versionen von Dokumenten, Videos, etc. Alle Teilnehmenden haben die Möglichkeit, aufgrund der Veranstaltung Daten hoch- bzw. herunterzuladen.
- Kameraperspektiven**: Veranstaltungsteilnehmer haben die Möglichkeit, Ihre Sicht mit allen anderen Teilnehmenden zu teilen. Die Grundeinstellung aus der 3D-Perspektive kann durch andere Perspektive sowie auf eine freie drehbare Kamera gewechselt werden. Alle Teilnehmenden können auf einer Karte positionieren und so die Beziehung zwischen ihnen überprüfen. Die Grundelemente wie z.B. Würfel, Kugel, Kugeln und Dreiecke sind leicht verständlich und beschreibbar sowie rechts integriertes duplizierbar, erstellen Sie temporäre Memos und
- Interaktive Skalen**: Mit einem Klick kann eine interaktive Skala von 1 - 10 in beliebiger Größe erstellt werden. Diese Skala kann verschoben werden. Alle Teilnehmenden können auf einer Karte positionieren und so die Beziehung zwischen ihnen überprüfen. Die Grundelemente wie z.B. Würfel, Kugel, Kugeln und Dreiecke sind leicht verständlich und beschreibbar sowie rechts integriertes duplizierbar, erstellen Sie temporäre Memos und
- Kreatives Bauen**: Lassen Sie Ihre Teamkreativität freien Lauf! Design Thinking, CoCreation, Brainstorming, Brainwriting, etc., u.s.w. lassen sich mit wenigen Klicks realisieren. Alle Teilnehmenden können auf einer Karte positionieren und so die Beziehung zwischen ihnen überprüfen. Die Grundelemente wie z.B. Würfel, Kugel, Kugeln und Dreiecke sind leicht verständlich und beschreibbar sowie rechts integriertes duplizierbar, erstellen Sie temporäre Memos und
- Dateien verwalten**: Daten können bereits vom dem Veranstaltungsteilnehmer in die virtuelle Welt geladen werden. In der laufenden Veranstaltung hochgeladen werden können. globale Medienverteilung können Daten und unterschiedliche Versionen von Dokumenten, Videos, etc. Alle Teilnehmenden haben die Möglichkeit, aufgrund der Veranstaltung Daten hoch- bzw. herunterzuladen.
- Barrierefreiheit**: Die Benutzeroberflächen der TriCAT Programme entsprechen den internationalen Richtlinien für barrierefreie Webanwendungen (WCAG 2.0).

At the bottom of the page, there is a footer with the text 'TriCAT Spaces - auch als Mietlösung!' and a note: 'Bitte beachten Sie: Unser Angebot richtet sich ausschließlich an Unternehmen, Gewerbebetriebe und freiberufliche Personen. Hinweis für Privatinteressenten.'

Abbildung A.3.: TriCat spaces

A. Anhang

Abbildung A.4.: CMCD

Abbildung A.5.: AvatarSDK

A. Anhang

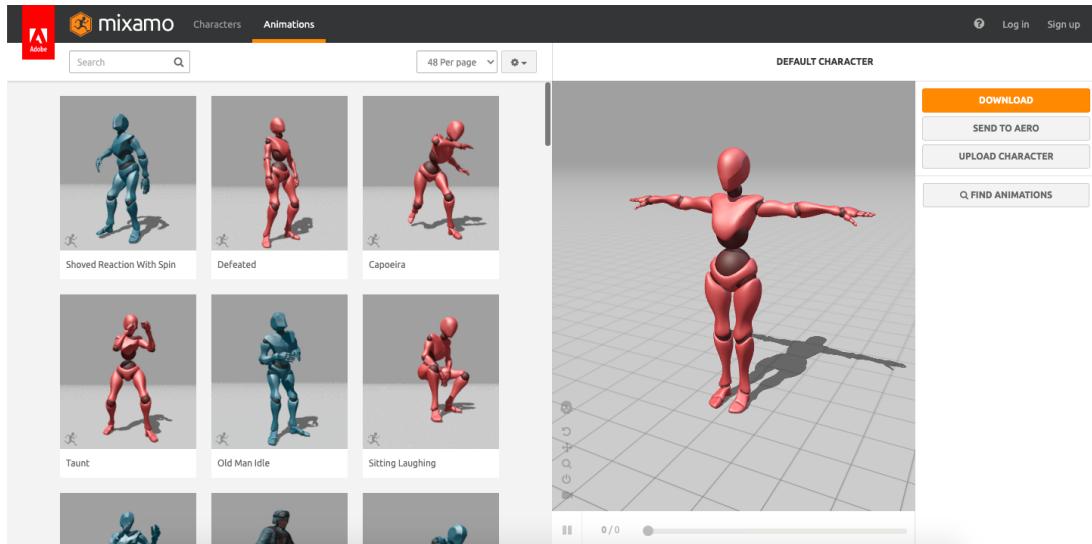


Abbildung A.6.: Mixamo

The screenshot shows the Unity Store's 'Choose the plan that is right for you' page. At the top, it says 'Choose the plan that is right for you'. Below that are filter buttons: '✓ INCLUDED', '— NOT INCLUDED', and '+ ADDITIONAL COSTS'. The page features a table comparing four plans: Personal (Free), Plus (\$399/yr per seat), Pro (\$1,800/yr per seat), and Enterprise (\$4,000/mo per 20 seats). The table includes sections for 'Financial eligibility', 'Create', and 'Edit'. Each plan row has a 'Choose plan' button.

	Personal Free Start creating with the free version of Unity Get started Are you a student? Get the free Student plan	Plus \$399/yr per seat More functionality and resources to power your projects Choose plan	Pro \$1,800/yr per seat Complete solution for professionals to create and operate Choose plan	Enterprise \$4,000/mo per 20 seats Success at scale for large organizations with ambitious goals Choose plan For large teams
① Financial eligibility	Eligible if revenue or funding is less than \$100K in the last 12 months	Eligible if revenue or funding is less than \$200K in the last 12 months	If revenue or funding is greater than \$200K in the last 12 months, you are required to use Pro or Enterprise	Minimum 20 seats. If revenue or funding is greater than \$300K in the last 12 months, you are required to use Pro or Enterprise
Create				
② Core Unity real-time development platform	✓	✓	✓	✓
③ Bolt visual scripting	✓	✓	✓	✓
④ Other		✓	✓	✓

Abbildung A.7.: Unity - Choose a plan

A. Anhang

The screenshot shows the Unreal Engine website's download section. At the top, there are navigation links for PRODUCTS, SOLUTIONS, NEWS & EVENTS, LEARN, COMMUNITY, SUPPORT, and MARKETPLACE. On the right side, there are search, sign-in, and download buttons. The main title is "DOWNLOAD UNREAL ENGINE". Below it, the section title is "LICENSING OPTIONS". A note below the title states: "Depending on how you intend to use Unreal Engine, you can choose from the licensing options below, or enquire about other licensing options. Click the download button that is appropriate to your use case. If you have additional questions, visit our FAQ or reach out on our support channels." Two license options are presented: "PUBLISHING LICENSE" (blue box) and "CREATORS LICENSE" (purple box). Both boxes list "FREE TO USE" and "5% royalty when your product succeeds*" under the Publishing License, and "FREE TO USE" and "No royalties" under the Creators License. A legend on the left indicates that a checkmark means the feature is included.

Price	PUBLISHING LICENSE	CREATORS LICENSE
All Unreal Engine features Every tool and feature, plus full source code access	✓	✓
Entire Quixel Megascans library	✓	✓
All learning materials	✓	✓

Abbildung A.8.: Unreal Engine - License Options

A. Anhang

A.2. Prototyp

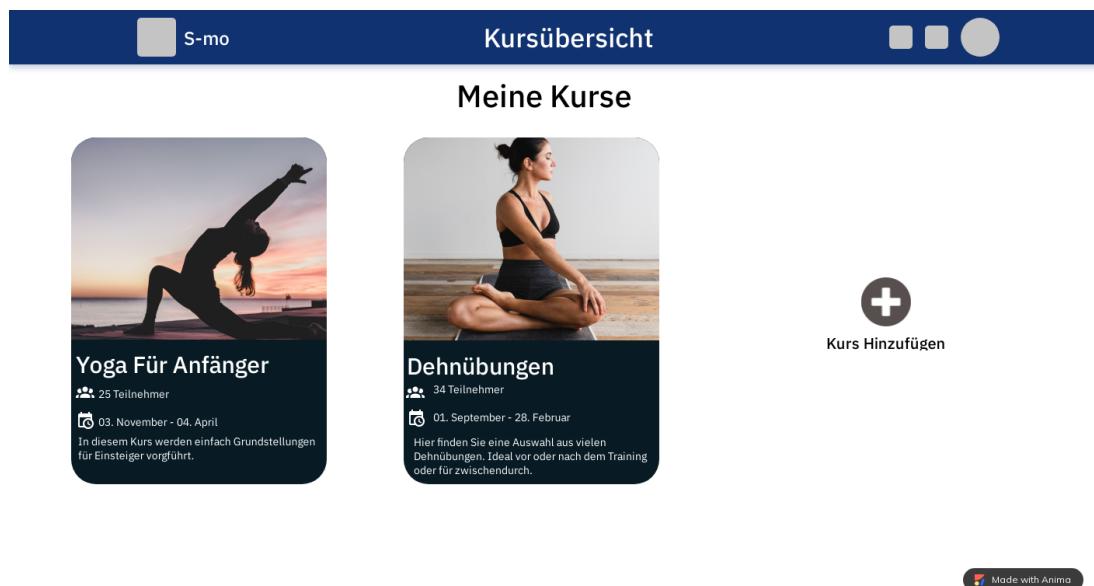


Abbildung A.9.: Screen: Kursübersicht

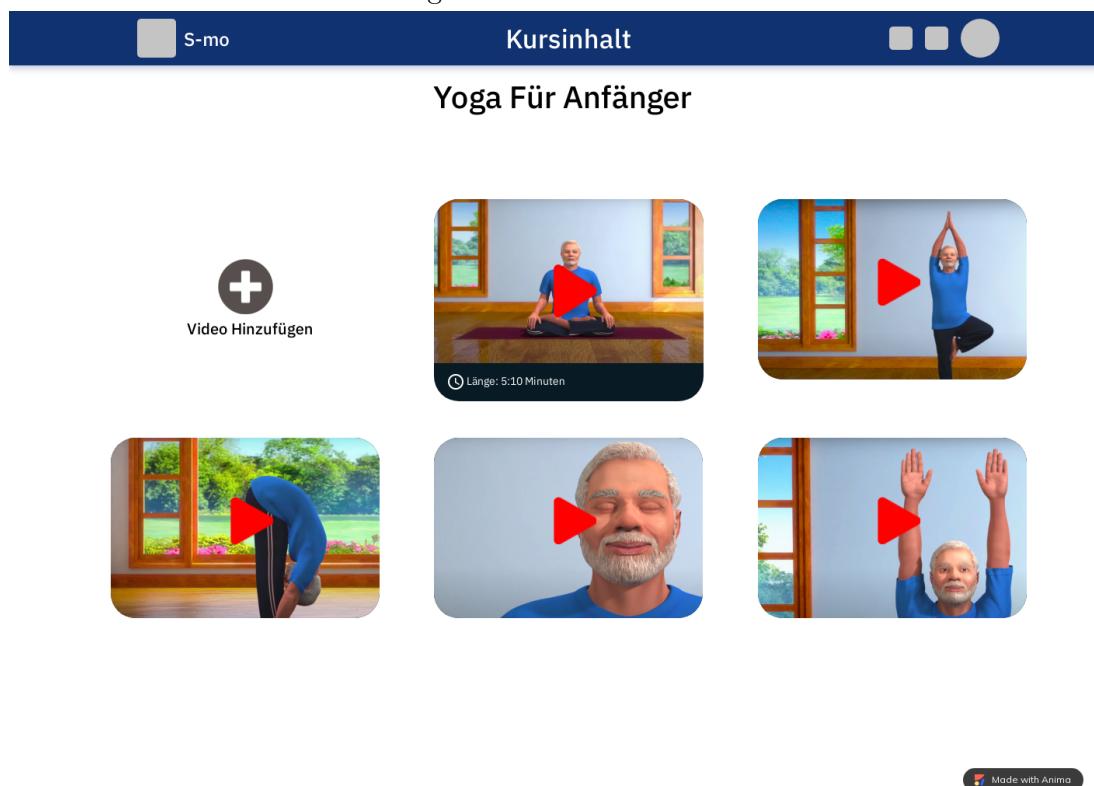


Abbildung A.10.: Screen: Kursinhalt

A. Anhang

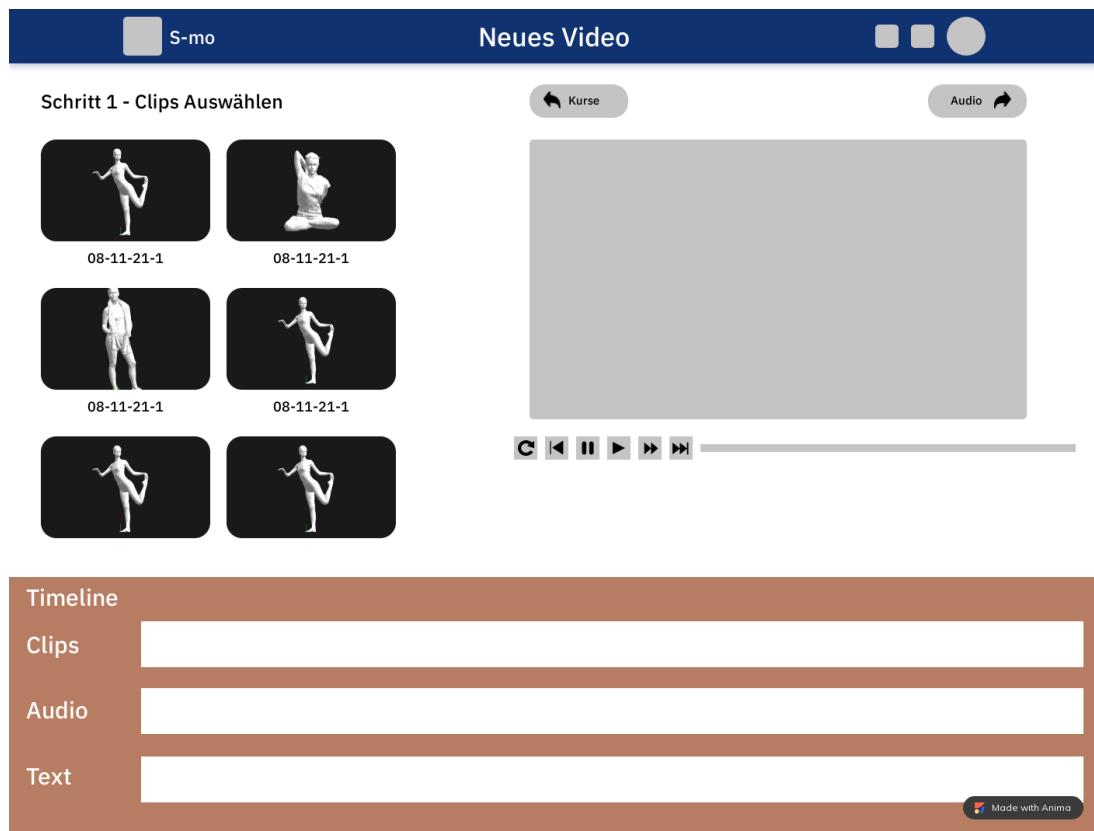


Abbildung A.11.: Screen: Clip auswählen

A. Anhang

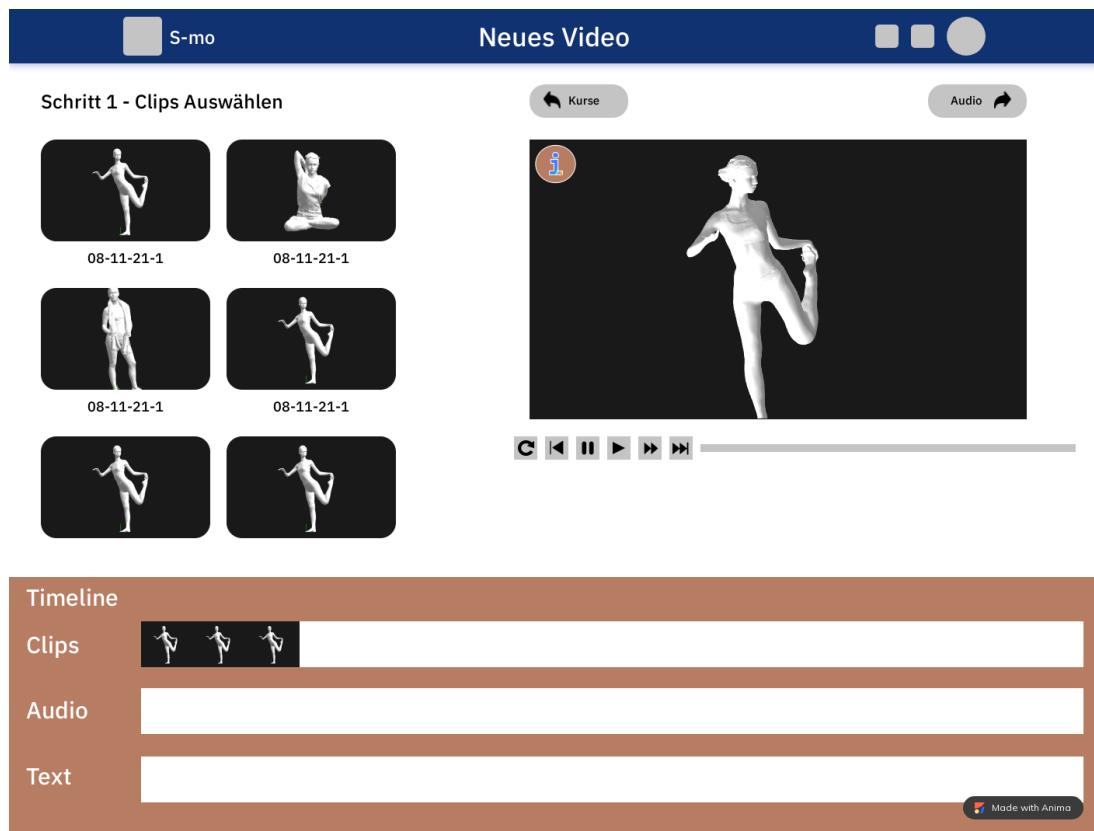


Abbildung A.12.: Screen: Clip einfügen

A. Anhang

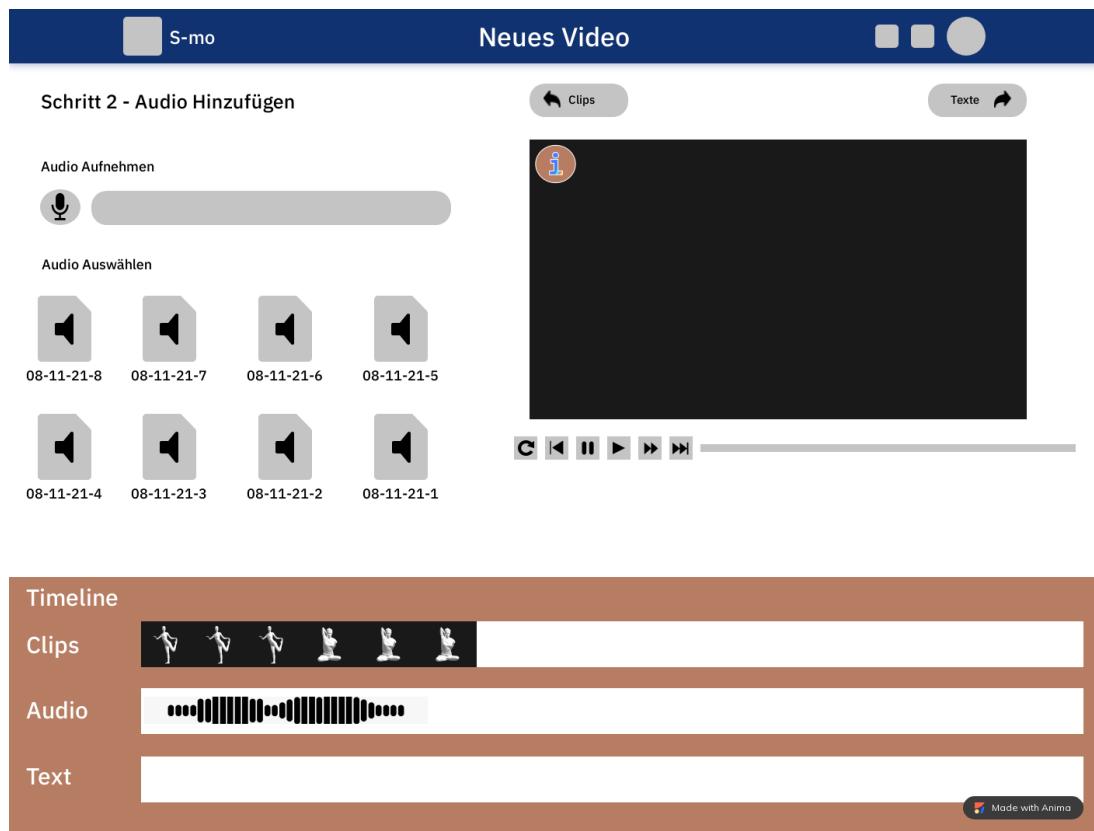


Abbildung A.13.: Screen: Audio erstellen und einfügen

A. Anhang

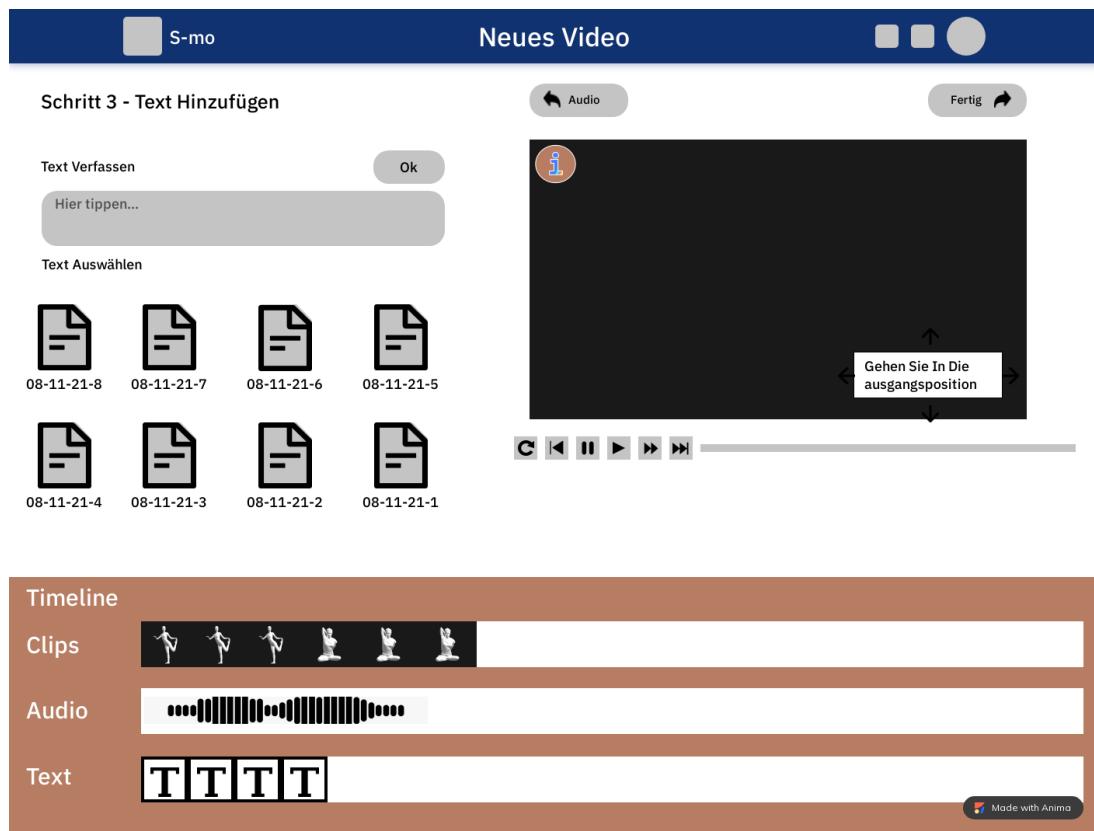


Abbildung A.14.: Screen: Text erstellen und einfügen

A. Anhang

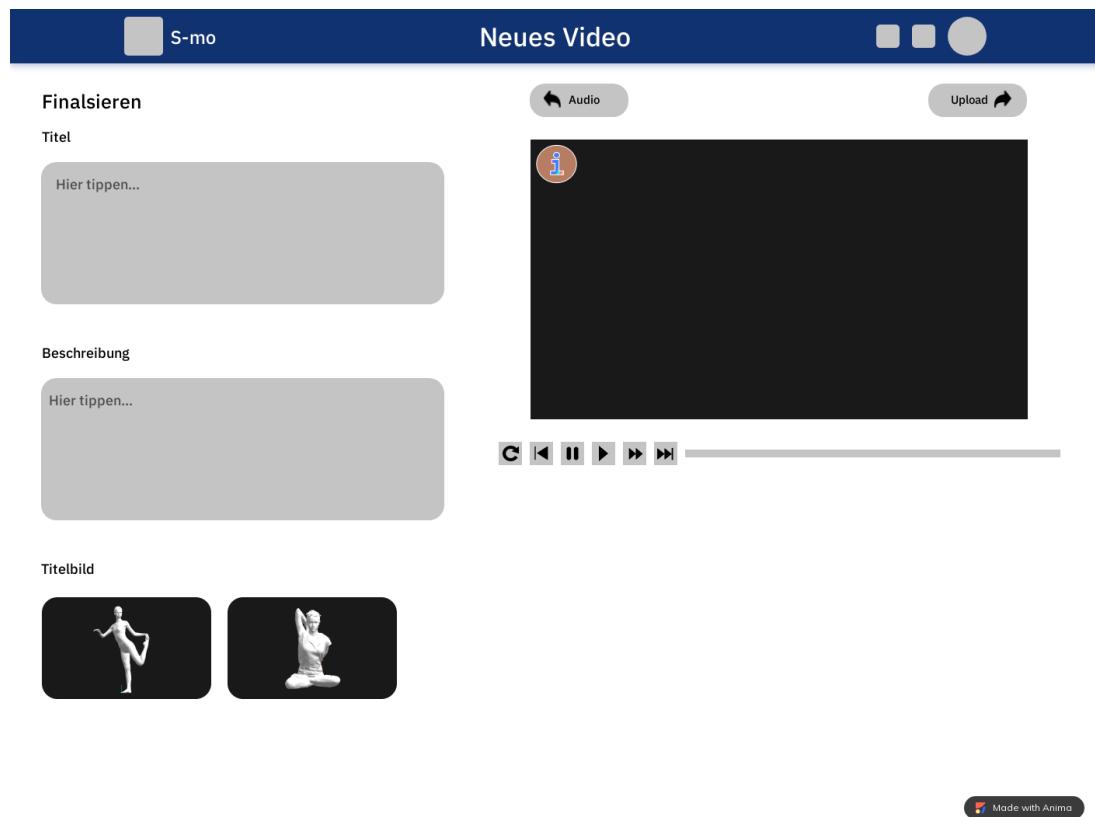


Abbildung A.15.: Screen: Video finalisieren

A. Anhang

The screenshot shows a digital course interface. At the top, there is a dark blue header bar with the text "S-mo" on the left, "Kursinhalt" in the center, and three circular icons on the right. Below the header, the title "Yoga Für Anfänger" is displayed. On the left side, there is a button labeled "Video Hinzufügen" with a plus sign icon. The main area contains six video thumbnail images arranged in two rows of three. Each thumbnail features a red play button in the center. The first row includes a thumbnail for a seated pose, a standing pose, and a headshot. The second row includes a thumbnail for a forward bend, a close-up of a smiling face, and a front view of a person with arms raised. A small "Made with Anima" watermark is visible in the bottom right corner of the interface.

Abbildung A.16.: Screen: Kursinhalt 2