

INSTITUT FÜR RUNDFUNKTECHNIK  
&  
LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN  
Department “Institut für Informatik”  
Lehr- und Forschungseinheit Medieninformatik  
Prof. Dr. Andreas Butz

**Bachelorarbeit**

**TV-Basiertes Lernen mit Augmented Reality**

Leon Giering  
[leon.giering@irt.de](mailto:leon.giering@irt.de)

Bearbeitungszeitraum: 01.04.2019 bis 31.08.2019  
Betreuer: Kai Holländer  
Externer Betreuer: Dr. Markus Ludwig, Simon von der Au  
Verantw. Hochschullehrer: Prof. Butz

## **Zusammenfassung**

Augmented Reality erfährt seit einigen Jahren einen Hype und zeigt viel Potential. Unter anderem gab es im Bildungswesen schon Erfolge bei der Verwendung von Augmented Reality um Sachinhalte zu lehren. In dieser Arbeit wird die Einbindung einer Augmented Reality Applikation in das Bildungsfernsehen untersucht. Dazu wurde eine Nutzerstudie mit 30 Teilnehmern durchgeführt. Bei der Studie wurden die beiden Anwendungsfälle (1) Erklärvideo mit Augmented Reality App und (2) Erklärvideo ohne App untersucht. Die qualitative Auswertung basierte auf den Fragebögen *NASA Task Load Index* und *User Experience Questionnaire* sowie Observations während der Studie. Die Ergebnisse belegen, dass es sinnvoll sein kann TV-basierte AR-Anwendungen in der Bildung zu verwenden. Die Teilnehmer hatten während der Verwendung der App das Gefühl dabei schneller gelernt zu haben.

## **Abstract**

Augmented Reality is experiencing a hype for some years now and shows a lot of potential. Among other things there were already successes in the educational system with the use of Augmented Reality to teach factual content. In this thesis the integration of an Augmented Reality application into educational television is investigated. A user study with 30 participants was conducted for this purpose. The study examined the two use cases (1) explanatory video with augmented reality app and (2) explanatory video without app. The qualitative evaluation was based on the questionnaires *NASA Task Load Index* and *User Experience Questionnaire* as well as observations during the study. The results show that it can be useful to use TV-based AR applications for education. The participants had the feeling that they had learned faster while using the app.

# **Aufgabenstellung**

## **Ziel der Arbeit**

Schul- und Bildungsfernsehen sind Bestandteil des Rundfunkvertrages. Die öffentlich-rechtlichen Sender sind verpflichtet solche Formate zu einem bestimmten Bestandteil mit aufzunehmen. Das Bildungsfernsehen soll bei dieser Arbeit noch mit einer Smartphone-Anwendung erweitert werden. Ziel dieser Arbeit ist es, einen App-Prototypen zu erstellen, der synchron mit einem Video einer Wissenschaftssendung funktioniert. Damit soll in einer Nutzerstudie herausgefunden werden, ob AR in Verbindung mit wissenschaftlichen Sendungen einen pädagogischen Mehrwert für den Zuschauer bietet. In der Nutzerstudie soll folgendes Szenario nachgestellt werden: Ein Moderator einer Wissenschaftssendung kann mit Zusatzinhalten in AR etwas zeigen und erklären. Der Zuschauer zuhause kann zum einen im Fernseher alles mitverfolgen, zum anderen kann er sich mit seinem eigenen Smartphone die Zusatzinhalte anschauen und damit interagieren.

Zunächst wird eine App entwickelt, in der man mit 3D Zusatzinhalten in AR interagieren kann. Für die Entwicklung der App wird Unity verwendet, um sich nicht auf ein Smartphone-Betriebssystem einschränken zu müssen. Des Weiteren wird die Wissenschaftssendung vorproduziert. Um die Zusatzinhalte auch im Video anzeigen zu können, werden bereits bestehende Technologien benutzt, wie die SpectatorView von Microsoft. Der Fokus dieser Arbeit liegt in einer aussagekräftigen Studie. Durch eine Nutzerstudie mit Within-Subjects Design und einer qualitativen Auswertung wird überprüft, ob die Benutzung von AR in Wissenschaftssendungen sinnvoll ist. In der Nutzerstudie werden zwei Szenarios verglichen. Probanden werden zwei Erklärvideos gezeigt, zu einem der beiden Videos wird ihnen eine Augmented Reality App mit zu der Sendung passenden Inhalten bereitgestellt. Durch Fragebögen geben Probanden anschließend ihre subjektive Meinung zu verschiedenen Aspekten der Erfahrungen an.

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt, alle Zitate als solche kenntlich gemacht sowie alle benutzten Quellen und Hilfsmittel angegeben habe.

München, 11. September 2019

.....



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Gliederung . . . . .	1
<b>2 Theoretischer Hintergrund</b>	<b>2</b>
2.1 Augmented Reality . . . . .	2
2.1.1 Definition Augmented Reality . . . . .	2
2.1.2 Displays . . . . .	2
2.1.3 Raumerkennung und Tracking . . . . .	4
2.1.4 Interaktion . . . . .	4
2.1.5 Gerätetypen . . . . .	5
2.2 Smart Education . . . . .	6
2.2.1 Mixed Reality Learning Enviroments . . . . .	6
2.2.2 Cognitive Theory of Multimedia Learning . . . . .	7
<b>3 Augmented Reality und Fernsehen</b>	<b>8</b>
3.1 AugmenTV . . . . .	8
3.2 Electric Agents . . . . .	8
<b>4 Augmented Reality in der Bildung</b>	<b>9</b>
4.1 Augmented Reality Video . . . . .	9
4.2 AR in der höheren Bildung . . . . .	9
4.3 AR im Klassenzimmer . . . . .	10
<b>5 Evaluationskonzeption und Entwicklung</b>	<b>11</b>
5.1 Evaluationskriterien . . . . .	11
5.2 Evaluationsszenario . . . . .	11
5.3 Konzipierung . . . . .	12
5.4 Entwicklung . . . . .	13
5.4.1 Videoproduktion . . . . .	13
5.4.2 App-Anforderungen . . . . .	13
5.4.3 Implementierung . . . . .	15
<b>6 Evaluierung</b>	<b>19</b>
6.1 Durchführung der Nutzerstudie . . . . .	19
6.2 Ergebnisse . . . . .	22
6.2.1 NASA-TLX . . . . .	22
6.2.2 UEQ . . . . .	22
6.2.3 Qualitative Observationen . . . . .	23
6.3 Diskussion . . . . .	24
<b>7 Fazit und Ausblick</b>	<b>25</b>
7.1 Fazit . . . . .	25
7.2 Ausblick und Folgearbeiten . . . . .	25
7.3 Danksagung . . . . .	26
<b>8 Anhang</b>	<b>27</b>
8.1 Prefab Proportionen . . . . .	27
8.2 Fragebogen . . . . .	28
8.3 Skript . . . . .	36
8.4 Storyboard . . . . .	40
<b>Literatur</b>	<b>59</b>

## 1 Einleitung

Schon seit vielen Jahren wird an Augmented Reality (AR) geforscht und entwickelt. Die Technik ist mittlerweile weit vorangeschritten und bietet die Möglichkeit in diversen Bereichen Innovationen zu schaffen. Mit AR kann man sich unter anderem Möbel aus dem Katalog im richtigen Verhältnis in der eigenen Wohnung anzeigen lassen, Kreaturen aus Videospielen in der echten Welt fangen oder Ärzten bei chirurgischen Eingriffen helfen. Nach und nach integriert sich AR ganz natürlich in unser Leben. AR erlebt immernoch einen Hype, unter anderem hervorgerufen durch die Smartphone-App *PokemonGo*. Der Hype wird weitergetragen dank Fortschritten in der Entwicklung von AR-Technologien für Smartphones und andere Geräte. Augmented- und Virtual Reality haben bereits viele Anwendungsmöglichkeiten, vor allem in der Unterhaltung. Zudem findet man AR auch in der Industrie, im Militär, in der Medizin und insbesondere im Bildungswesen.

### 1.1 Motivation

Vor allem im Bildungswesen stellt sich die Frage, ob und wie weit die Benutzung von AR dabei hilft etwas besser oder schneller zu lernen oder zu verstehen. Es wurde bereits in Forschungsprojekten der Unterricht mit AR erweitert und die pädagogische Wirkung überprüft. Diese kamen zu dem Schluss, dass AR lernfördernd sein kann. Es steht aber noch offen, ob ein ähnliches Modell zudem auf das Schulfernsehen angewendet werden kann und ob es ebenfalls dort pädagogisch relevant ist. Das Institut für Rundfunktechnik GmbH (IRT) ist das Forschungsinstitut aller öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten Deutschlands (ARD / ZDF / DRadio), Österreichs (ORF) und der Schweiz (SRG SSR) mit Sitz auf dem BR-Fernsehgelande in München-Freimann [18]. Das IRT verfolgt gemeinnützige Zwecke und dient der Förderung des europäischen Rundfunkwesens und der europäischen Rundfunktechnik. Das Institut hat die notwendigen Mittel zur Verfügung gestellt, um diese Forschungsarbeit an TV-basierten AR-Anwendungen für die Bildung zu ermöglichen.

### 1.2 Gliederung

Der folgende Abschnitt geht auf den theoretischen Hintergrund der Arbeit ein. Es werden wichtige Konzepte von AR und *Smart Education* eingeführt. In Kapitel drei und vier wird näher auf verwandte Forschungsarbeiten eingegangen. Das dritte Kapitel beleuchtet Anwendungen von Augmented Reality im Fernsehen, wobei im vierten Kapitel Anwendungen von Augmented Reality in der Bildung erläutert werden. Hier werden auch Ergebnisse über den Lernerfolg von anderen Arbeiten hervorgehoben. Im fünften Kapitel werden die Bewertungskriterien für die Evaluation formuliert. Außerdem gibt es einen Einblick in die Entwicklung der App und die Produktion der Eklärvideos. Das sechste Kapitel beschreibt den Ablauf der Nutzerstudie und die daraus resultierenden Ergebnisse. In Kapitel sieben wird ein abschließendes Fazit gezogen und ein Ausblick auf mögliche Folgearbeiten gegeben.

## 2 Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Augmented Reality

Im folgenden Abschnitt wird die für diese Arbeit verwendete Definition von AR erläutert. Des Weiteren werden auf wichtige Aspekte bei der Umsetzung von AR näher eingegangen. Zuletzt werden der Begriff *Smart Education* und damit verbundene Konzepte behandelt.

#### 2.1.1 Definition Augmented Reality

Das Überlagern von Computergenerierten Bildern mit Bildern der realen Welt, wird weithin als Augmented Reality bezeichnet. AR erlaubt es den Benutzern zum einen die echte Welt, zum anderen virtuelle Bilder die mit echten Orten und Objekten verankert sind zu sehen. Hierin besteht der größte Unterschied zu *Virtual Reality* (VR), dort taucht der Benutzer komplett in die virtuelle Realität ein. Herkömmliche Desktopanwendungen ziehen die Aufmerksamkeit des Benutzers weg von der realen Welt und auf den Bildschirm, anders bei AR, welches das virtuelle und das reale kombiniert. Im Idealfall kann der Benutzer in AR nicht mehr zwischen echten und virtuellen Objekten unterscheiden [5, 7]. AR kann durch verschiedene Technologien umgesetzt werden. Um AR nicht auf eine spezifische Technologie einzuschränken, haben Azuma et al. 1997 die folgenden drei Charakteristiken vorgestellt, die ein AR-System definieren [5]:

- Es verbindet virtuelle und reelle Elemente
- Es ist interaktiv und in Echtzeit
- Es arbeitet im dreidimensionalen Raum

Zwei Aspekte dieser Definition sind besonders hervorzuheben. (1) Die Technologie wird nicht auf eine spezifische Bildschirmtechnik wie zum Beispiel *Head-Mounted-Displays* (HMD) eingeschränkt. (2) AR wird hier nicht auf visuelle Informationen limitiert, sondern kann auch auf alle anderen Sinne angewandt werden, vor allem auf das Hören, Fühlen und Riechen [20]. In dieser Arbeit wird im Folgenden aber nur auf den visuellen Bereich von AR eingegangen.

**Virtuality Continuum** Milgram und Kishino haben 1994 ein *reality-virtuality continuum* (RVC) definiert [25]. Das RVC dient dazu, die Vermischung aus virtuellen und echten Umgebungen besser kategorisieren zu können. Das RVC ist eine Skala (Abbildung 2.1), auf der sich die Realität am einen Ende befindet, am anderen Ende ist die virtuelle Realität (VR). VR beschreibt Umgebungen die komplett virtuell sind, ein einfaches Beispiel dafür sind Computersimulationen. Alles was sich auf der Skala zwischen den beiden Extrema befindet, ist Teil der vermischten Realität (*Mixed Reality*) (MR). Objekte der realen Welt und der virtuellen Welt werden zusammen dargestellt. In AR wird die Realität mit virtuellen Objekten erweitert (*augmented*). AR ist also ein Teil der MR. Ein anderer nennenswerter Teil, ist die *Augmented Virtuality* (AV) in der die virtuelle Realität mit echten Objekten erweitert wird [25]. Ein Beispiel hierfür ist das AV-Videokonferenzsystem *cAR/PE!* von Regenbrecht et al. [28].

#### 2.1.2 Displays

Im folgenden werden die für diese Arbeit relevanten Display-Konzepte und Systeme vorgestellt und näher beleuchtet. Eine grundlegende Designentscheidung bei der Erstellung von AR-Systemen ist, wie man das Reelle und das Virtuelle kombinieren kann und es für den Benutzer sichtbar macht. Es gibt zwei wesentliche Möglichkeiten dies zu lösen, *video-see-through* oder *optical-see-through* Bildschirme [5].

**Video-See-Through** Auf *Video-See-Through* (VST) basierende AR-Bildschirme, nutzen digitale Prozesse, um virtuelle Bilder mit einem Video der echten Welt zu kombinieren und dem Nutzer anzuzeigen. Meistens ist eine Kamera auf der Rückseite des Displays angebracht. Das Video-Bild der Kamera wird direkt auf den Bildschirm übertragen. So wird die digitale Illusion erzeugt, als könnte man durch den Bildschirm sehen. Daher kommt auch der Name *Video-See-Through*. Das Video-Bild wird mit den virtuellen 3D-Objekten überlagert, was beim Nutzer den Eindruck entstehen lässt, als wären die Objekte in der echten Welt. Auf VST basierende AR-Bildschirme sind am weitesten verbreitet, da die Hardware für Viele zur Verfügung steht [8, S.129]. Die meisten Laptops, Tablets und vor allem Smartphones sind mit einer Kamera ausgestattet und die Implementierung von AR mit VST ist dafür leicht umsetzbar. VST hat auch den Vorteil, dass das Kombinieren der realen und virtuellen Ansichtsbilder, sehr präzise möglich ist. Fortgeschrittene *Computervision-Tracking-Algorithmen* ermöglichen die pixelgenaue Registrierung von virtuellen Objekten auf Live-Videobildern [8, S.129-130]. Das prominenteste Problem bei VST ist, dass nur eine indirekte Sicht auf die reale Welt besteht. Da die Ansicht der realen Welt aus einem Videobild besteht, das mit einer Kamera aufgenommen wurde, sind Einschränkungen hinsichtlich Auflösung, Verzerrung, und Verzögerung möglich [8, S.130-131]. Außerdem kann es die Immersion stören, wenn die Kamera nicht auf Augenhöhe des Betrachters steht.

**Optical-See-Through** Bei *Optical-See-Through* (OST) Geräten schaut der Benutzer durch eine durchsichtige Projektionsfläche [14]. So kann er zum einen die physische Welt weiterhin direkt wahrnehmen, zum anderen können auf der Fläche virtuelle Bilder projiziert werden [5]. *Head-Up-Displays* (HUD) in Flugzeugen und modernen Autos sind gängige Beispiele für optische AR-Bildschirme [8]. Im Vergleich zu VST ist ein großer Vorteil von OST, dass man weiterhin die echte Welt direkt sehen kann. Dies ist besonders wichtig in Bereichen, in denen es wesentlich ist, dass auch bei einem kompletten Ausfall des Systems weiter gearbeitet werden kann, wie zum Beispiel in der Medizin oder bei dem Militär [8]. Außerdem leidet die Erfahrung viel weniger unter Einschränkungen wie Auflösung oder Zeitverzögerung bei der Wiedergabe. OST benötigt des Weiteren simplere elektrische Komponente sowie weniger Prozessorleistung, nachdem die Komposition von echter und virtueller Realität physikalisch erreicht wird. Problematisch an OST ist, dass die virtuellen Objekte oft nicht durchgehend korrekt in der echten Welt registriert sind. Das virtuelle Objekt bleibt dann für den Betrachter nicht fest an einer Stelle verankert. Häufig muss das Bild bei OST noch manuell kalibriert werden, um dies zu verhindern. Generell wird eine bessere Synchronisation durch automatische computergesteuerte Berechnungen bei VST erreicht [8]. Nachdem bei OST die Kalibrierungsparameter abhängig davon sind, wie weit die Augen des Benutzers von der Projektionsfläche entfernt sind, ist die Wahrscheinlichkeit höher, dass sich diese Parameter oft verändern (zum Beispiel wenn der getragene Bildschirm verrutscht) und es kann

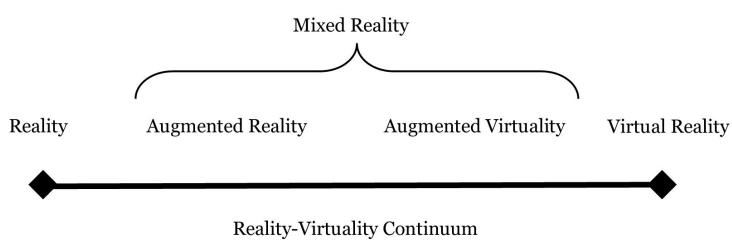


Abbildung 2.1: Das Reality-Virtuality Continuum beschrieben von Milgram und Kishino 1994 [25]

zu einer Verzerrung zwischen dem Bild der echten und virtuellen Welt kommen. Daraus ergibt sich, dass das *Tracking* der Augenposition zum Bildschirm sehr wichtig ist, um die AR Szene stehts korrekt darstellen zu können [8]. Zusätzliche Probleme bei OST sind die Helligkeit und die Farbwiedergabe der Displays.

### 2.1.3 Raumerkennung und Tracking

Damit AR-Technologien überhaupt funktionieren können, müssen mehrere Techniken dafür angewandt werden. Im Folgenden werden die zwei wichtigsten Techniken dafür näher beschrieben, die Raumerkennung und das *Tracking*.

**Raumerkennung** Es muss ein virtuelles Modell der Umgebung geben, um das Tracken für korrekte AR-Registrierung zu ermöglichen [20]. Der Raum kann durch Bilderkennung (*Computer-vision*) gescannt werden, um nach Ansammlungen von Merkmalspunkten (*Feature Points*) zu suchen. Damit lassen sich vertikale und horizontale Flächen wie Tische oder Wände genauer definieren. Die getrackten Daten werden dazu verwendet ein virtuelles Koordinatensystem des realen Raumes aufzubauen. So verbessert sich das Verständnis seiner Umwelt (*Environmental Understanding*) des Geräts und virtuelle Objekte können im Raum platziert werden [1].

**Tracking** Das *Tracking* des Anzeigegerätes bei AR ist besonders wichtig. Das Gerät muss wissen, wo es sich im Raum befindet. Die virtuellen 3D-Objekte werden in Koordinatensystem eingeordnet, sodass die 3D-Objekte korrekt für den Benutzer angezeigt werden. Um den virtuellen Inhalt im realen Raum zu registrieren, muss die Position und die Ausrichtung des Benutzers bekannt sein, seine Bewegung verfolgt werden (*Motion Tracking*) und ein sogenannter "Anker" in dem Raum festgelegt werden. Ein Anker dient als festgelegter Nullpunkt für das Koordinatensystem an dem sich 3D-Objekte orientieren können. Je nach Anwendung und Technologie die benutzt wird, kann der Anker ein physisches Objekt sein, oder wird durch internes *Tracking* im Anwendungsgerät anhand von GPS oder Koppelnavigation bestimmt[8]. Je nachdem, welche Technologie benutzt wird, besteht der Prozess das System in 3D zu registrieren aus einer oder zwei Phasen:

- Registrierungs-Phase, in der die Startposition und Ausrichtung des Benutzers bestimmt wird. Dies geschieht anhand eines Objekts in der echten Welt, welches als Anker verwendet wird oder indem ein virtueller Anker anlegt wird.
- *Tracking*-Phase, in der ständig die Position und Ausrichtung des Benutzers aktualisiert wird, anhand der Veränderung der Position und Blickrichtung im Vergleich zum Anker.

### 2.1.4 Interaktion

In AR-Systemen kann die Mensch-Maschine-Interaktion auf verschiedenen Arten umgesetzt werden. Traditionelle 2D Eingabemethoden können weiterhin verwendet werden, wie zum Beispiel Maus und Tastatur oder ein *Touchscreen*. Allerdings sind diese konventionellen Eingabemethoden oft nicht optimal für die Interaktion in AR, die Interaktionsmöglichkeiten in 2D reichen meistens nicht aus. Es bieten sich dreidimensionale und multimodale Eingabemethoden an, unter anderem auch Sprachen- und Gestensteuerung. Je nachdem welche Interaktion die Anwendung benötigt kann die eine oder andere Methode für die Anwendung verwendet werden [8]. Die sechs Freiheitsgrade (*Six Degrees Of Freedom*, 6DoF, siehe Abbildung 2.2) eines Körpers im freien Raum werden häufig für die Interaktion in AR verwendet [20]. Sie setzen sich zusammen aus den bei Fahrzeugen üblichen Bezeichnungen der Rotationsachsen: vor/zurück (*forward/back*), herauf/herunter (*up/down*), links/rechts (*left/right*), gieren (*yaw*), nicken (*pitch*), rollen (*roll*) [35].

### 2.1.5 Gerätetypen

Es gibt verschiedene Arten von Gerätetypen, die zur Anzeige von AR benutzt werden können. Die drei Gerätetypen *Head-Mounted-Displays*, *Spatial Augmented Reality* und *Smartphone-AR* werden im folgenden Abschnitt behandelt.

**Head-Mounted-Displays** Ein *Head-Mounted-Display* (HMD) ist wie der Name schon sagt, ein Bildschirm den man am Kopf trägt. Er kann unter anderem an einem Helm befestigt sein oder zum Beispiel mit einer Brille verbaut werden. Bei HMDs ist sichergestellt, dass das Angezeigte immer im Blickfeld des Benutzers ist, da sich der Display mit dem Kopf mitbewegt. HMDs können sowohl mit VST, als auch mit OST realisiert werden. Bekannte Beispiele für HMDs sind die *Microsoft Hololens* und die *Google Glasses* [24, 15].

**Spatial Augmented Reality** In Spatial Augmented Reality (SAR) werden virtuelle Objekte auf die echte Welt in richtiger Größe und Proportion projiziert. Der Unterschied zu den anderen Gerätetypen ist hier, dass die Benutzer keinen eigenen Bildschirm mehr brauchen. Sie können sich ohne ein persönliches Anzeigegerät frei in der augmentierten Welt bewegen [20].

**Smartphones** An AR wurde schon vor der Jahrtausendwende geforscht [25, 5]. Doch erst 2016 mit der Veröffentlichung von *Pokémon Go* wurde die Grundidee von AR zum ersten mal in das Blickfeld der Allgemeinheit gebracht [27]. Das Spiel entspricht nicht ganz den drei Grundanforderungen für AR, da es nicht wirklich im dreidimensionalen Raum handelt, es hat lediglich den anschein gemacht, als wäre es so. Trotzdem wird das Spiel oft mit AR in Zusammenhang gebracht und machte eine breite Masse aufmerksam auf die Technologie. 2016 hatten bereits 74% der Deutschen zwischen 14 und 65 Jahren Zugang zu einem Smartphone, genauso wie in vielen anderen Ländern [9, 38]. So konnten Viele problemlos selber die App ausprobieren.

Über ihre GPS-Fähigkeiten sind Smartphones in der Lage, die Position der Benutzer zu ermitteln. Ständiger Internetzugang ermöglicht den Abruf von diversen Informationen. Aktuelle Informationen können in Echtzeit und ortsbezogen abgerufen werden. Angezeigte Informationen werden bei AR-Anwendungen in die reale Umgebung integriert und können sich direkt auf den aktuellen Standort des Benutzers beziehen. Smartphone-AR nutzt drei Schlüsselfunktionen, um virtuelle Inhalte in die reale Welt zu integrieren, die durch die Kamera des Handys zu sehen ist [1]:

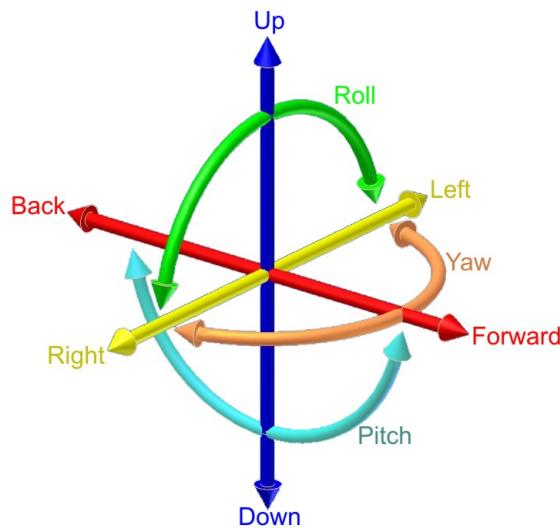


Abbildung 2.2: Die sechs Freiheitsgrade

- Bewegungsverfolgung (*Motion Tracking*) ermöglicht es dem Smartphone, seine Position in Bezug auf die Welt zu verstehen und zu verfolgen.
- Gutes Verständnis der Umwelt (*Environmental Understanding*) ermöglicht es dem Smartphone, die Größe und Lage aller Arten von Oberflächen zu erfassen: Horizontale, vertikale und abgewinkelte Oberflächen wie der Boden, ein Couchtisch oder Wände.
- Lichteinschätzung (*Light Estimation*) ermöglicht es dem Smartphone, die aktuellen Lichtverhältnisse der Umgebung abzuschätzen und diese auf virtuelle Objekte anzuwenden.

Viele Smartphones haben nun die nötige Rechenleistung um AR darauf umzusetzen. Es gibt mittlerweile mehrere Möglichkeiten als Entwickler, AR für Smartphones zu implementieren. Die beiden am weitesten verbreiteten Softwareentwicklungswerzeuge (*Software Development Kit, SDK*) für Smartphone-AR werden von *Google LLC* und *Apple Inc.* zur Verfügung gestellt. Mit dem in 2017 erschienenen ARKit gelang es *Apple*, AR für eine breite Masse an Entwicklern zur Verfügung zu stellen [4]. ARKit ist nur für Smartphones mit einem *iOS* Betriebssystem erhältlich. 2018 erschien ARCore von *Google*, welches Android-Smartphones unterstützt [1]. ARFoundation ist der Versuch von *Unity Technologies*, ARCore und ARKit zusammenzufassen [2]. Mit AR Foundation und der Unity Entwicklungsumgebung, haben Entwickler eine Programmierschnittstelle (*Application Programming Interface, API*), die Kernfunktionen von ARCore und ARKit unterstützt, zusammenfasst und erweitert.

## 2.2 Smart Education

Kiryakova et al. schreiben, dass die moderne Gesellschaft eine digitale Welt aufbaut, die darauf abzielt, eine intelligente Welt zu werden [19]. Die Gesellschaft stellt neue Anforderungen an die Bildung von Jugendlichen, damit diese sich voll in die Gesellschaft integrieren können. Die Rolle der zeitgenössischen Bildung besteht darin, die Lernenden mit Wissen und Fähigkeiten auszustatten und sie auf die Arbeit mit Technologien des digitalen Zeitalters vorzubereiten. Intelligente Geräte und Technologien müssen zu einem integralen Bestandteil des Lernprozesses werden, da sie ein integraler Bestandteil im Leben der neuen Generationen sind. Intelligente Bildung (*Smart Education*), ist Bildung unterstützt durch Informations- und Kommunikationstechnologie. *Smart Education* hilft den Lernenden, eine höhere Denkqualität zu erreichen, führt zu Innovation und Kreativität. Außerdem ermöglicht es den Lehrenden, das Lernen zu personalisieren [39].

Durch *Mixed Reality Learning Enviroments* kann AR in den Unterricht eingebracht werden. Des Weiteren kann die Lerntheorie *Cognitive Theory of Multimedia Learning* auf AR-Anwendung angewendet werden. Beides wird in den folgenden Abschnitten näher erläutert.

### 2.2.1 Mixed Reality Learning Enviroments

*Mixed Reality Learning Enviroments* (MRLE) sind Lernumgebungen, in denen Mixed Reality als Lehrmethode verwendet wird. Einer der Hauptgründe für den Einsatz von MR in der Aus- und Weiterbildung ist, dass es viele Arten der Interaktion unterstützt und virtuelle Umgebungen darstellen kann, die der realen Welt ähneln [10]. Die Lernenden sind in der Lage, sich computer-generierte Versionen von Objekten oder Prozessen der realen Welt anzusehen und mit ihnen zu interagieren [10]. Diese Simulationen können viele Formen annehmen, von einfachen dreidimensionalen Objekten bis hin zu hochinteraktiven, virtuellen Laborexperimenten [11, 13].

### 2.2.2 Cognitive Theory of Multimedia Learning

Das Grundprinzip des multimedialen Lernens ist, dass die Schüler dazu neigen etwas besser zu verstehen und zu lernen, wenn das zu bearbeitende Thema sowohl in Wörtern als auch in Bildern dargestellt wird [6]. Die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML) besagt, dass es zwei verschiedene Kanäle gibt, um etwas zu lernen. Zum einen den visuellen- zum anderen den auditiven Kanal. Wenn man beide Kanäle ausreizt aber nicht überreizt, hilft das dem aktiven Lernprozess (siehe Abbildung 2.3) [6]. Bei Lernanwendungen mit AR besteht das Risiko, dass der zusätzliche dritte Kanal zu einer Überreizung beim Nutzer führt.

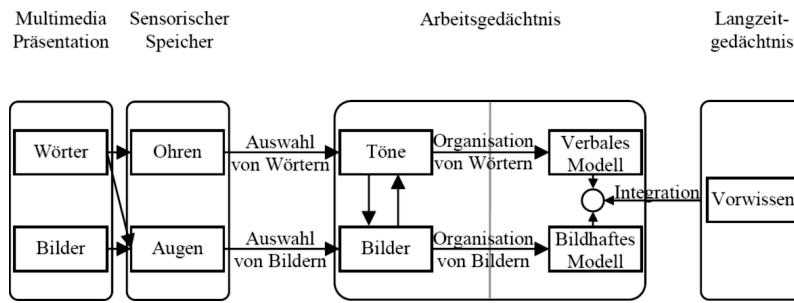


Abbildung 2.3: Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer et al. [33, p.31-48]



Abbildung 3.1: Beispielbild von einer AugmenTV-Anwendung

### 3 Augmented Reality und Fernsehen

Es gibt bereits eine kommerzielle App und einen wissenschaftlichen Ansatz für eine AR Anwendung, welche zusätzlich zum aktiven Fernsehen verwendet werden kann.

#### 3.1 AugmenTV

*AugmenTV* ist eine AR Anwendung von *EyecandyLab*, mit der die Fernseherfahrung durch AR erweitert wird [12]. Bei einem Besuch von *EyecandyLab* hat deren CEO Robin Sho Moser einen kurzen Einblick in das Start-Up und *AugmenTV* gegeben. Indem man sein Smartphone mit geöffneter *AugmenTV-App* auf den Fernseher richtet, kann die App anhand von *Computervision* erkennen, welche Sendung gerade läuft. Anschließend werden um den Fernseher herum Objekte, oder Zusatzinformationen gezeigt die das aktuelle Programm erweitern (siehe Abbildung 3.1). Diese haben einen direkten Bezug zur aktuellen Sendung und sogar zum aktuellen *Timecode* in der Sendung. Nur Videos, welche von einer speziellen Software von *EyecandyLab* abgetastet und in *AugmenTV* eingespeist wurden, können davon erkannt werden. Es gab unter anderem einen Testlauf in dem *AugmenTV* mit der Wissenssendung *Gallileo* von *ProSieben* integriert war. Dabei hat *EyecandyLab* die große Teilnehmerzahl, welche die App ausprobiert haben, positiv überrascht. Die Unity-SDK für *AugmenTV*, welche mittlerweile zur Verfügung steht, wäre durchaus auch für diese Arbeit interessant gewesen. Die Technik ermöglicht es einfach, Inhalte in einer App synchron zum ablaufenden Video anzupassen und anzuzeigen. Die SDK war jedoch nicht rechtzeitig verfügbar um sie in dieser Arbeit zu verwenden.

#### 3.2 Electric Agents

Ein Versuch, AR mit Bildungsfernsehen zu kombinieren wurde 2015 von Revelle et al. unternommen [29]. Hier wurde eine Bildungssendung für Kinder namens *Electric Agents* ausgewählt und dazu eine AR-Anwendung für ein Smartphone von Nokia erstellt. In der Sendung gab es dann

## 4 AUGMENTED REALITY IN DER BILDUNG

Pausen, in denen die Kinder aufgefordert wurden mit ihren AR-Geräten virtuelle Wortkugeln zu finden welche im Raum verteilt waren, um den Charakteren in der Sendung weiterzuhelfen. Diese Interaktion steigerte die Immersion der Kinder, gleichzeitig brachte es die Kinder dazu, zusammenzuarbeiten. Sie tauschten sich aus wo sich der nächste Wortball befindet. Die gesteigerte Kolaboration ist ein Verhaltensmerkmal, welches mit pädagogischen Vorteilen verbunden ist [29]. Ob es bei der Verwendung der App tatsächlich einen gesteigerten Lernerfolg gibt, konnte hier jedoch nicht überprüft werden.

## 4 Augmented Reality in der Bildung

Das Interesse an AR im akademischen Bereich zu forschen ist bereits seit einigen Jahren sehr groß [21]. In vielen Bereichen der Aus- und Weiterbildung gibt es Ansätze um AR darin zu integrieren, zum Teil mit sehr positiven Wirkungen [11, 26]. Es werden Wege gesucht, MRLEs sinnvoll in den Unterricht einzubringen. Kiryakova et al. fordern sogar, dass diese Technologien in der Bildung eingeführt werden müssen [19]. Die Bildung muss sich an die Bedürfnisse der Auszubildenden anpassen. Neue Generationen, die sogenannten *Digital Natives*, wachsen mit diesen Technologien auf welche ein fester Bestandteil ihres Lebens geworden sind. MRLEs können dabei helfen die Qualität der Bildung dieser Generation zu verbessern, indem damit reichhaltige, konstruktive und gewinnbringende Inhalte produziert und bereitgestellt werden, die den Unterricht individueller und interaktiver gestalten [21, 19]. Technologien ermöglichen es, die notwendige Lernumgebung zu schaffen, in der ein effektiver Lernprozess stattfinden kann [19].

### 4.1 Augmented Reality Video

In einer Studie von Yip et al. wurde untersucht, ob die Lernqualität der Schüler und ihr Verständnis für komplexe Themen, durch die Unterstützung von AR-Videos, verbessert wird [37]. Sie haben eine Augmented Reality Smartphone-Anwendung entwickelt und in einen Nähunterricht integriert. Dort wurden zwei Gruppen ( $n=46$  Teilnehmer), die auf einem ähnlichen Bildungsniveau waren, dieselbe Aufgabe erteilt. Eine Gruppe von Schülern wurde nur mit einem Handbuch ausgestattet, während die andere Gruppe aufgefordert wurde, sich ein AR-Video anzusehen. Die Ergebnisse zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf ihr Verständnis der Aufgabe. Es zeigte sich eine höhere Lerneffizienz durch den Einsatz von AR-Videos [37].

In einer ähnlichen Studie von Werrlich et al. wurde HMD-basiertes und analoges Lernen für Montageprozesse verglichen [34]. Die Nutzerstudie mit 30 Teilnehmern, hat qualitative und quantitative Daten geliefert. Teilnehmer haben dafür Trainingseinheiten mit einem der Schulungssysteme absolviert. Nach Abschluss der Schulung wurden alle Teilnehmer gebeten, den Montagevorgang bestehend aus 15 Montageschritten ohne Hilfe durchzuführen. Im Vergleich zu HMD-basierten Anweisungen wurden mit analogen Anweisungen deutlich schnellere Durchlaufzeiten gemessen. Durch die Verwendung von HMD-basierten Anweisungen machten die Teilnehmer während des Trainings jedoch weniger Fehler. Es wurde auch eine geringere kognitive Arbeitsbelastung und eine höhere Benutzerzufriedenheit mit dem HMD gemessen, verglichen mit dem analogen Handbuch.

### 4.2 AR in der höheren Bildung

Ein zentrales Ziel der Anwendung von AR in Lernumgebungen ist es, eine motivierende Lernerfahrung zu ermöglichen [32]. Spielbasiertes Lernen, Simulationen und Erfahrungslernen sind verbreitete Designelemente für MRLE [32]. Vor allem in Wissenschaftlichen Bereichen in der höheren Bildung kann AR eine große Hilfe sein. Prozesse in der realen Welt, welche nicht mit dem

bloßen Auge zu sehen sind, können hiermit anschaulich visualisiert werden. Zum Beispiel ein elektrisches Netz, chemische Verbindungen oder das Innенleben von komplexen Maschinen [30, 36, 22]. Martín-Gutiérrez et al. haben untersucht, ob AR das kollaborative und autonome Lernen fördern kann [23]. Dazu haben sie für Eletrotechnik-Studenten drei AR Lernszenarien entworfen. Mit einer empirischen Studie ( $n=25$ ) belgten sie, dass in diesen AR-Tools viel Potential steckt und die Akzeptanz dafür sehr groß ist. Außerdem kamen sie zu dem Schluss, dass diese Szenarios adequat sind um kollaboratives und autonomes Lernen zu fördern [23].

### 4.3 AR im Klassenzimmer

Wie man AR im Klassenzimmer anwenden kann und wie man den Lernerfolg dabei am besten misst haben Da Silva et al. untersucht [31]. Sie haben drei Aspekte aufgestellt die man bei der Forschung darüber beachten sollte:

- Die Verwendung mehrerer quantitativer und qualitativer Metriken wird nahegelegt, um einen besseren Überblick über die in den Unterrichtskontext eingebrachte Technologie und ihre Auswirkungen zu erhalten.
- Obwohl es nicht immer möglich ist, eine Langzeitstudie durchzuführen, wird empfohlen, mehr als nur punktuelle Bewertungen zu untersuchen, sondern ihre Auswirkungen auf die Entwicklung der Studierenden langfristig zu beobachten.
- Die Rolle des Lehrers ist außerdem zu beachten. Es ist wichtig, dass der Lehrer empfänglich ist für die Technologie und sich darauf einlässt. Die Werkzeuge müssen flexibel genug sein, um auf den Unterrichtsplan des Lehrers von ihm angepasst werden zu können. Es ist wichtig, dass der Lehrer die Vorteile darin sieht und ausschöpft.

## 5 Evaluationskonzeption und Entwicklung

Ziel dieser Arbeit ist es drei Grundlegende Hypothesen zu beantworten.

- Bringt die Verwendung von AR-Zusatzinhalten für das Bildungsfernsehen einen Mehrwert, beziehungsweise hat die App einen positiven Effekt auf die Wahrnehmung des Nutzers?
- Wie gut lässt sich eine AR-App mit Fernsehensendungen kombinieren, ist der Nutzer bei der Benutzung überfordert?
- Kann der Nutzer mithilfe von AR-Zusatzinhalten zum Bildungsfernsehen etwas gefühlt besser oder schneller verstehen?

### 5.1 Evaluationskriterien

Anhand der Hypothesen wurden drei Kriterien aufgestellt, die in der Nutzerstudie untersucht werden sollen.

**Mehrwert** Bei dieser Arbeit wird der Begriff *Mehrwert* wie folgt behandelt: Sehen die Nutzer nach der Verwendung einer TV-Basierten AR-Anwendung einen Vorteil darin, diese zu verwenden, gegenüber herkömmlichen TV-Produktionen.

**Cognitive Load** Die mentale Belastung (*Cognitive Load*) ist ein wichtiges Kriterium. Nachdem zwei Medien kombiniert werden, das Fernsehen und Smartphones, kann es sein, dass dies den Nutzer mental überlastet. Es soll evaluiert werden, wie gut die Nutzer mit dieser Kombination umgehen können.

**Gefühlter Lerneffekt** Zuletzt soll untersucht werden ob der Nutzer bei der Verwendung gefühlt einen höheren Lerneffekt hat. Den tatsächlichen Lerneffekt zu erfassen, hätte den Rahmen dieser Arbeit gesprengt.

### 5.2 Evaluationsszenario

Zur Untersuchung dieser Kriterien wurde ein Evaluationsszenario entworfen. Das Szenario zeigt einen konkreten Anwendungsfall wie man Erklärvideos mit einer AR-App kombinieren kann. Dazu sollen zwei Erklärvideos eigenständig produziert werden. Die Videos sollen jeweils ca. 5 Minuten dauern. In ihnen erklärt ein Moderator mit Hilfe von AR-Objekten, Animationen und Videoausschnitten etwas über ein konkretes Thema. Außerdem soll eine Smartphone-AR App entwickelt werden. Die App soll zum einen die gleichen AR-Objekte anzeigen können und zum anderen auch Interaktionen mit diesen Objekten ermöglichen. Die App wird auch in zwei Teile geteilt, jeder Teil bietet Inhalte zu seinem respektiven Video. Beide App-Teile müssen eine ähnliche Anzahl an Interaktionen bieten, genauso wie die beiden Videos eine ähnliche Länge haben sollten und die gleiche Menge an Informationen vermitteln. Dies ist notwendig, um unvorhergesehene Variablen auszuschließen.

### 5.3 Konzipierung

Die Inhalte des Videos und der App sind Informationen über die Internationale Raumstation *ISS*. Die ISS ist ein neutrales Thema, welches das Interesse vieler Leute wecken kann. Die Raumstation bietet eine Vielzahl an kleinen und großen Themen die man in einem Erklärvideo behandeln kann. Außerdem sind viele Aspekte davon abstrakt und können daher von einer visuellen Darstellung in AR profitieren. Während der Erstellung des Skripts wurden für die beiden Videos jeweils ein eigenes Thema herausgesucht. Das erste Video vermittelt grundlegende Informationen über die ISS. Hier wird der Hintergrund und Aufbau etwas beleuchtet, erklärt wie die Astronauten dort überleben und zum Schluss, in einem anschaulichen Vergleich, die Größe und das Gewicht der ISS beschrieben. Im zweiten Video, geht es um die Umlaufbahn der ISS um die Erde. Es wird beantwortet, wie schnell die ISS fliegt, was es mit dem Höhenverlust (*Orbital Decay*) auf sich hat und weshalb sie 400km hoch fliegt und nicht höher oder niedriger.

Aus dem Skript wurde ein Storyboard erstellt (siehe 5.1. Im Anhang ist das komplette Storyboard zu finden), welches auch schon Anweisungen beinhaltet, welche Features die App dafür haben muss. Anhand des Storyboards und den Anforderungen an die App die es stellte, wurden notwendige und mögliche Features für die App erfasst. Diese bildeten die Grundlage für die Gestaltung der Anwendung.

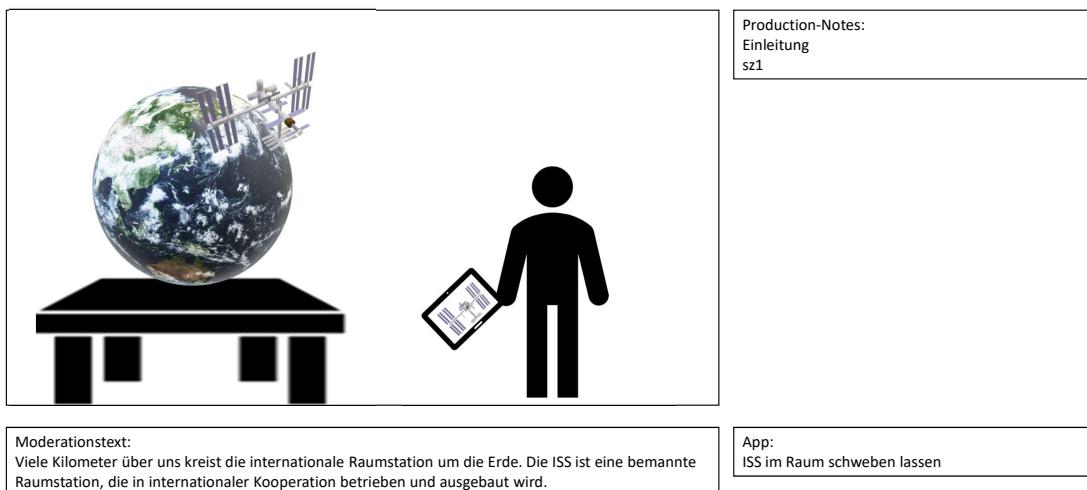


Abbildung 5.1: Ausschnitt aus Storyboard

## 5.4 Entwicklung

Im folgenden Kapitel wird über die Produktion der Videos und der *SpaceStationAR* App berichtet. Es wird außerdem näher auf die Funktionalität der App eingegangen.

### 5.4.1 Videoproduktion

Die Videos bestehen aus einem Wechsel aus Moderatorszenen und Videos sowie Animationen über die der Moderator spricht. In den Moderatorszenen erzählt ein Moderator im Studio etwas, wobei neben ihm sichtbar ein 3D-Modell aus der App, passend zum Erzählten plaziert wurde. Die Moderatorszenen wurden mit einem Pixel 3 Smartphone aufgenommen. Dieses war zur Stabilisierung an einem Gimbal festgemacht und stand auf einem Stativ. Im Storyboard war noch eingeplant, dass der Moderator ein Tablet in der Hand hält mit dem er selber die App bedienen und mit den Objekten interagieren kann. Das konnte in der Produktion nicht umgesetzt werden, weil die Interaktion des Moderators mit den 3D-Objekten nicht synchron an die Kamera weitergegeben werden konnte. Um die 3D-Modelle schon bei der Aufnahme mit im Video zu haben, wurde die App geöffnet, auf den Moderator gerichtet, die Modelle plaziert und das Video über Bildschirmaufnahme (*Screencapture*) aufgenommen. Leider ging durch diese Methode einiges an Bildqualität verloren, die Auflösung des Videos musste auf 720p verringert werden um ein akzeptables Seherlebnis zu ermöglichen. Beide Videos dauern jeweils ca. fünf Minuten. Es wurden jeweils zwei Versionen der beiden Videos produziert. Jedes Video hat eine Version mit einer Einleitung für die Benutzung der App und eine ohne. In den Videos, bei denen Probanden die App zusätzlich zum Video benutzen, gibt es zum Schluss kurz einen Hinweis, dass man jetzt nochmal Zeit hat sich die App in Ruhe anzuschauen. Während diesen zwei Minuten, liefen im Video Aufnahmen der ISS zusammen mit einem Soundtrack. Bei den beiden Videos ohne die App wurde dieser Teil rausgeschnitten.

### 5.4.2 App-Anforderungen

Für die Evaluation wurde die *SpaceStationAR* App entwickelt. Die App wurde in zwei Teile aufgeteilt, ein Teil für jedes geplante Erklärvideo. Die Funktionen der beiden Teile haben einige Überschneidungen doch sind an manchen Stellen sehr unterschiedlich. Trotzdem sollten beide Teile eine ähnliche Anzahl an Interaktionsmöglichkeiten bieten.

**Anforderungen an Teil 1 der App** Im ersten Teil der App soll die ISS mit bekannten Objekten von der Erde (Fahrzeuge, Tiere, Gebäude o.ä.) verglichen werden können. Nachdem eine passende Oberfläche gefunden wurde soll ein 3D-Modell der ISS darauf erscheinen, man soll die Position des Modells anpassen und die Platzierung anschließend bestätigen können. Danach steht ein Menü zur Verfügung aus dem sich der Nutzer aus einer Liste an Objekten eines aussuchen und frei um die ISS platzieren kann. Alle platzierten Objekte haben ein realistisches Größenverhältnis zueinander und können zusammen skaliert werden. Es muss zudem eine Anzeige geben die das Gewicht der ISS mit dem aller platzieter Objekte gegenüberstellt.

Im Folgenden werden alle Hauptfunktionen die der erste Teil der App bieten muss aufgelistet, geordnet nach ihrer Priorität:

- Mehrere 3D-Objekte können in AR nebeneinander im Raum plaziert werden.
- Eine Liste an Objekten die man zusätzlich platzieren kann.
- Speichern und Anzeige des Gewichts jedes Objekts.
- Die Größe der Objekte haben realistische Proportionen.
- Alle Objekte sind einzeln im Raum verschiebbar.



Abbildung 5.2: Paperprototyp von Teil 1 der App

- Durch *Pinchen* werden alle Objekte gleichmäßig skaliert.
- Eine Gewichtsgegenüberstellung von ISS und allen anderen Objekten.

**Anforderungen an Teil 2 der App** Der zweite Teil der App behandelt die Umlaufbahn der ISS um die Erde. Ähnlich wie im ersten Teil soll wiederum eine passende Oberfläche erkannt werden, darauf soll ein 3D-Modell der Erde mit einer sichtbaren Atmosphäre erscheinen über dem ein 3D-Modell der ISS schwebt. Nach Platzierung und Bestätigung des Modells, soll die ISS anfangen die Erde zu umkreisen. Die Höhe der ISS soll immer auch in Zahlen angegeben werden und verstellbar sein. Des Weiteren soll Orbital Decay auf die ISS angewandt werden. Dieser Vorgang kann über ein Menü beschleunigt oder verlangsamt werden. Wenn die ISS auf gefährliche Höhen oder Tiefen kommt, soll der Nutzer visuell darauf hingewiesen werden. Das ISS-Modell soll anfangen zu brennen wenn sie zu nah an die Atmosphäre kommt. Wenn die ISS auf der Höhe des Van-Allen-Gürtels ist, soll ein anderes Symbol angezeigt werden (Totenkopf/Radiation), um zu zeigen, dass es auf dieser Höhe lebensgefährlich ist. Durch einen *Reboost-Button* soll die ISS wieder an Höhe gewinnen können.

Im Folgenden werden alle Hauptfunktionen die der zweite Teil der App bieten muss aufgelistet, geordnet nach ihrer Priorität:

- Die ISS in AR um die Erde kreisen lassen.
- Die Höhe der ISS über der Erde ist mit einem Slider verstellbar.
- Die Höhe der ISS wird angezeigt.
- Orbital Decay wird angewendet.
- Ein *Reboost-Button* mit dem der Nutzer dem Orbital Decay entgegenwirken kann.
- Visuelle Warnung und Veränderung des ISS-Modells bei bestimmten Höhen.
- Ein Menü zur Anpassung des Orbital Decay.
- Objekte sind im Raum verschiebbar.

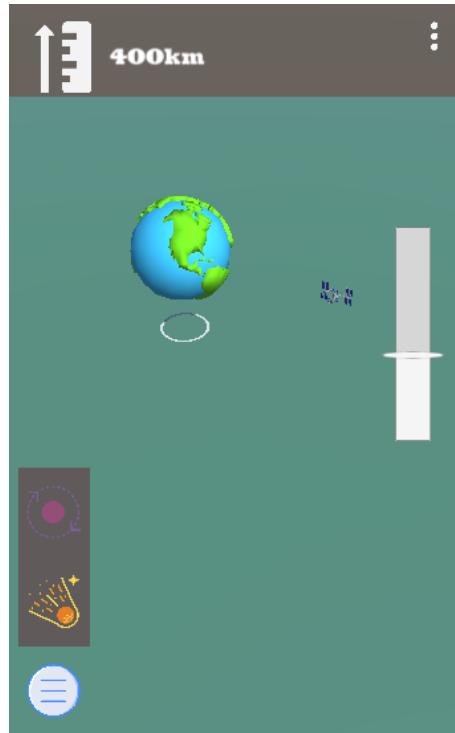


Abbildung 5.3: Screenshot von Teil 2 der *SpacestationAR*-App

### 5.4.3 Implementierung

Die App wurde mit der *Game-Engine* Unity entwickelt. Bei der Einarbeitung in *Unity* und AR wurde noch mit *ARCore* gearbeitet [1]. Nachdem die notwendige Dokumentation in *ARFoundation* hilfreicher war und *ARFoundation* noch andere Vorteile mit sich bringt, wurde für die Implementierung der App mit *ARFoundation* durchgeführt [2]. Unter anderem bietet *ARFoundation* den Vorteil, dass die AR-Features mit einer Codebasis sowohl auf Android als auch iOS deployed werden können. Außerdem wurde die Implementierung von einigen Grundfeatures von AR in *ARFoundation* stark gestrafft und vereinfacht.

**System** Die *Unity-Version 2019.1.3f1* wurde für die Entwicklung der App benutzt. Das *package AR Foundation preview.2 - 2.1.0* ermöglichte die Implementierung von AR. Dazu wurden außerdem *ARCore XR Plugin preview 4 - 2.1.0*, *XR Legacy Input Helpers 2.0.2* und *Multiplayer HLAPI 1.0.2* gebraucht. *Deployment* auf iOS-Geräten wurde nicht getestet. Dafür wäre zusätzlich das *AR-Kit XR Plugin* benötigt worden, sowie eine Möglichkeit in *XCode* zu kompilieren. Das *Poly Toolkit for Unity 1.1.2* wurde des Weiteren eingesetzt um Zugriff auf die meisten in der App verwendeten 3D-Modelle zu bekommen. Mit dem *Poly Toolkit* können 3D-Modelle aus dem *Google Poly Store* direkt in Unity importiert werden [16]. In Unity wurden außerdem *Android Logcat preview - 0.2.7* zum *Debuggen* der Android-App verwendet. Als *Minimum API Level* für die Android-App wurde die Anroid Version 7 festgelegt. Allerdings wurde nur mit Geräten gearbeitet, welche mit der Anroid Version 9 liefen. Der Grund hierfür war, dass es zu Fehlern kam, wenn eine andere Version als 9 für das *Deployment* verwendet wurde. Die genaue Ursache dieses Fehlers konnte nicht ermittelt werden.

**AR-Foundation Setup** Das Basis-Setup für AR wird von *ARFoundation* bereits zu Verfüigung gestellt [2]. Dies geschieht, indem die beiden GameObjects *AR Session* und *AR Session*

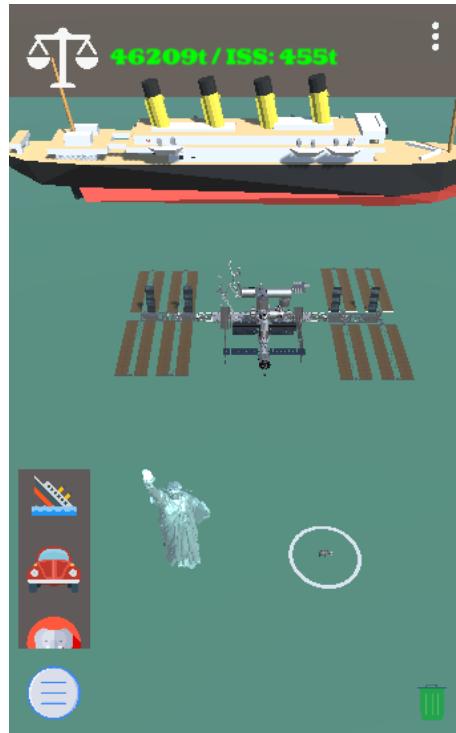


Abbildung 5.4: Screenshot von Teil 1 der SpacestationAR-App

Origin in die Unity-Szene einfügt werden. AR Session kontrolliert den Lebenszyklus der AR-Erfahrung, ist also dafür zuständig die Raumerkennung und das Tracking für AR auf dem Gerät zu aktivieren oder deaktivieren. Der Zweck von AR Session Origin ist es, *Trackable Features* (wie Oberflächen und *Feature Points*) in ihre endgültige Position, Ausrichtung und Skalierung in der Unity-Szene zu bringen. Ein Kamera-Objekt wird als Kind von AR Session Origin eingerichtet. Hier wird ebenfalls von ARFoundation eine Kamera-Komponente bereitgestellt, welche dafür sorgt, dass VST möglich ist, sodass die Seherfahrung so ist, als ob man durch das Handy schauen würde. Des Weiteren sind an AR Session Origin einige C#-Skripte bereits angehängt, welche die *Trackable Features* verwalten. Mit diesem *Setup* kann also ein Live-Videobild in der App angezeigt werden, in dem erkannte Oberflächen farblich markiert werden

**Funktionen für die App** Das bereits an AR Session Origin hängende Skript `SessionController.cs` wurde entsprechend erweitert, um alle Hauptfunktionen zu verwalten, welche beide Teile der App überschneiden. Spezielle Funktionen für die einzelnen Teile wurden auf die Skripte `Part1Controller.cs` und `Part2Controller.cs` ausgelagert.

**Objekte** Es können mehrere 3D-Objekte auf die erkannten Oberflächen gesetzt werden. Zu jedem Zeitpunkt kann es außerdem ein ausgewähltes Objekt (`GameObject selectedGameObject`) geben. Das ausgewählte Objekt wird mit dem `GameObject SelectionVisualization` visuell als solches markiert, indem ein weißer Kreis unter dem ausgewählten Objekt angezeigt wird. Der Zustand des ausgewählten Objekts wird mit `int selectedObjectState` erfasst. Die drei Zustände, die es geben kann, sind `Gone` (0), `Placing` (1) und `Placed` (2). Mit der Methode `CreateObject(GameObject gameObject)` wird das übergegne *Prefab* instanziert. Dieses wird sogleich als ausgewähltes Objekt gekennzeichnet mit dem Zustand `Placing`. Das Objekt ist noch deaktiviert, also nicht sichtbar.

Sobald die Kamera eine erfasste Oberfläche im Mittelpunkt hat, wird der Zustand auf

Placing geändert. Solange eine erfasste Oberfläche im Mittelpunkt ist, wird das Objekt durch `ToggleGameObject(GameObject gameObject)` aktiviert und verfolgt den Mittelpunkt mit `MoveSelectedObject(Vector3 newPosition, bool autoRotate)`. `AutoRotate` ist hier `true`, dadurch ist das ausgewählte Objekt immer in Richtung der Kamera gewendet. Durch einen `Button` am unteren Rand des Bildschirms kann das ausgewählte Objekt fest platziert werden. Der Zustand des ausgewählten Objekts wird hierzu in `PlaceSelectedObject()` auf `Placed` gesetzt.

**Interaktion** Ein ausgewähltes, platziertes Objekt kann durch Bewegungssteuerung manipuliert werden. Das Objekt kann verschoben werden, indem man es mit einem Finger auswählt und über den Bildschirm zieht. Mit zwei um das Objekt rotierenden Berührungen wird es gedreht. Die Methode `HandleTouch()` wird in `LateUpdate()` aufgerufen. `LateUpdate()` wird automatisch von Unity nach dem regulären `Update()` einmal mit jedem angezeigten *Frame* aufgerufen. `HandleTouch()` überprüft ob es eine Eingabe gab und falls dem so ist, welche Eingabe getätigt wurde. Entsprechend wird das Objekt dann bewegt oder rotiert. Durch eine Berührung außerhalb des ausgewählten Objekts, wird die Methode `SetSelected(Ray ray)` aufgerufen. In dem man ein anderes Objekt berührt, wird dieses Objekt als neues ausgewähltes Objekt ernannt. Mit einer Berührung abseits irgendeines Objektes wird das ausgewählte Objekt mit der Methode `Unselect()` abgewählt und der Zustand auf `Gone` gestellt. Im ersten Teil der App, während dem Zustand `Gone`, können alle Objekte gemeinsam mit der Methode `ScaleAllObjects(Vector3 newScale)` vergrößert oder verkleinert werden. Dies geschieht durch Auseinander- oder Zusammenziehen zweier Finger auf dem Bildschirm (*Pinchen*).

**Prefabs** Alle 3D-Modelle die in der App benutzt werden sollten, wurden angepasst und als *Prefabs* in Unity gespeichert. Die zur Platzierung verfügbaren *Prefabs* wurden mit einem von zwei *Tags* versehen: `MainObject` oder `SecondaryObject`. Bevor Objekte in die Szene gesetzt werden können muss ausgewählt werden, welchen Teil der App man benutzen will. Dafür gibt es anfangs zwei *Buttons* welche die Methode `StartPart(int partNumber)` ausführen. Je nachdem welcher Teil ausgewählt wird, wird eines der beiden `MainObjects` erstellt und kann platziert werden. Im ersten Teil ist das `MainObject` das Modell der ISS. Das Modell der Erde mit der umkreisenden ISS, ist das `MainObject` des zweiten Teils. Im zweiten Teil der App gibt es keine `SecondaryObjects`, im ersten Teil sind es die Vergleichsobjekte, welche um die ISS herum platziert werden können. `SecondaryObjects` können durch einen *Button* mit Mülleimer-Symbol am unteren rechten Bildschirmrand gelöscht werden mit `RemoveObject(GameObject gameObject)`.

**Menü** Zu jedem Zeitpunkt ist am rechten oberen Rand des Bildschirms ein *Menu-Button* sichtbar welcher ein Menü öffnet. Das Menü beinhaltet zwei *Buttons*. Mit einem der *Buttons* kann man die komplette Szene neu laden. Dass führt dazu, dass alle Objekte entfernt werden, das *Tracking* der Oberflächen zurückgesetzt und erneut angefangen wird und man wiederum einen Teil der App aussuchen kann. Der andere *Button* wurde für die Videoproduktion hinzugefügt. Mit ihm kann man alle UI-Elemente der App verstecken, bis irgendwo auf den Bildschirm getippt wird. Am linken unteren Rand des Bildschirms gibt es einen weiteren *Menu-Button*, welcher nur sichtbar ist nachdem ein Teil der App ausgewählt wurde. Dieses Spezial-Menü beinhaltet dann jeweils die speziellen Inhalte für die beiden Teile der App.

**Informations- und Benachrichtigungsfelder** Es gibt zwei Felder, welche je nach Bedürfnis gefüllt werden können. Sie beinhalten jeweils ein Textfeld und ein freies Feld für ein Bild vom Typ `Sprite`. Das Informationsfeld befindet sich am oberen linken Rand des Bildschirms. Es wird erst aktiviert, wenn ein Teil ausgewählt wurde. Das Benachrichtigungsfeld befindet sich

in der Mitte des Bildschirms. Hier, sowie bei dem Informationsfeld können das Feld für Text und Bild jederzeit frei angepasst werden. Das Informationsfeld wird immer mit den anderen UI-Elementen angezeigt. Das Benachrichtigungsfeld ist grundsätzlich deaktiviert. Indem man in `NotificationController.cs` die Methode `Notification(Sprite newSprite, string newText, float delay, float timing, int maxCount)` aufruft, bestimmt man wann die neuen Benachrichtigungsinhalte kurz aufleuchten sollen, in welchem Abstand sie immer wieder aufleuchten sollen und wie oft sie insgesamt aufleuchten sollen.

**Spezielle Funktionen** Im ersten Teil der App werden die realen Gewichte der platzierten `SecondaryObjects`, mit dem der ISS gegenübergestellt. In einem an dem jeweiligen Prefab hängendem Skript werden die Gewichte gespeichert. Die Gewichte der `SecondaryObjects` werden addiert mit `AdjustWeight(float weight)`. Das addierte Gewicht wird neben dem Gewicht der ISS im Informationsfeld angezeigt. Die Größenverhältnisse zwischen den platzierten Objekten ist realistisch. Die richtigen Proportionen umzusetzen stellte eine Herausforderung dar. Eine Längeneinheit in Unity entspricht einem Meter in der echten Welt. Die importierten 3D-Modelle entsprachen allerdings nicht dieser Skalierung. Um die richtigen Proportionen zu bekommen, wurde jedes 3D-Modell an einen Kubikmeter großen Würfel im Unity-Editor angepasst. Anschließend wurde das echte Größenverhältnis der Objekte mit der ISS erfasst, eine Boeing 747 ist zum Beispiel 0.65 mal so groß wie die ISS. Das ein Kubikmeter große Objekt in Unity wurde dann um diesen Faktor vergrößert beziehungsweise verkleinert (Tabellen zu den Berechnungen sind im Anhang unter "Prefab Proportionen" zu finden).

Im zweiten Teil der App wird der Orbit des ISS-Objekts um das der Erde mit `Orbit()` angewandt. Die Höhe des ISS-Objekts über dem der Erde wurde so festgelegt, dass es visuell ansprechend ist. Die reale Höhe, welche die ISS über der Erde hätte, wird im Informationsfeld angezeigt. Die Höhe der ISS ist mit einem, im Spezial-Menü aktivierbaren Slider veränderbar. Die Höhe der ISS wird in jedem Update mit `CheckHeight()` überprüft. Wenn die reale Höhe der ISS unter 100km liegt, wird ein Benachrichtigung gesendet, dass die ISS zu nah an die Atmosphäre kommt. Zusätzlich werden Flammenpartikel um das ISS-Modell erzeugt. Wenn die ISS 700km überschreitet, wird eine Benachrichtigung gesendet, welche vor radioaktiver Strahlung warnt.

Nachdem das `MainObject` platziert wurde, wird der Orbit der ISS um die Erde mit `ToggleOrbit()` aktiviert. Der Orbit kann außerdem im Spezial-Menü an- und ausgeschaltet werden. Nach der Platzierung wird auch Orbital Decay auf die ISS mit `ToggleOrbitalDecay()` angewandt. Darauf wird `OrbitalDecay()` ein mal pro Sekunde ausgeführt, in dem die ISS einen Kilometer an Höhe in dem Informationsfeld verliert. Der Höhenverlust wird auch entsprechend auf die Entfernung der 3D-Objekte angewendet. Eine Sekunde in der App entspricht also, bezüglich des Höhenverlustes, zehn Tagen in der Wirklichkeit.

Am linken unteren Rand des Bildschirms wird nach der Platzierung des `MainObject` der *Reboost-Button* sichtbar. Durch Betätigung des *Buttons* gewinnt die ISS wieder mit `Reboost()` einen Kilometer an Höhe.

**Testen im Unity-Editor** Das *Deployment* auf einem Smartphone dauerte oft einige Minuten. Daher wurde früh ein Weg gesucht, die App auch im Unity-Editor testen zu können. Um das zu ermöglichen, wurde der `TestARFloor` angelegt. Dieser hat alle Eigenschaften einer erkannten AR-Oberfläche und wird nur angezeigt, wenn die App über den Unity-Editor gestartet wird. Um hierbei anstatt mit Berührungssteuerung die Maus benutzen zu können musste der Code an einigen Stellen erweitert werden. Doch insgesamt wurde hiermit sehr viel Zeit gespart. Inzwischen wird die Funktion, AR im Unity-Editor zu testen, offiziell von ARFoundation angeboten [3].

## 6 EVALUIERUNG

### 6 Evaluierung

Im nächsten Abschnitt werden folgende Abkürzungen verwendet:

- n = Anzahl Teilnehmer
- M = Mittelwert
- V = Varianz
- p = Wahrscheinlichkeitswert
- SA = Standardabweichung
- GA = Geistige Anforderung
- KA = Körperliche Anforderung
- ZA = Zeitliche Anforderung
- L = Leistung
- A = Anstrengung
- F = Frustration

#### 6.1 Durchführung der Nutzerstudie

Die Studie ( $n = 30$ ) ist wie folgt aufgebaut (Siehe Abbildung 6.1): Zuerst sollen die Versuchspersonen demografische Informationen abgeben und auf einer Likert-Skala von 1-7 jeweils angeben, welches Vorwissen sie über die ISS haben und ob sie schon öfter in Kontakt mit AR-Anwendungen gekommen sind. Anschließend werden Versuchspersonen durch eine simple AR-App namens *Slither* in die Grundlagen von Smartphonebasiertem AR eingeführt [17]. Diese App ist das Ergebnis eines Tutorials von Google für ARCore. Zum einen soll damit der Neuheitseffekt (*Novelty Effect*) der Probanden ein wenig gemindert werden. Zum anderen wird damit ein wichtiger Aspekte von Smartphone-AR vermittelt: Das Scannen von Oberflächen, indem man die Kamera über der Oberfläche leicht im Kreis schwenkt. Den Probanden wird erklärt, dass ihre Aufgabe darin besteht etwas über die ISS zu lernen. Nach dieser Einführung werden den Probanden die zwei vorher beschriebenen Videos gezeigt. Zu einem der beiden Videos wird dem Proband ein Smartphone mit der *SpacestationAR*-App bereit gestellt. Welches Video der Proband zuerst sieht, und zu welchem er die App zur Verfügung hat ist zufällig um die gleichmäßige Verteilung von bekannten und unbekannten Variablen zu ermöglichen. Außerdem soll damit ausgeschlossen werden, dass eine der beiden Teile grundsätzlich leichter oder schwerer zu verstehen ist als das andere. Den Probanden steht die Entscheidung frei, ob sie schon während das Video läuft die App verwenden, oder ob sie bis zum eingeplanten Moment am Ende des Videos warten. Abschließend sollen die Probanden zwei digitale Fragebögen ausfüllen, den *NASA TLX* Test sowie den *User Experience Questionnaire*. Für beide Fragebögen wird eine Likert-Skala von 1-7 verwendet. Am Ende der zwei Fragebögen gibt es noch eine freiwillige Kommentarzeile.

**Methodik** Die Studie ist mit *Within-Subject-Design* angelegt. Die Studie soll qualitativ ausgewertet werden. Folgende Variablen wurden für diese Studie erkannt:

Independent variables	Dependent variables	Confounding variables
Zugang zur AR-App	Gefühlter Lerneffekt	Bedienungsprobleme
Reihenfolge der Videoabschnitte	Aufmerksamkeit	Verständnisprobleme
	Bedienungsfreundlichkeit	Vorwissen
		Novelty Effect

Tabelle 6.1: Variablen der Nutzerstudie

**Teilnehmerprofil** Das Szenario hat es ermöglicht, eine breite Zielgruppe anzusprechen. Sowohl Jugendliche, als auch Senioren können sich für die Raumstation interessieren. Das Teilnehmerprofil umfasste eine Altersgruppe von 15 bis 65 Jahren. Teilnehmer sollten bestenfalls kein ausgeprägtes Wissen über die ISS haben. Außerdem wurde vorausgesetzt, dass sie *Digital Natives* oder *Digital Immigrants* sind und ein Smartphone grundsätzlich bedienen, sowie die erwartungskonformen Features in der App ohne Erklärung verwenden können. Bei der Abfrage des Vorwissen wurde im Durchschnitt ein geringes Wissen über die ISS ( $M = 3,06$ ) und wenig Erfahrung mit AR ( $M = 3,1$ ) angegeben. Die Teilnehmer bestanden aus Studenten, Gymnasialschülern und Mitarbeitern des Instituts für Rundfunktechnik.

**Zeitlicher Ablauf** Der zeitliche Ablauf für jeden Testdurchlauf ist wie folgt:

Pre-Questionnaire	1min
Einführung in AR	4min
Erstes Video	5min
Fragebogen	5min
Zweites Video 2	5min
Fragebogen	5min
<b>Gesamtzeit</b>	20-30min

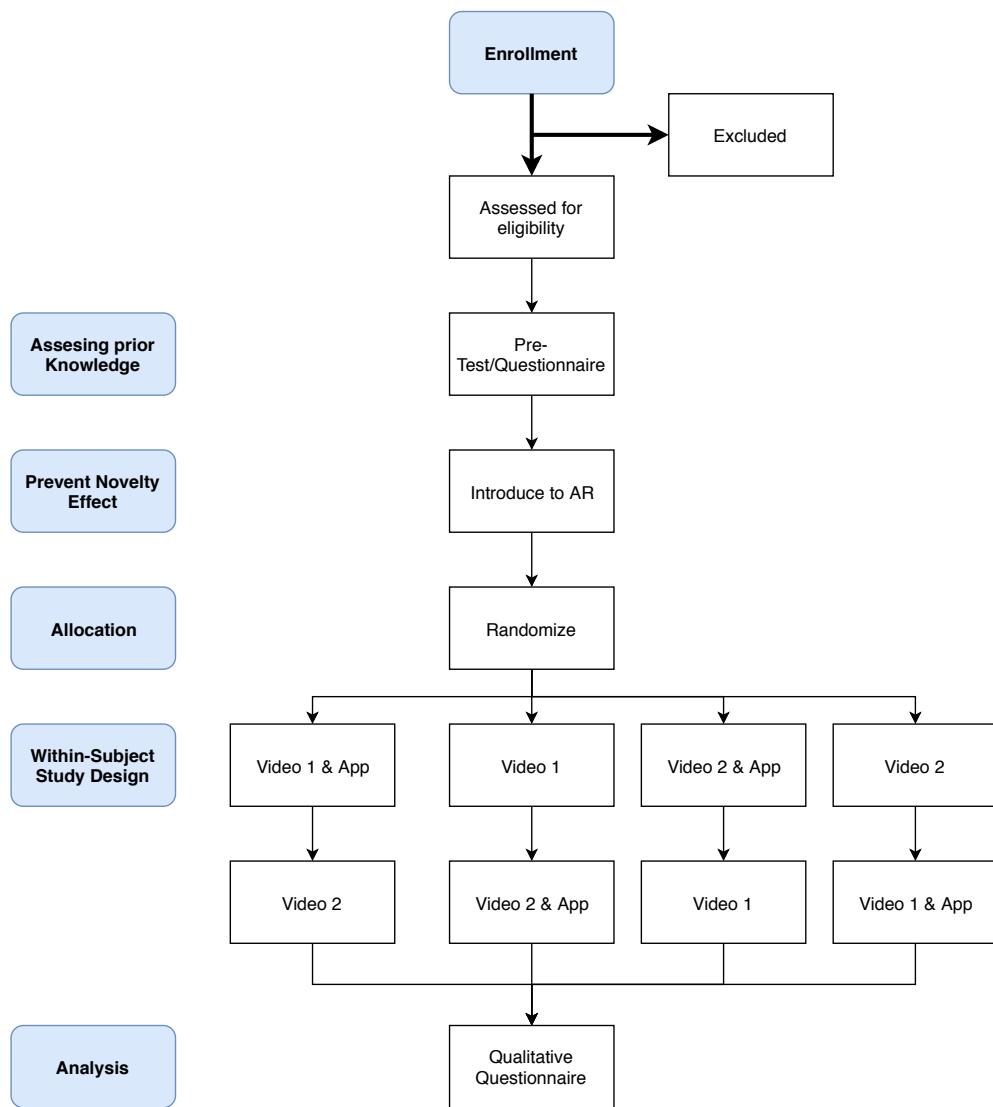


Abbildung 6.1: Study Design Diagramm

## 6.2 Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Nutzerstudie präsentiert. Für die Auswertung der Fragebögen wurde mit Microsoft Excel gearbeitet. Bei den Fragebögen werden die beiden Methoden, "Video mit App" und "Video ohne App", miteinander verglichen.

### 6.2.1 NASA-TLX

Der *NASA Task Load Index* (NASA-TLX) ist ein subjektives Bewertungsinstrument, das die wahrgenommene Arbeitsbelastung (*workload*) für ein System ermittelt. Die Skalen des Fragebogens, bestehend aus GA, KA, ZA, L, A und F, wurden mit statistischen Methoden ausgewertet.

	GA	KA	ZA	L	A	F
p (T.TEST)	0.0148	0.000017	0.17	0.654	0.478	0.037
M (App)	3.84	2.71	2.71	5.84	2.61	2.29
SA (App)	1.8	1.55	1.63	1.44	1.56	1.25
M (Ohne App)	2.97	1.16	2.16	5.68	2.35	1.77
SA (Ohne App)	1.38	0.45	1.19	1.35	1.56	0.94

Tabelle 6.2: Ergebnisse des NASA-TLX

Der T-Test mit verbundenen Stichproben (*Related t-test*) und zweiseitiger Analyse (*Two Tails*) hat folgende Auffälligkeiten ergeben. Die Variablen zeigten signifikante Unterschiede in den Bereichen GA, KA und F mit  $p < 0.05$ .

Die Probanden empfanden bei der Verwendung der App zum Video eine 12% höhere Geistige Anforderung, eine 22% höhere körperliche Anforderung und eine 7% höhere Frustration, verglichen zum Video ohne App. Bei beiden Methoden hatten die Probanden das Gefühl eine gute Leistung erbracht zu haben.

### 6.2.2 UEQ

Die Skalen der Wortpaare des *User Experience Questionnaire* (UEQ) wurden in sechs Bereiche zusammengefasst: Attraktivität, Durchschaubarkeit, Effizienz, Steuerbarkeit, Stimulation und Originalität.

Bereich	Methode	M	V
Attraktivität	App	2.09	0.61
Durchschaubarkeit	App	1.76	1.03
Effizienz	App	1.35	1.03
Steuerbarkeit	App	0.88	0.73
Stimulation	App	2.33	0.62
Originalität	App	2.15	0.7
Attraktivität	Ohne App	1.79	0.69
Durchschaubarkeit	Ohne App	1.73	0.68
Effizienz	Ohne App	1.27	0.55
Steuerbarkeit	Ohne App	1.27	0.59
Stimulation	Ohne App	1.62	0.92
Originalität	Ohne App	0.36	2.35

Tabelle 6.3: Ergebnisse des UEQ

Abgesehen von Attraktivität wurden diese Bereiche wiederum in pragmatische Qualität (Durchschaubarkeit, Effizienz, Steuerbarkeit) und hedonische Qualität (Stimulation, Originalität) unterteilt. Pragmatische Qualität beschreibt aufgabenbezogene Qualitätsaspekte, hedonische Qualität die nicht aufgabenbezogenen Qualitätsaspekte.

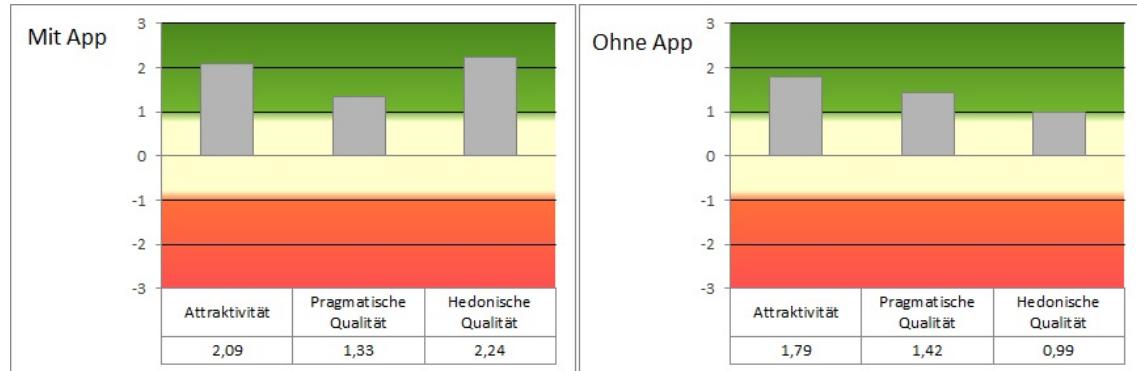


Abbildung 6.2: Ergebnisse der drei Teilbereiche des UEQ

Um mehr über den gefühlten Lerneffekt sagen zu können, wurde der Bereich Durchschaubarkeit genauer untersucht. Zum Bereich Durchschaubarkeit gehört auch das Wortpaar "leicht zu lernen/schwer zu lernen". Hier fällt auf, dass 20% der Probanden, bei der Methode mit der App, mehr in Richtung "leicht zu lernen" tendierten. Die Durchschaubarkeit ist jedoch bei beiden Methoden fast gleich. Dies spiegelt sich auch in der pragmatischen Qualität wider, welche auch bei beiden Methoden ähnlich ist. Die Probanden hatten sowohl mit als auch ohne App das Gefühl ihre Aufgabe, etwas über die ISS zu lernen erfüllt zu haben. Dies deckt sich mit den oben genannten Ergebnissen des NASA-TLX.

Es ist jedoch ein markanter Unterschied in der Attraktivität und der hedonischen Qualität zu bemerken. Die Attraktivität bei der Benutzung der App zu dem Video ist für die Probanden 10% höher, die hedonische Qualität sogar 42% höher als bei dem Video ohne App. Teil der hedonischen Qualität ist die Originalität. Probanden empfanden die Originalität der Methode mit App als 60% origineller. Hier ist der *Novelty Effect* klar erkennbar.

### 6.2.3 Qualitative Observationen

Durch die Kommentarzeile nach den Fragebögen, Beobachtungen während der Studie und Gesprächen mit den Probanden nach der Studie konnten einige Schlüsse zur qualitativen Auswertung gezogen werden. Grundsätzlich gab es eine sehr positive Rückmeldung. Ein Großteil der Probanden äußerten, dass es sehr interessant war und sie viel Spaß dabei hatten. Die erhöhte Interaktion durch die Benutzung der App, wurde gelobt. Eine Gruppe an Schülern, welche auch an der Studie teilgenommen haben, wünschten sich mehr von solchen Lernerfahrungen in ihrem Unterricht. Sie merkten jedoch an, dass die technische Kompetenz ihrer Lehrer nicht ausreichend würde, um so etwas ohne äußere Hilfe im Unterricht einzuführen.

Einige Probanden hatten anfänglich Schwierigkeiten, mit der App umzugehen. Vor allem Probanden, welche davor wenig oder keine Erfahrung mit AR hatten, mussten sich erst einmal an das Erkennen von Oberflächen und das Platzieren von virtuellen Objekten im realen Raum gewöhnen. Bei sehr vielen Probanden war der *Novelty Effect* von AR stark spürbar, einige wollten mit der Einführungs-App *Slither* nicht aufhören, sondern weiterspielen. Die Einführungs-App hat dazu beigetragen, den *Novelty Effect* der Probanden für die *SpaceStationAR*-App ein wenig zu lindern. Obwohl AR für sie immernoch neu und dadurch aufregend war, konnten sie sich nach der Einfüh-

rung etwas mehr auf den eigentlichen Inhalt der *SpaceStationAR*-App konzentrieren. Nach den Kommentaren der Probanden zu schließen, hatte die vergleichsweise geringe Videoqualität keinen negativen Einfluss auf die Bewertung, es ist also hier kein Konfundierungseffekt (*Confounding*) aufgetreten.

Viele haben sich dazu entschieden, schon während des laufenden Videos die App zu benutzen. Probanden welche die App nicht intuitiv bedienen konnten, waren dann schnell eingenommen von der App und konnten dem Inhalt des Videos nicht mehr folgen. Die lineare Seherfahrung wurde durch die Benutzung der App unterbrochen. Zwei Probanden konnten dieses Problem umgehen. Ein Proband hat nur während den Moderatorszenen im Video auf die App geschaut und während der Animationen und Aufnahmen wieder ausschließlich dem Video gefolgt. Ein weiterer Proband hat sich das Video durch die App angeschaut, indem er das Smartphone auf den Fernseher richtete. Beide konnten so den Erklärungen im Video folgen und nebenbei mit den 3D-Objekten interagieren. Zwei Kommentare sind zu dieser Thematik besonders hervorzuheben:

- ”Interessante Erweiterung von TV-Based Learning. Aktiviert die Teilnehmer durch Interaktion. Eine Kopplung von TV-Inhalt mit AR-Experience wäre perfekt, um die Geschwindigkeit dynamisch zu gestalten.”
- ”Informationsfluss ist linear vom Ersteller des Videos zum Rezipienten und in dem vorgegebenen Tempo. Darstellungsform und Gliederung sehr gut, aber Geschwindigkeit kann nicht angepasst werden.”

Ein Wunsch dieser Probanden war also, die Geschwindigkeit des Videos anpassen zu können oder die App mit dem Video zu synchronisieren. Video und App sollen an die Bedürfnisse und das Tempo des jeweiligen Benutzers angepasst sein.

### 6.3 Diskussion

Im folgenden Abschnitt werden zuerst die Ergebnisse zu den drei Hypothesen besprochen. Anschließend werden andere Feststellungen zu den Forschungsergebnissen diskutiert.

**Mehrwert** Es ist klar festzustellen, dass die Nutzer einen Mehrwert in AR-Anwendungen zum Bildungsfernsehen sehen. Diesen Mehrwert sehen sie vor allem in der neuen, interessanten Erfahrung, welche hier die Verwendung von AR bietet. Sowohl das Video mit App also auch ohne empfanden die Nutzer als angemessene Lernerfahrungen, die hedonische Qualität war allerdings deutlich höher bei der Verwendung der App. Man kann also davon ausgehen, dass diese Nutzer die Erfahrung mit der App bevorzugen.

**Cognitive Load** Die mentale Belastung, wenn eine AR-App zusätzlich zu dem Erklärvideo verwendet wird, ist ohne Zweifel höher als sie es ohne App ist. Da jedoch die Probanden das Gefühl hatten, ihre Aufgabe gut erfüllt zu haben, besteht hier keine mentale Überlastung. Falls dieses Konzept weiter angewandt wird und Nutzer vertrauter damit werden, wird dies die mentale Belastung bei der Verwendung weiter verringern. Jedoch muss man klar sagen, dass die Verwendung der App während der Erklärungen bei den meisten Teilnehmern zu einer Überlastung geführt hat. Das Erklärvideo sättigt bereits zwei Informationskanäle des Benutzers, indem es gesprochenen Text und bewegte Bilder gibt. Durch die App kommt ein dritter Informationskanal hinzu. Man muss daher dafür sorgen, dass nicht alle drei Informationskanäle gleichzeitig auf den Nutzer wirken.

**Gefühlter Lerneffekt** Ein erhöhter, gefühlter Lerneffekt bei diesem Einsatz von AR ist hier nur gering spürbar. Den Nutzern hat es zwar sehr gut gefallen und sie würden es auch gerne wieder verwenden, jedoch hatten sie nicht das Gefühl, etwas damit besser oder schlechter gelernt zu

## 7 FAZIT UND AUSBLICK

haben. Die Probanden hatten allerdings das Gefühl mit der App schneller gelernt zu haben. Hier ist also durchaus eine gefühlte Steigerung in der Lernqualität erkennbar.

**Weitere Anmerkungen** Ein Nachteil an diesem Konzept war, dass App und Video nicht enger miteinander gekoppelt waren. Die Nutzer vermissten die Möglichkeit, die Geschwindigkeit des Videos selbst bestimmen zu können, oder eine zeitliche Synchronisation zwischen den gezeigten Inhalten im Video und in der App.

Es stellt sich die Frage, ob Anwendungen wie diese, für Nutzer langfristig interessant bleiben. AR ist immer noch eine Technologie in der Entwicklungsphase und noch nicht in unserem Alltag angekommen. Erst wenn der *Novelty Effect* insgesamt bei AR nachlässt, wird sich zeigen, welche AR-Anwendungen über die Neuartigkeit hinaus einen Vorteil bringen.

## 7 Fazit und Ausblick

### 7.1 Fazit

In dieser Arbeit wurde der Einsatz von einer AR-Anwendung als Zusatz zu Bildungsfernsehen überprüft. In einer Nutzerstudie mit 30 Teilnehmern wurden qualitative Daten erhoben. Den Probanden wurden zwei Erklärvideos gezeigt. Bei einem der beiden Videos hatte der Proband eine AR-App zur Verfügung, mit passenden Inhalten zu dem Video. Die Nutzer waren dabei höher mental belastet aber nicht überlastet. Mit der Verwendung der App hatten die Probanden zwar nicht das Gefühl sie hätten mehr dabei gelernt. Sie hatten jedoch das Gefühl schneller gelernt zu haben. Das System war für die Probanden sehr attraktiv, sie rechneten der Verwendung der AR-App auch eine hohe hedonische Qualität zu. Die in dieser Arbeit beschriebene MRLE ist ein Beispiel wie man eine Lernumgebung an die moderne Gesellschaft anpassen kann. Nach Kiryakova et al. ist diese Anpassung notwendig und kann die Qualität der Bildung verbessern [19]. Die Ergebnisse dieser Arbeit bestärken, dass die Verwendung von AR-Zusatzinhalten für das Bildungsfernsehen sinnvoll ist und legen daher deren weitere Ausarbeitung nahe.

### 7.2 Ausblick und Folgearbeiten

Dieses Thema bietet mehrere Ansatzpunkte, an denen man bei Folgearbeiten anknüpfen kann. Das Konzept wurde grundsätzlich von den Nutzern sehr positiv aufgenommen. Die Grundlegende Frage, ob man mit diesem System tatsächlich besser lernen kann, steht noch offen. Um das herauszufinden, wäre es sinnvoll, eine quantitative Langzeitstudie mit *Between-Subject-Design* anzulegen. Hierfür könnte die Studie aus 2018 von Yip et al. als Vorlage genommen werden [37]. Doch bevor eine neue Studie erstellt wird, sollten einige Aspekte der Anwendung überarbeitet und erweitert werden. Die Erklärvideos waren trotz der schlechten Bildqualität adequat für diese Studie. Dennoch sollte der Produktionswert für weitere Videos erhöht werden. Die beiden Erklärvideos wurden über *Screencapture* des Smartphones aufgenommen, um die 3D-Objekte im Bild zu haben. Hier sollte auf jeden Fall nach einem anderen Lösungsansatz gesucht werden. Schon bei diesen Videos gab es die Überlegung, die 3D-Objekte im Nachhinein in das Video einzufügen, somit nur vorzutäuschen, dass AR verwendet wurde. Eine aufwändiger, aber sicherlich sauberere Methode, wäre ein System wie der *Spectator View* von Microsoft.

Ein Problem, welches sich bei der Studie herausgestellt hat, ist das lineare Seherlebnis. Wenn der Nutzer hier alle Inhalte mitbekommen will, muss er sich zuerst das Video anschauen und anschließend, sobald er im Video dazu aufgefordert wird, die App verwenden. Dies kann man dynamischer gestalten, indem man dem Nutzer mehr Kontrolle über die Erfahrung gibt und die App mit dem

Video synchronisiert. Dafür könnte man die neue *SDK* von *AugmenTV* verwenden [12]. So weiß die App genau, welches Video geschaut wird und bei welcher Zeitmarke es ist. Entsprechend können dann passende 3D-Inhalte vor dem Nutzer angezeigt werden. Dadurch muss der Nutzer weniger Zeit mit der Bedienung der App verwenden und kann sich vielleicht besser auf die Inhalte der App und des Videos konzentrieren. Ein anderer Weg, wie man die Synchronisation umgehen kann, ist alle Inhalte auf einem Bildschirm anzuzeigen, also das Video in die App zu integrieren. Damit kann man die Erfahrung noch weiter strukturieren und dem Nutzer aber gleichzeitig mehr Kontrolle, durch eine Pausefunktionen oder ähnliches geben.

### 7.3 Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei allen bedanken die mich bei der Umsetzung dieser Arbeit unterstützt haben. Danke an Gerd Niedermayer, welcher zur Ausarbeitung des Skripts für die Videos beigetragen hat. Ein großer Dank gilt Christina Schneegraß, welche mir bei der Umsetzung und Auswertung der Nutzerstudie geholfen hat. Des Weiteren danke ich meinen Betreuern, zum einen Kai Holländer von Seiten der LMU sowie Dr. Markus Ludwig und Simon von der Au von Seiten des IRTs. Ein besonderes Dankschön möchte ich Simon aussprechen, welcher mir während der kompletten Arbeit unerlässlich mit Rat und Tat zur Seite stand. Zuletzt möchte ich mich bei meiner Mutter Martina, sowie bei Lisa, Roland und Lucas aus meiner Familie bedanken, welche sich alle die Zeit genommen haben meine Arbeit Korrektur zu lesen.

## 8 Anhang

### 8.1 Prefab Proportionen

<i>1mx1m</i>				
<i>Object</i>	<i>Scale.x</i>	<i>Scale.y</i>	<i>Scale.z</i>	
<i>ISS</i>	0.00445	0.00445	0.00445	
<i>Titanic</i>	0.37	0.37	0.37	
<i>Elephant</i>	0.09	0.10	0.11	
<i>Plane</i>	0.0104	0.0104	0.0104	
<i>LibertyStatue</i>	1,13	1,13	1,13	
<i>Convertible</i>	0.095	0.095	0.095	
<i>OrbitingISS</i>	50	50	50	
<i>BlueWhale</i>	0.0027	0.0027	0.0027	
<i>ProportionalScale</i>				
<i>Object</i>	<i>Scale.x</i>	<i>Scale.y</i>	<i>Scale.z</i>	
<i>ISS</i>	$4.45E - 3$	$4.45E - 3$	$4.45E - 3$	
<i>Titanic</i>	0.9139	0.9139	0.9139	
<i>Elephant</i>	$3.33E - 3$	$3.33E - 3$	$3.33E - 3$	
<i>Plane</i>	$6.7E - 3$	$6.7E - 3$	$6.7E - 3$	
<i>LibertyStatue</i>	0.4769	0.4769	0.4769	
<i>Convertible</i>	$4E - 3$	$4E - 3$	$4E - 3$	
<i>BlueWhale</i>	$7.425E - 4$	$7.425E - 4$	$7.425E - 4$	
<i>RealWorldScale</i>				
<i>Object</i>	<i>Scale.x,m</i>	<i>Scale.y,m</i>	<i>Scale.z,m</i>	<i>Gewicht,t</i>
<i>ISS</i>	109	20	73	455
<i>Titanic</i>	269.1	32	28.19	46000
<i>Elephant</i>	4	3	?	5
<i>Plane</i>	70.41	19.329	59.44	185
<i>LibertyStatue</i>	7.19	46	4.139	204
<i>Convertible</i>	4.6379	1.377	1.825	2
<i>BlueWhale</i>	30	?	?	150
<i>RealProportions</i>				
<i>Object</i>	<i>Proportion</i>			
<i>ISS</i>	1			
<i>Titanic</i>	2.47			
<i>Elephant</i>	$3.69E - 2$			
<i>Plane</i>	0.646			
<i>LibertyStatue</i>	0.4219			
<i>Convertible</i>	$4.25E - 2$			
<i>BlueWhale</i>	0.275			

**8.2 Fragebogen**

## TV-Based Augmented Learning

\* Required

### Szenario

**1. Versuchspersonennummer \***

**2. Mit oder ohne App? \***

Mark only one oval.

- App
- No App

**3. Welcher Teil? \***

Mark only one oval.

- 1
- 2

### Vorwissen und Demografische Fragen

**4. Geschlecht**

Mark only one oval.

- Männlich
- Weiblich
- Divers

**5. Alter**

**6. Wie gut kennen Sie sich mit der Internationalen Raumstation aus?**

Mark only one oval.



**7. Waren Sie bereits mit Augmented-Reality-Anwendungen in Kontakt? (PokemonGo, Microsoft HoloLens, Google Lens, etc.)**

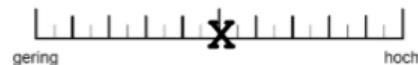
Mark only one oval.



### Beanspruchungshöhe

Geben Sie jetzt für jede der unten stehenden Dimensionen an, wie hoch die Beanspruchung war. Markieren Sie dazu bitte auf den folgenden Skalen, in welchem Maße Sie sich in den sechs genannten Dimensionen von der Aufgabe beansprucht oder gefordert gesehen haben:

**Beispiel:**



- 8. Geistige Anforderungen. Wie viel geistige Anstrengung war bei der Informationsaufnahme und -verarbeitung erforderlich (z.B. Denken, Entscheiden, Rechnen, Erinnern, Hinsehen, Suchen...)? War die Aufgabe leicht oder anspruchsvoll, einfach oder komplex, erforderte sie hohe Genauigkeit oder war sie fehlertolerant? \***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7		
gering	<input type="radio"/>	hoch						

- 9. Körperliche Anforderungen. Wie viel körperliche Aktivität war erforderlich (z.B. Ziehen, Drücken, Drehen, Steuern, Aktivieren,...)? War die Aufgabe leicht oder schwer, einfach oder anstrengend, erholsam oder mühselig? \***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7		
gering	<input type="radio"/>	hoch						

- 10. Zeitliche Anforderungen. Wie viel Zeitdruck empfanden Sie hinsichtlich der Häufigkeit oder dem Takt, mit dem Aufgaben oder Aufgabenelemente aufraten? War die Abfolge langsam und geruhsam oder schnell und hektisch? \***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7		
gering	<input type="radio"/>	hoch						

- 11. Leistung. Wie erfolgreich haben Sie Ihrer Meinung nach die vom Versuchsleiter (oder Ihnen selbst) gesetzten Ziele erreicht? Wie zufrieden waren Sie mit Ihrer Leistung bei der Verfolgung dieser Ziele? \***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7		
gut	<input type="radio"/>	schlecht						

- 12. Anstrengung. Wie hart mussten sie arbeiten, um Ihren Grad an Aufgabenerfüllung zu erreichen? \***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7		
gering	<input type="radio"/>	hoch						

- 13. Frustration. Wie unsicher, entmutigt, irritiert, gestresst und verärgert (versus sicher, bestätigt, zufrieden, entspannt und zufrieden mit sich selbst) fühlten Sie sich während der Aufgabe? \***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7		
gering	<input type="radio"/>	hoch						

---

Kontrollieren sie bitte, ob Sie zu allen Fragen Angaben gemacht haben. Bei Unklarheiten wenden Sie sich bitte an die Versuchsleiterin / den Versuchsleiter.

## User Experience Questionnaire

- 14. 1 \***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7		
unerfreulich	<input type="radio"/>	erfreulich						

- 15. 2 \***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7		
unverständlich	<input type="radio"/>	verständlich						

- 16. 3 \***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7		
kreativ	<input type="radio"/>	phantasielos						

- 17. 4 \***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7		
leicht zu lernen	<input type="radio"/>	schwer zu lernen						

- 18. 5 \***

Mark only one oval.

1	2	3	4	5	6	7		
wertvoll	<input type="radio"/>	minderwertig						

**19. 6 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
langweilig	<input type="radio"/>	spannend					

**20. 7 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
uninteressant	<input type="radio"/>	interessant					

**21. 8 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
unberechenbar	<input type="radio"/>	voraussagbar					

**22. 9 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
schnell	<input type="radio"/>	langsam					

**23. 10 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
originell	<input type="radio"/>	konventionell					

**24. 11 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
behindernd	<input type="radio"/>	unterstützend					

**25. 12 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
gut	<input type="radio"/>	schlecht					

**26. 13 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
kompliziert	<input type="radio"/>	einfach					

**27. 14 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
abstoßend	<input type="radio"/>	anziehend					

**28. 15 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
herkömmlich	<input type="radio"/>	neuartig					

**29. 16 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
unangenehm	<input type="radio"/>	angenehm					

**30. 17 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
sicher	<input type="radio"/>	unsicher					

**31. 18 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
aktivierend	<input type="radio"/>	einschläfernd					

**32. 19 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
erwartungskonform	<input type="radio"/>	nicht erwartungskonform					

**33. 20 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
ineffizient	<input type="radio"/>	effizient					

**34. 21 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
übersichtlich	<input type="radio"/>	verwirrend					

**35. 22 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
unpragmatisch	<input type="radio"/>	pragmatisch					

**36. 23 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
aufgeräumt	<input type="radio"/>	überladen					

**37. 24 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
attraktiv	<input type="radio"/>	unattraktiv					

**38. 25 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
sympathisch	<input type="radio"/>	unsympathisch					

**39. 26 \****Mark only one oval.*

1	2	3	4	5	6	7	
konservativ	<input type="radio"/>	innovativ					

## Kommentar

40.

---

---

---

---

---

---

Powered by



**8.3 Skript**

# Skript

## **ISS-Erklärvideo**

~10min Gesamtlänge

---

### **TEIL 1 -> Einführung:**

Die internationale Raumstation, die ISS.

Viele Kilometer über uns kreist die internationale Raumstation um die Erde. Die ISS ist eine bemannte Raumstation, die in internationaler Kooperation betrieben und ausgebaut wird. Unter der Führung der Vereinigten Staaten stützt sich die ISS auch auf die wissenschaftlichen und technologischen Ressourcen von vier internationalen Partnern: Kanada, Japan, Russland und die Europäische Weltraumorganisation. In der Schwerelosigkeit des Alls, führen Astronauten auf der ISS wissenschaftliche Experimente durch und das bereits seit vielen Jahren.

Wie lange gibt es die ISS schon?

Im Jahr 1988 fing die Zusammensetzung der ISS an. Einzelne Module wurden auf der Erde angefertigt. Anschließend wurden sie von Trägerraketen und Raumfahrten in die Umlaufbahn gebracht und dort zusammengesetzt. So ist die ISS im Verlauf von 12 Jahren Stück für Stück gewachsen. Mehr als 40 Aufbauflüge waren für die Zusammenstellung nötig. Seit dem Jahr 2000 ist die Station für Menschen bewohnbar. Rund 900 Experimente aus 63 Ländern wurden bereits auf der ISS realisiert. Die Experimente im Weltraum verbessern unser Verständnis für Technologien und Vorgänge, die nicht nur für die Erde wertvoll sind, sondern auch für die weitere Erforschung des Weltraums. Die Crew der ISS besteht aus 6 Astronauten. Insgesamt waren schon über 200 verschiedene Astronauten an Bord der ISS.

Wie überleben die Menschen an Bord der Raumstation?

Die Besatzung wird alle paar Monate mit einem Versorgungsschiff beliefert. Dieses bringt neue Lebensmittel, Frischwasser, Kleidung sowie Ersatzteile und neue wissenschaftliche Experimente auf die Station.

Die Stromversorgung der Raumstation geschieht ausschließlich über Sonnenenergie. Solarzellen versorgen die Station mit 120kW. Das wäre genug Strom für 40 Haushalte.

Sauerstoff wird an Bord der ISS aus Wasser hergestellt. Durch Elektrolyse wird Sauerstoff aus Wasser gewonnen. Dafür wird zum einen das Frischwasser vom Versorgungsschiff genommen, zum anderen wird Wasser aus Urin und Schweiß von den Astronauten gefiltert. Ungefähr ein Liter Wasser am Tag wird pro Astronauten für Sauerstoff benötigt. Das Lebenserhaltungssystem an Bord sorgt für eine Atmosphäre, die der Erde entspricht.

Die Astronauten haben also alles, was sie brauchen und haben die einzigartige Gelegenheit im Weltraum auf der ISS zu leben.

Da die meisten von uns die ISS nie näher betrachten können, ist es schwer sich die Ausmaße der Raumstation genauer vorzustellen.

Wie groß und wie schwer ist die ISS eigentlich?

Die ISS hat eine Spannweite von 109 Meter und ist damit etwas länger als eine Boeing 747. Auch der bewohnbare Raum der ISS ist von der Größe her mit dem Innenraum einer Boeing vergleichbar.

Die ISS wiegt 455 Tonnen. Das heißt sie wiegt fast so viel wie einhundert afrikanische Elefanten. Deswegen mussten alle Module auch einzeln ins Weltall gebracht und dort erst zusammengebaut werden. Hätte man die ganze Raumstation auf der Erde gebaut, wäre es aktuell unmöglich etwas so Schweres ins Weltall zu transportieren. Aber sobald alles einmal in die Schwerelosigkeit des Alls gebracht wurde, spielt das Gewicht natürlich keine große Rolle mehr.

*Nutze zum Schluss kurz die Gelegenheit, um in der App die Größe und das Gewicht der ISS nochmal mit anderen Objekten zu vergleichen.*

---

#### **APP, 2min**

#### **TEIL 2 -> Der ISS-Orbit um die Erde**

Die Umlaufbahn der ISS um die Erde

Genauso wie die Erde um die Sonne kreist, so kreist die ISS in einer elliptischen Bahn um die Erde. Und das mit einer Bandgeschwindigkeit von 28.000km/h.

Sie macht 16 Umrundungen am Tag, eine davon dauert also ungefähr 90 Minuten. Mit einer Höhe von 400km befindet sich die Raumstation in einer niedrigen Erdumlaufbahn.

Dadurch verliert die ISS langsam, aber sicher an Höhe. Wieso sinkt die ISS?

Der Hauptgrund dafür ist, dass wenige Luftmoleküle aus der Erdatmosphäre austreten und mit der Raumstation zusammentreffen, die ISS erfährt also auch außerhalb der Atmosphäre etwas Luftwiderstand. Durch die Reibung verliert die Raumstation an Geschwindigkeit. Weniger Geschwindigkeit führt zu einer kleineren Umlaufbahn. Diesen Höhenverlust nennt man „Orbital Decay“.

Außerdem, je höher die Sonnenaktivität, desto weiter dehnt sich die Erdatmosphäre aus. Dann ist der Einfluss der Atmosphäre auf höheren Bahnen größer. Deswegen muss die ISS immer mindestens 200km über der Erde bleiben, sonst könnte der Luftwiderstand zu hoch werden.

So oder so wird die ISS langsam, aber sicher abgebremst und sinkt auf die Erde. Sie verliert jeden Tag ungefähr 100m an Höhe. Wenn man dem nicht entgegenwirkt, würde die ISS in wenigen Jahren auf die Erde stürzen und beim Eintritt in die Erdatmosphäre bei ca. 100km Höhe über der Erde verglühen.

Dieser Höhenverlust wird in unregelmäßigen Abständen durch Beschleunigung in Flugrichtung ausgeglichen. Dieses Manöver nennt man Reboost. Für den Reboost

werden entweder Schubdüsen an den ISS-Modulen verwendet, oder je nach Erfordernis kann auch ein besuchender Raumtransporter, der an der ISS dockt, für den Schub sorgen. In der Vergangenheit haben auch die Space-Shuttles einen großen Anteil zum Ausgleich dieses Höhenverlustes beigetragen. Ein Reboost wird auch verwendet, um Weltraummüll auszuweichen.

Ab einer Höhe von 800 km verbleiben Satelliten mehr als 10 Jahre im All, noch höher fliegende Satelliten praktisch für immer.

Wieso boostet man die ISS dann nicht einfach höher?

Das hat ganz praktische Gründe. Die Reboost-Manöver kosten etwa 7.000 Kilogramm Treibstoff pro Jahr. Es würde allerdings mehr Treibstoff kosten, wenn die Versorgungstransporter höher fliegen müssten, um die ISS zu erreichen. Einen Reboost würde die Raumstation außerdem trotzdem noch oft brauchen, denn in höheren Bereichen ist deutlich mehr Weltraummüll, dem die ISS ausweichen müsste. Auf niedrigen Bahnen wird der Müll durch Luftreibung abgebremst und verglüht beim Eintritt in die Atmosphäre. Daher sind hier die Gefahr und der Aufwand für die Raumstation geringer.

Außerdem wäre da noch der Van-Allen-Gürtel. Der Van-Allen-Gürtel ist der Strahlungsgürtel der Erde. Er ist ein Ring energiereicher geladener Teilchen im Weltraum, die durch das Erdmagnetfeld eingefangen werden. Die Magnetosphäre wirkt dabei als Schutzschild für die Erde, weil sie verhindert, dass solche tödlich wirkenden Teilchen die Erdbewohner erreichen. Der innere Gürtel erstreckt sich in einem Bereich von etwa 700 bis 6.000 Kilometer über der Erdoberfläche und besteht hauptsächlich aus hochenergetischen Protonen.

Wenn sich die ISS innerhalb des Van-Allen-Gürtels befinden würde, wäre die Strahlung für an Bord lebende Astronauten lebensgefährlich.

Die ISS muss also zwischen 200 und 700 km über der Erde fliegen. Nicht zu niedrig, dass Sie nicht zu nah an die Atmosphäre kommt. Nicht zu hoch, sodass Astronauten nicht zu starker Strahlung ausgesetzt sind und die ISS nicht mit größerem Weltraummüll kollidiert.

*Nutze zum Schluss nochmal die Gelegenheit, um dir den Orbit der ISS in der App anzuschauen.*

**APP, 2min**

Danke, fürs zuhören und bis zum nächsten Mal.

---

## 8.4 Storyboard

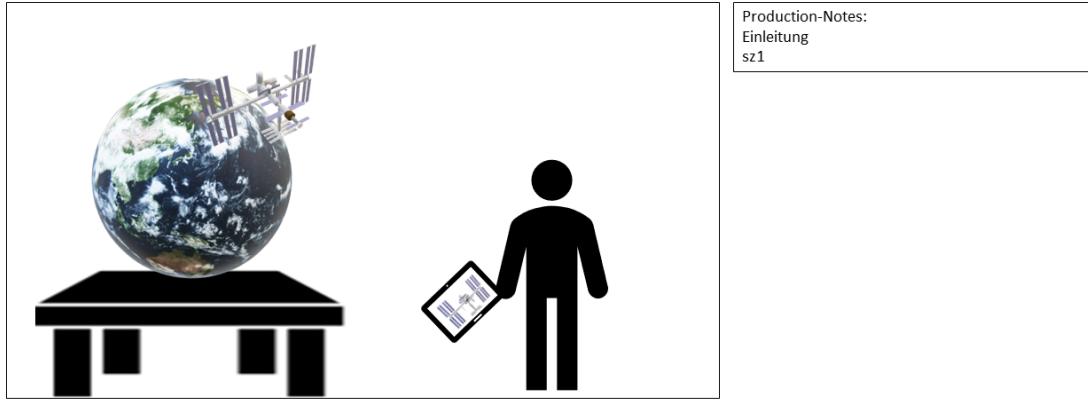


Production-Notes :  
• Intro-Musik  
• Video/Animation ISS

INTRO

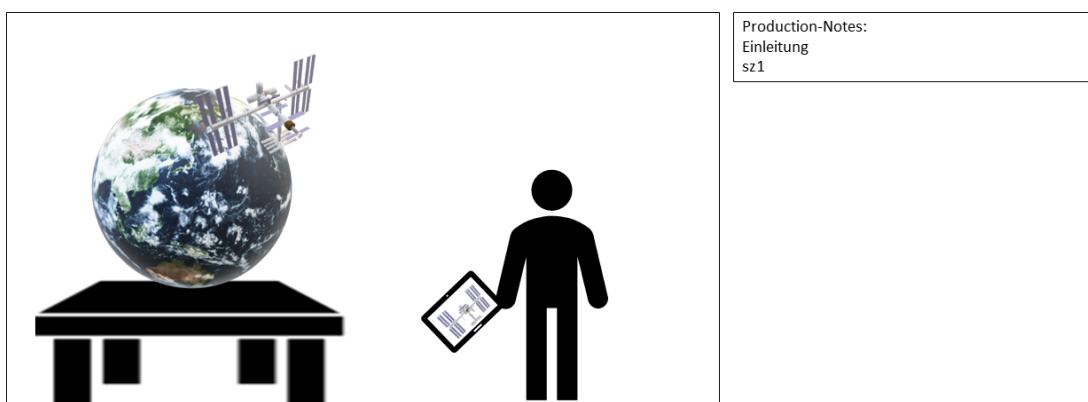
Moderationstext:  
Die internationale Raumstation, die ISS.

App-Anweisung:  
• x



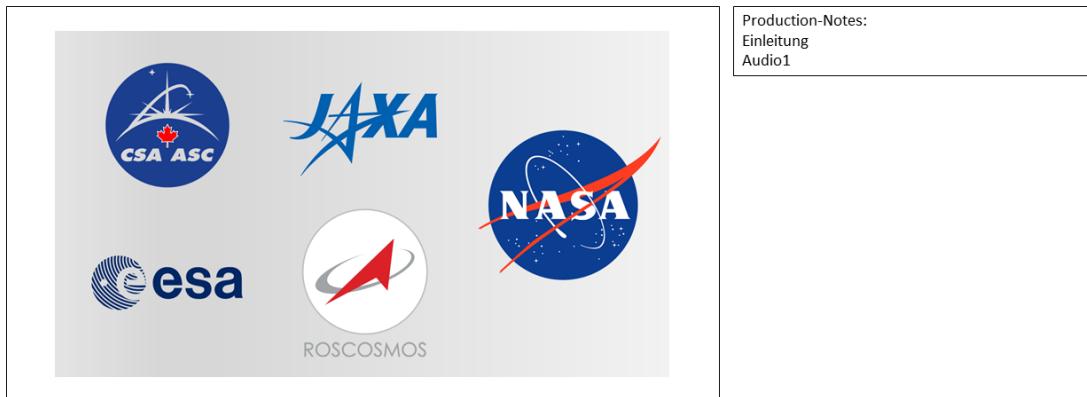
Moderationstext:  
Viele Kilometer über uns kreist die internationale Raumstation um die Erde. Die ISS ist eine bemannte Raumstation, die in internationaler Kooperation betrieben und ausgebaut wird.

App:  
ISS im Raum schweben lassen



Moderationstext:  
Viele Kilometer über uns kreist die internationale Raumstation um die Erde. Die ISS ist eine bemannte Raumstation, die in internationaler Kooperation betrieben und ausgebaut wird.

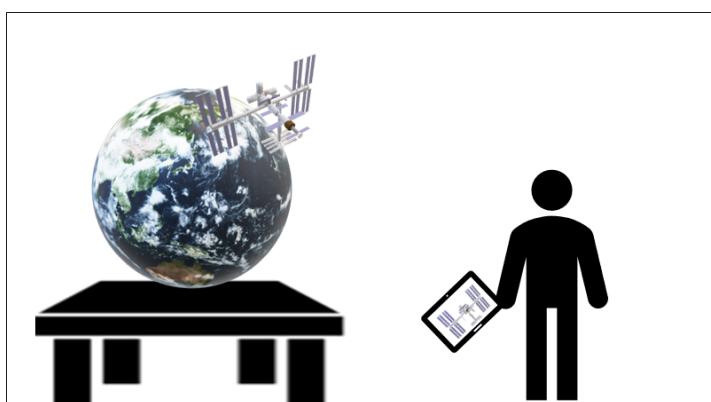
App:  
ISS im Raum schweben lassen



Production-Notes:  
Einleitung  
Audio1

Moderationstext:  
Unter der Führung der Vereinigten Staaten stützt sich die ISS auch auf die wissenschaftlichen und technologischen Ressourcen von vier internationalen Partnern: Kanada, Japan, Russland und die Europäische Weltraumorganisation.

App:  
ISS im Raum schweben lassen



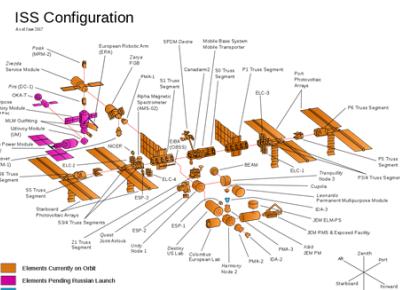
Production-Notes:  
Einleitung  
sz2

Moderationstext:  
In der Schwerelosigkeit des Alls, führen Astronauten auf der ISS wissenschaftliche Experimente durch und das bereits seit vielen Jahren.

Wie lange gibt es die ISS schon?

App:  
ISS im Raum schweben lassen

# VIDEO



Production-Notes :  
ISS Assembly video  
<https://www.youtube.com/watch?v=0WKOUaxD0oE>  
audio2

## Moderationstext:

Im Jahr 1988 fand die Zusammensetzung der ISS an. Einzelne Module wurden auf der Erde angefertigt. Anschließend wurden sie von Trägerraketen und Raumfahrern in die Umlaufbahn gebracht und dort zusammengesetzt. So ist die ISS im Verlauf von 12 Jahren Stück für Stück gewachsen. Mehr als 40 Aufbauflüge waren für die Zusammenstellung nötig. Seit dem Jahr 2000 ist die Station für Menschen bewohnbar.

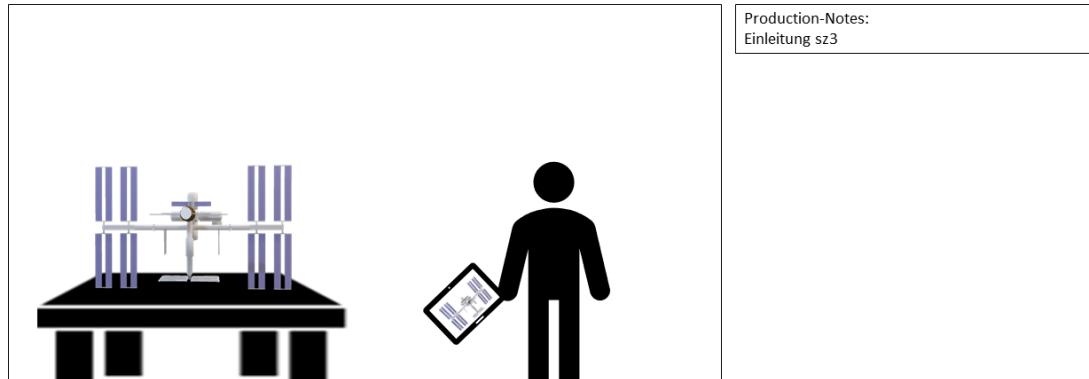
### App-Anweisung:

X

**Moderationstext:**  
Rund 900 Experimente aus 63 Ländern wurden bereits auf der ISS realisiert. Die Experimente im Weltraum verbessern unser Verständnis für Technologien und Vorgänge, die nicht nur für die Erde wertvoll sind, sondern auch für die weitere Erforschung des Weltraums. Die Crew der ISS besteht aus 6 Astronauten.

Production-Notes:  
Video: Zusammenschnitt von Videos von  
NASA/ESA/etc.  
Audio 3

App:  
ISS im Raum schweben lassen

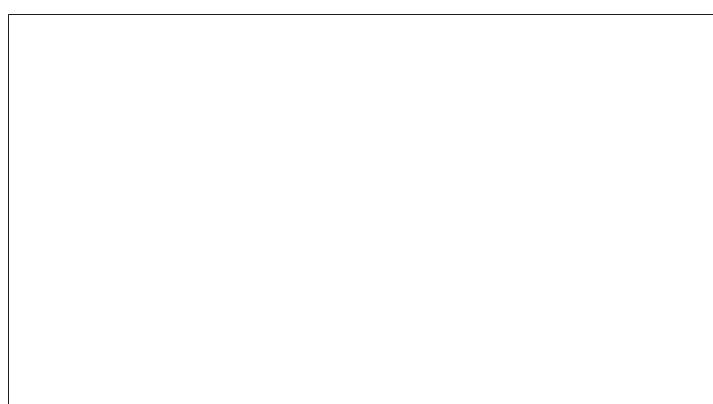


Production-Notes:  
Einleitung sz3

Moderationstext:  
Insgesamt waren schon über 200 verschiedene Astronauten an Bord der ISS.

Wie überleben die Menschen auf der Raumstation?

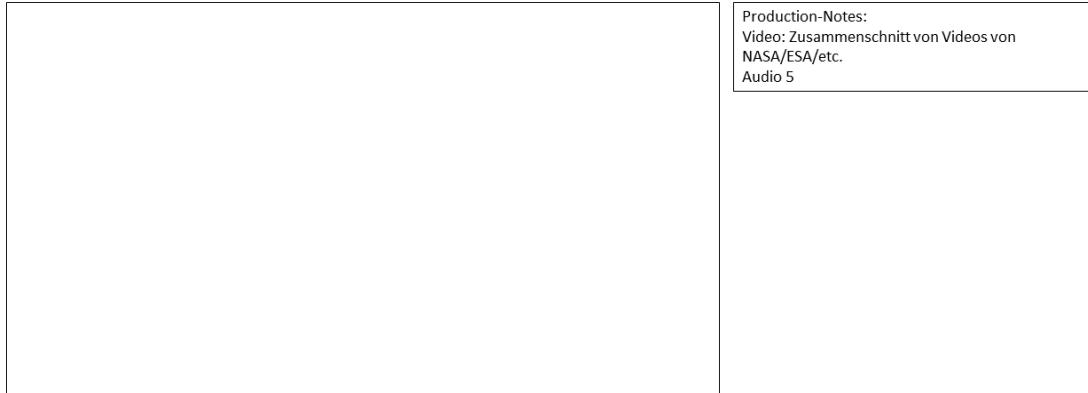
App:  
ISS im Raum schweben lassen



Production-Notes:  
<https://www.youtube.com/watch?v=V0X1cCiY0jI>  
<https://www.youtube.com/watch?v=5CzuwztCw-E>  
audio4

Moderationstext:  
Die Besatzung wird regelmäßig mit einem Versorgungsschiff beliefert. Dieses bringt neue Lebensmittel, Frischwasser, Kleidung sowie Ersatzteile und neue wissenschaftliche Experimente auf die Station. Die Stromversorgung der Raumstation geschieht ausschließlich über Sonnenenergie. Solarzellen versorgen die Station mit 120kW. Das wäre genug Strom für 40 Haushalte.

App:  
ISS im Raum schweben lassen



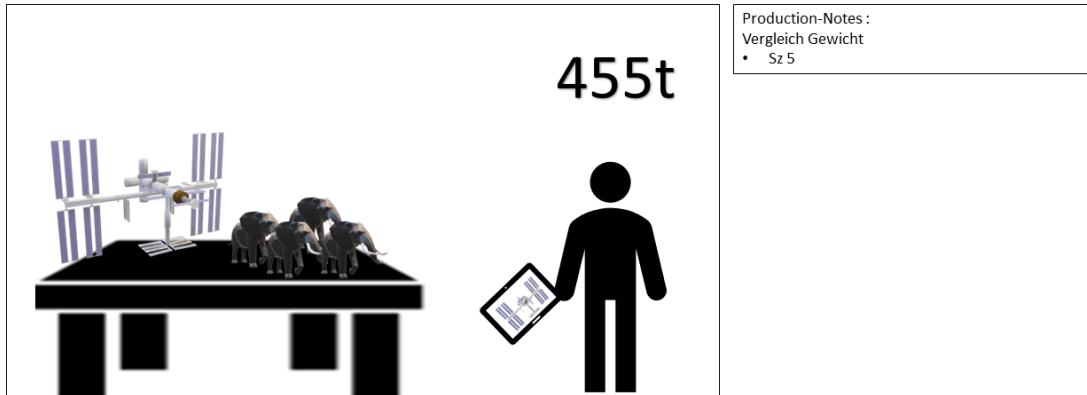
Moderationstext:  
Sauerstoff wird an Bord der ISS aus Wasser hergestellt. Durch Elektrolyse wird Sauerstoff aus Wasser gewonnen. Ungefähr ein Liter Wasser wird am Tag pro Astronauten für Sauerstoff benötigt. Das Lebenserhaltungssystem an Bord sorgt für eine Atmosphäre, die der Erde entspricht. Die Astronauten haben also alles was sie brauchen und haben die einzigartige Gelegenheit im Weltraum auf der ISS zu leben.

App:  
ISS im Raum schweben lassen

Production-Notes :  
Vergleich Größe  
• Sz 4

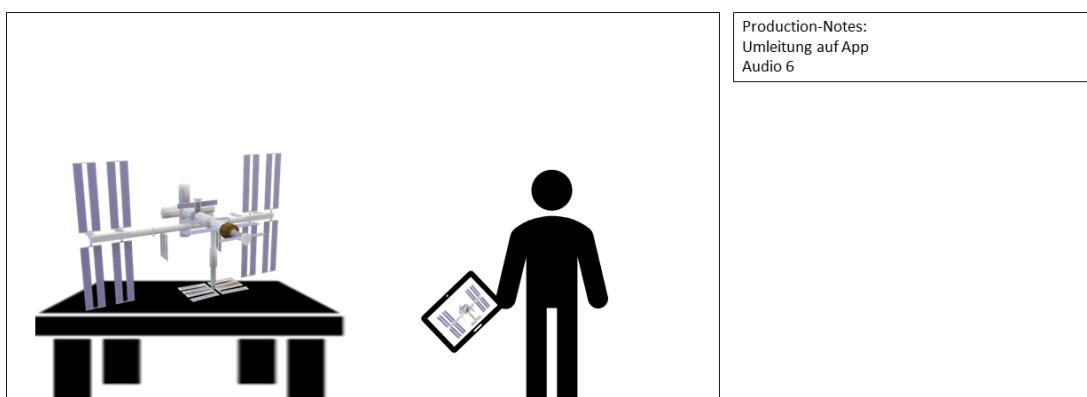
Moderationstext:  
Da die meisten von uns die ISS nie näher betrachten können, ist es schwer sich die Ausmaße der Raumstation genauer vorzustellen.  
Wie groß und wie schwer ist die ISS eigentlich?  
Die ISS hat eine Spannweite von 109 Meter und ist damit etwas länger als eine Boeing 747. Auch der bewohnbare Raum der ISS ist von der Größe her mit dem Innenraum einer Boeing vergleichbar.

App-Anweisung:  
• ISS und Boeing 747 nebeneinander anzeigen



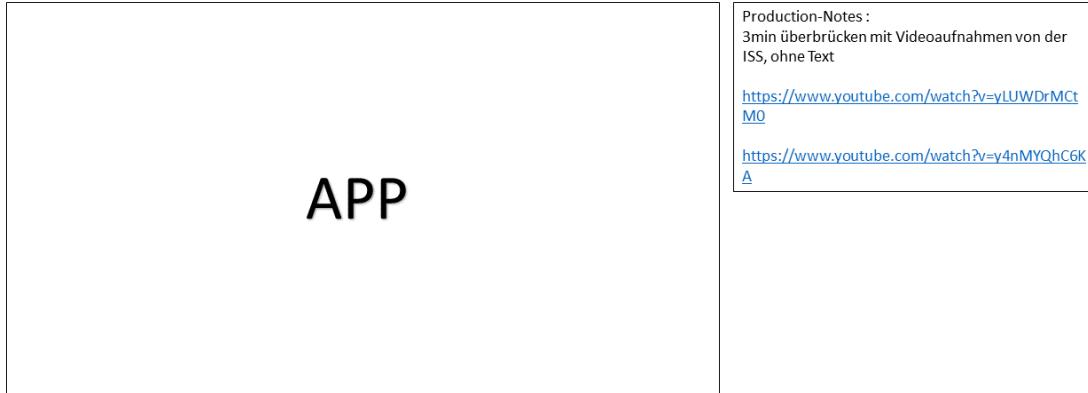
**Moderationstext:**  
Die ISS wiegt 455 Tonnen. Das heißt sie wiegt fast so viel wie einhundert afrikanische Elefanten. Deswegen mussten alle Module auch einzeln ins Weltall gebracht und dort erst zusammengebaut werden. Hätte man die Raumstation auf der Erde gebaut, wäre es aktuell unmöglich etwas so Schweres ins Weltall zu transportieren. Aber sobald alles einmal in die Schwerelosigkeit des Alls gebracht wurde, spielt das Gewicht natürlich keine große Rolle mehr.

**App-Anweisung:**  
ISS und fünf mal die Titanic anzeigen



**Moderationstext:**  
Nutze zum Schluss kurz die Gelegenheit, um in der App die Größe und das Gewicht der ISS nochmal mit anderen Objekten zu vergleichen.

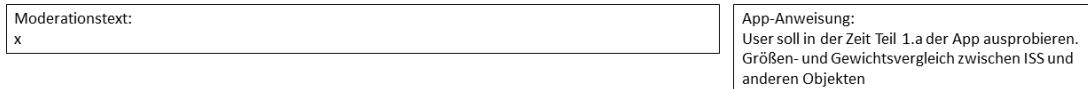
**App:**  
ISS im Raum schweben lassen



Production-Notes:  
3min überbrücken mit Videoaufnahmen von der ISS, ohne Text

<https://www.youtube.com/watch?v=yLUWDrMCtM0>

<https://www.youtube.com/watch?v=y4nMYQhC6KA>



App-Anweisung:  
User soll in der Zeit Teil 1.a der App ausprobieren. Größen- und Gewichtsvergleich zwischen ISS und anderen Objekten



Production-Notes :  
Outro-Musik  
Video/Animation ISS



App-Anweisung:  
x



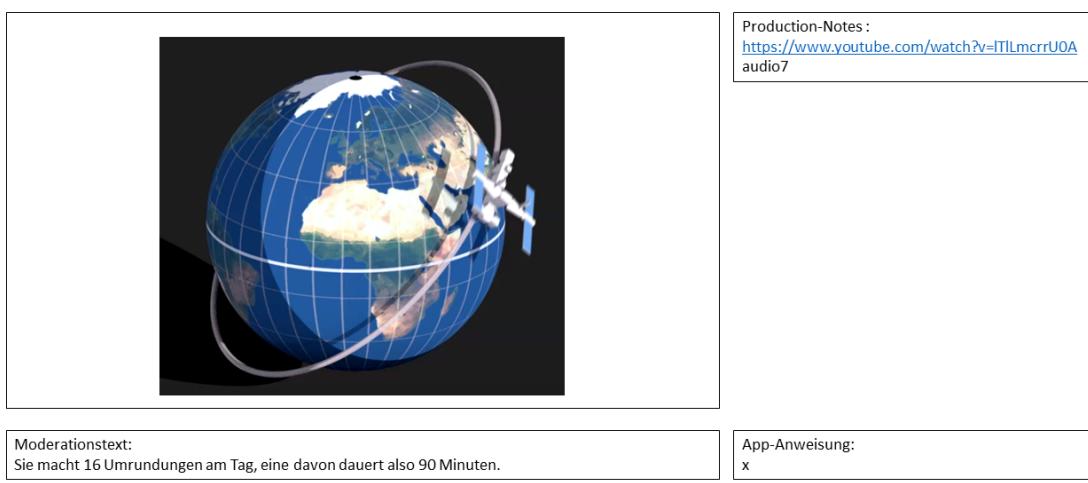
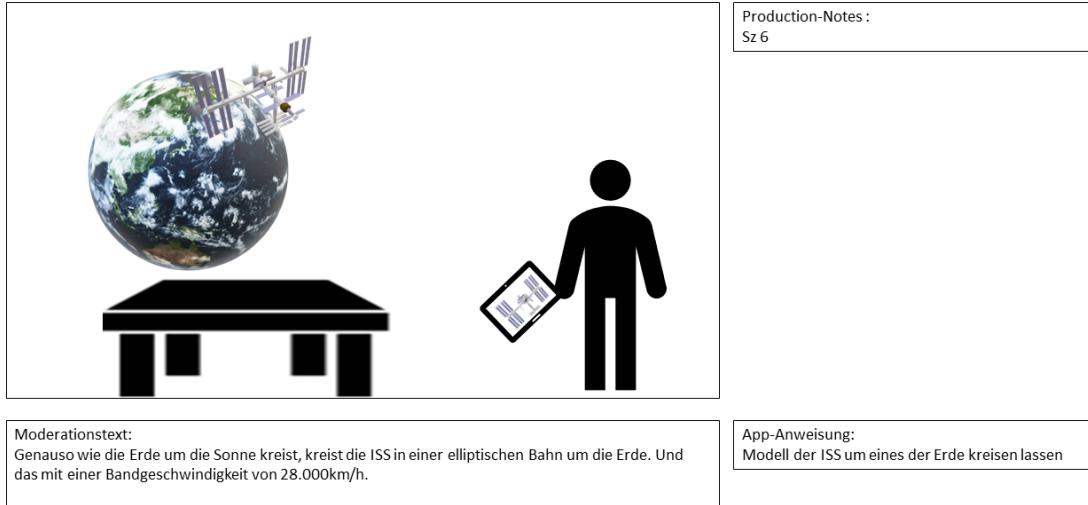
Production-Notes:  
Intro-Musik  
Video/Animation ISS

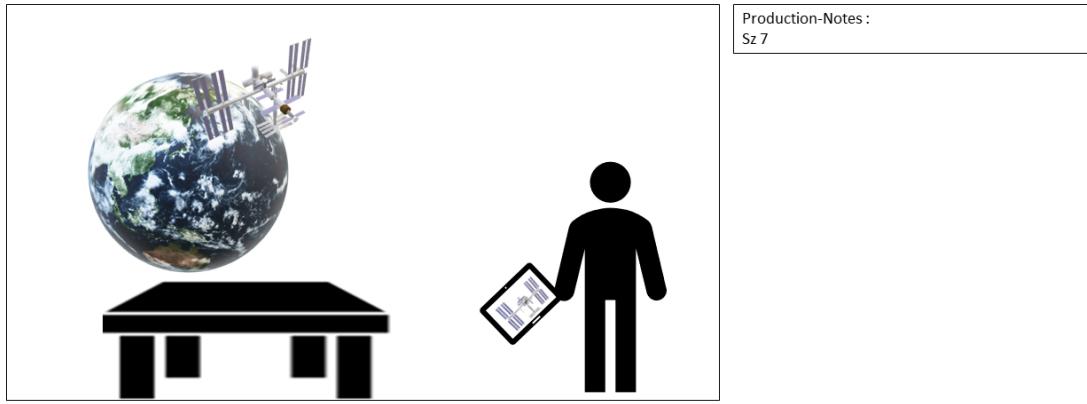
INTRO

DIE ISS

Moderationstext:  
Die Umlaufbahn der ISS um die Erde

App-Anweisung:  
x





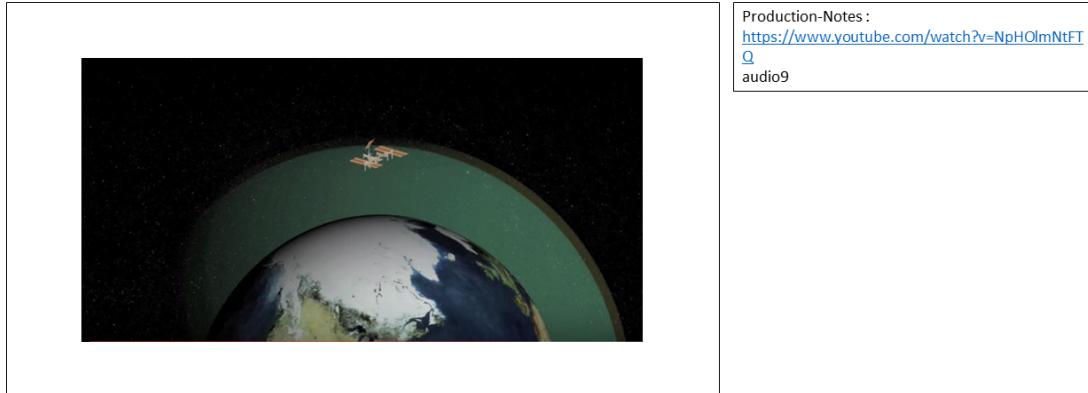
Moderationstext:  
Mit einer Höhe von 400km befindet sich die Raumstation in einer niedrigen Erdumlaufbahn.  
Dadurch verliert die ISS langsam, aber sicher an Höhe. Wieso sinkt die ISS?

App-Anweisung:  
Modell der ISS um eines der Erde kreisen lassen



Moderationstext:  
Der Hauptgrund dafür ist, dass wenige Luftmoleküle aus der Erdatmosphäre austreten und mit der Raumstation zusammentreffen, die ISS erfährt also auch außerhalb der Atmosphäre etwas Luftwiderstand. Durch die Reibung verliert die Raumstation an Geschwindigkeit. Weniger Geschwindigkeit führt zu einer kleineren Umlaufbahn. Diesen Höhenverlust nennt man „Orbital Decay“.

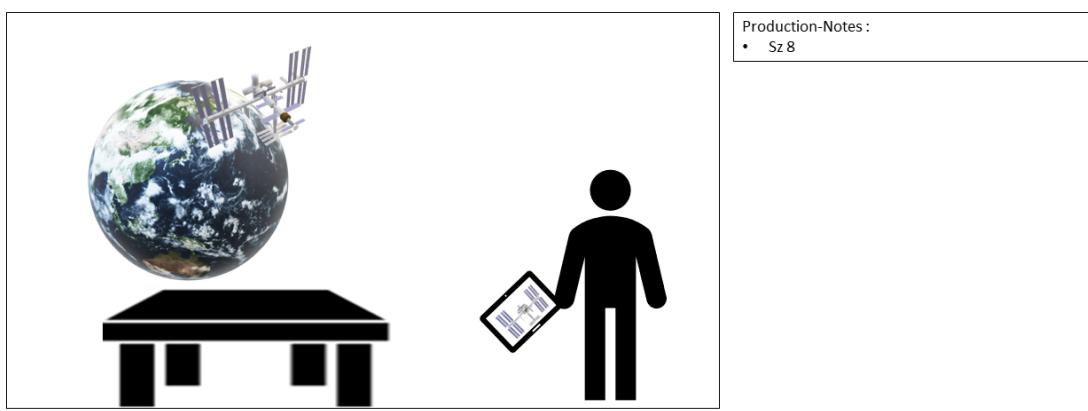
App-Anweisung:  
x



Production-Notes:  
<https://www.youtube.com/watch?v=NpHOlmNtFTQ>  
 audio9

Moderationstext:  
 Außerdem, je höher die Sonnenaktivität, desto weiter dehnt sich die Erdatmosphäre aus. Also ist der Einfluss der Atmosphäre auf höheren Bahnen größer. Deswegen muss die ISS immer mindestens 200km über der Erde bleiben, sonst könnte der Luftwiderstand zu hoch werden.

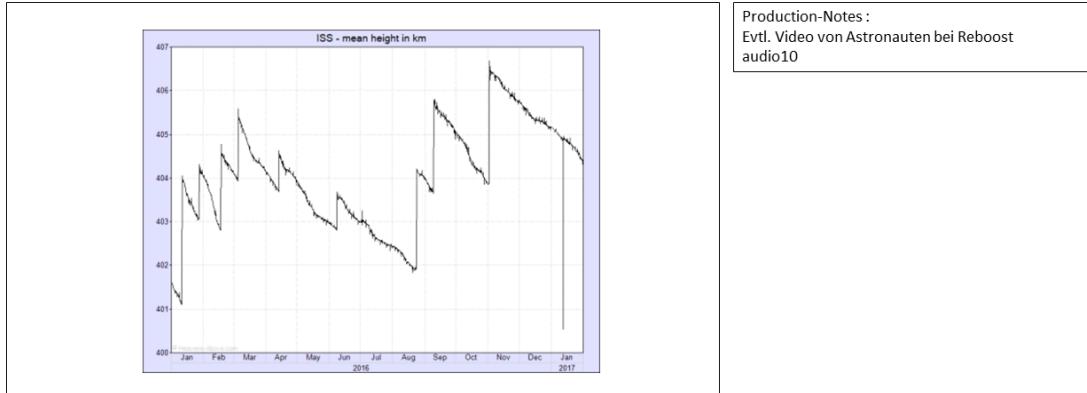
App-Anweisung:  
 x



Production-Notes:  
 • Sz 8

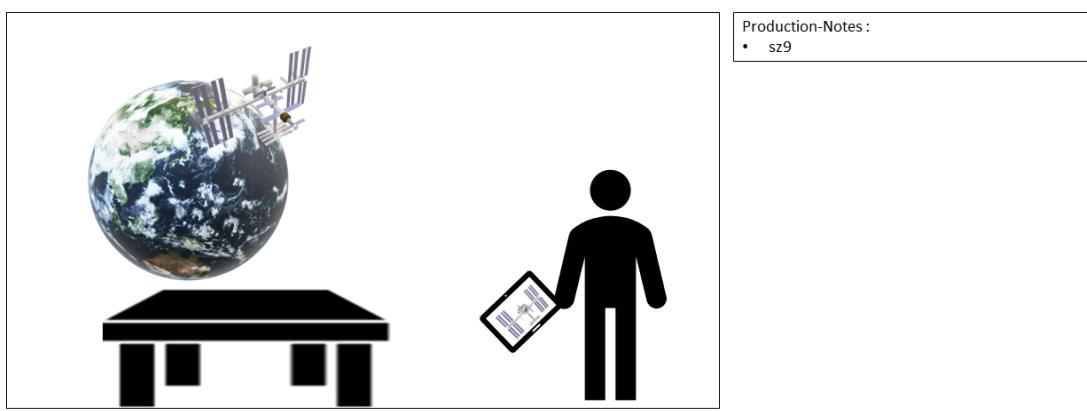
Moderationstext:  
 So oder so wird die ISS langsam aber sich abgebremst und sinkt auf die Erde. Sie verliert jeden Tag ungefähr 100m an Höhe. Wenn man dem nicht entgegenwirkt, würde die ISS in wenigen Jahren auf die Erde stürzen und beim Eintritt in die Erdatmosphäre verglühen.

App-Anweisung:  
 Modell der ISS um eines der Erde kreisen lassen



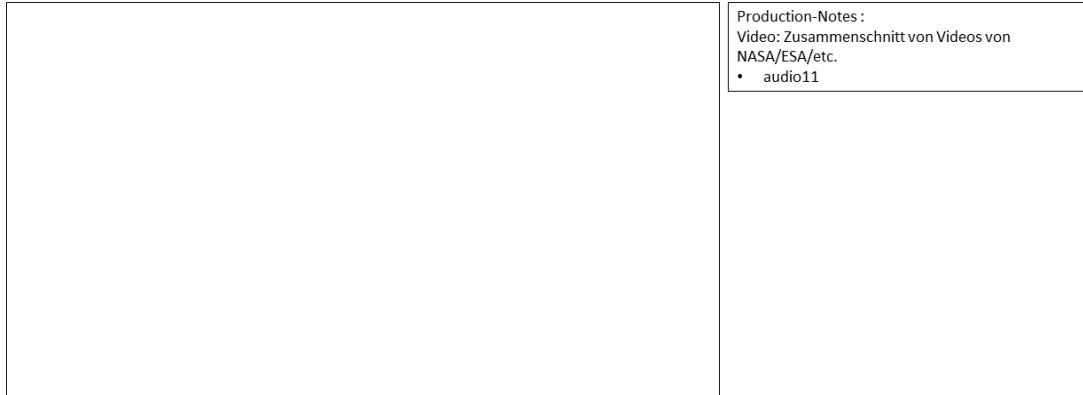
Moderationstext:  
Dieser Höhenverlust wird in unregelmäßigen Abständen durch Beschleunigung in Flugrichtung ausgeglichen, das sogenannte Reboost-Manöver. Für den Reboost werden entweder Schubdüsen an den ISS-Modulen verwendet, oder je nach Erfordernis kann auch ein besuchender Raumtransporter, der an der ISS dockt, für den Schub sorgen. In der Vergangenheit hat auch das Space-Shuttle einen großen Anteil zum Ausgleich dieses Höhenverlustes beigetragen. Ein Reboost wird auch verwendet, um Weltraummüll auszuweichen.

App-Anweisung:  
x



Moderationstext:  
Ab einer Höhe von 800 km verbleiben Satelliten mehr als 10 Jahre im All, noch höher fliegende Satelliten praktisch für immer.  
Wieso Boostet man die ISS dann nicht einfach höher?

App-Anweisung:  
Modell der ISS um eines der Erde kreisen lassen



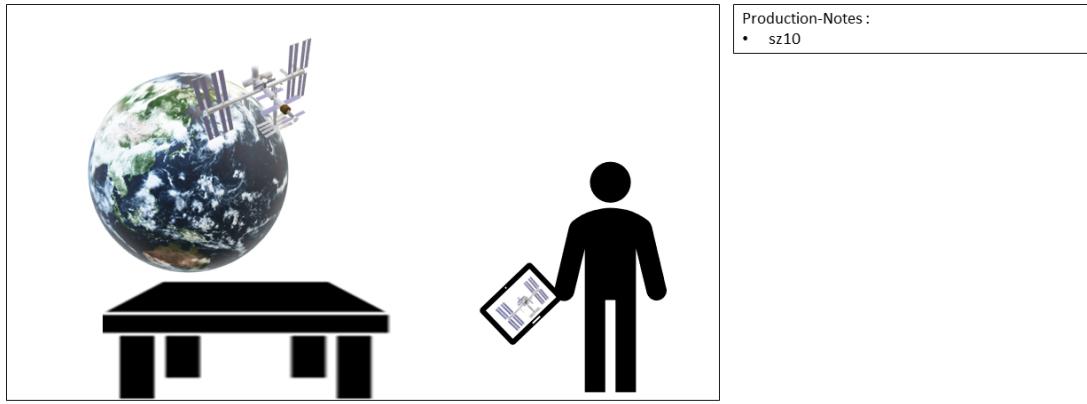
Moderationstext:  
Das hat ganz praktische Gründe. Die Reboost-Manöver kosten etwa 7.000 Kilogramm Treibstoff pro Jahr. Es würde allerdings mehr Treibstoff kosten, wenn die Versorgungstransporter höher fliegen müssten, um die ISS zu erreichen. Einen Reboost würde die Raumstation außerdem trotzdem noch oft brauchen, denn in höheren Bereichen ist deutlich mehr Weltraummüll, dem die ISS ausweichen müsste. Auf niedrigen Bahnen wird der Müll durch Luftreibung abgebremst und verglüht beim Eintritt in die Atmosphäre. Daher sind hier die Gefahr und der Aufwand für die Raumstation geringer.

App-Anweisung:  
Modell der ISS um eines der Erde kreisen lassen

Production-Notes :  
Video von Van-Allen-Belt  
<https://www.youtube.com/watch?v=PVXK81bx5o>  
audio12

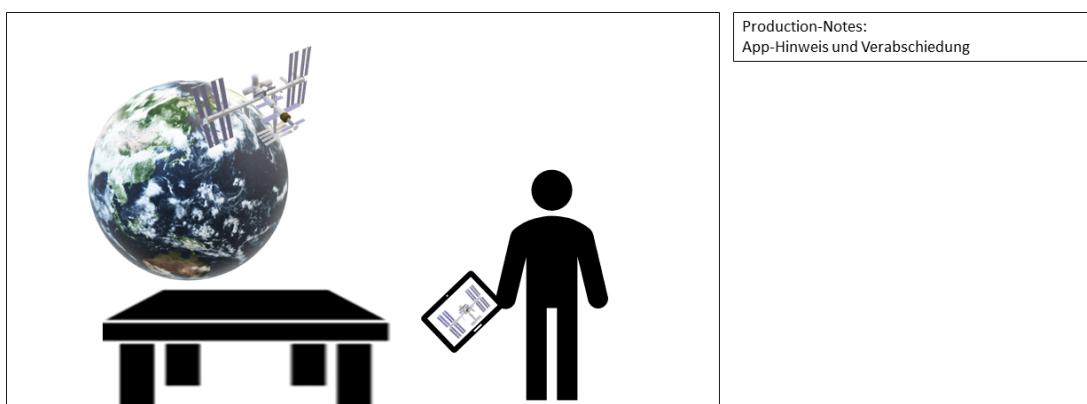
Moderationstext:  
Außerdem wäre da noch der Van-Allen-Gürtel. Der Van-Allen-Gürtel ist der Strahlungsgürtel der Erde. Er ist ein Ring energiereicher geladener Teilchen im Weltraum, die durch das Erdmagnetfeld eingefangen werden. Die Magnetosphäre wirkt dabei als Schutzschild für die Erde, weil sie verhindert, dass solche tödlich wirkenden Teilchen die Erdbewohner erreichen.  
Der innere Gürtel erstreckt sich in einem Bereich von etwa 700 bis 6.000 Kilometer über der Erdoberfläche und besteht hauptsächlich aus hochenergetischen Protonen. Wenn sich die ISS innerhalb des Van-Allen-Gürtels befinden würde, wäre die Strahlung für an Bord lebende Astronauten lebensgefährlich.

App-Anweisung:  
x



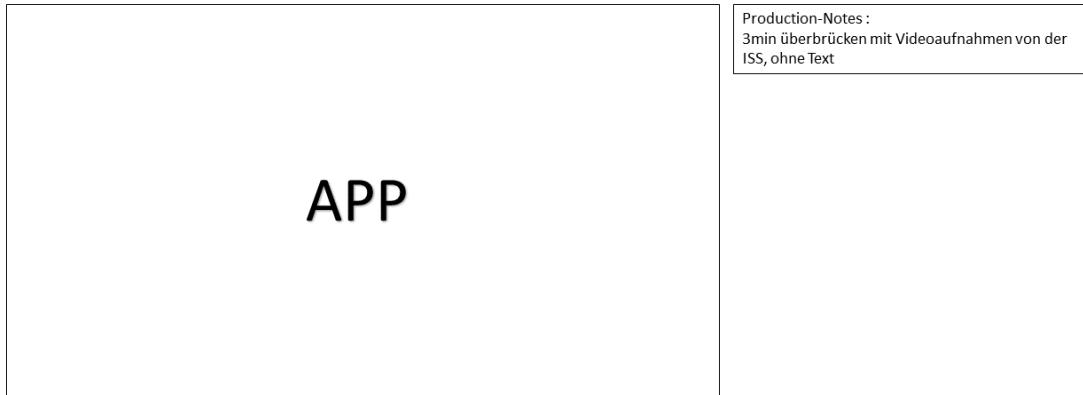
Moderationstext:  
Die ISS muss also zwischen 200 und 700 km über der Erde fliegen. Nicht zu niedrig, dass Sie nicht zu nah an die Atmosphäre kommt. Nicht zu hoch, sodass Astronauten nicht zu starker Strahlung ausgesetzt sind und die ISS nicht mit größerem Weltraummüll kollidiert.

App-Anweisung:  
Modell der ISS um eines der Erde kreisen lassen

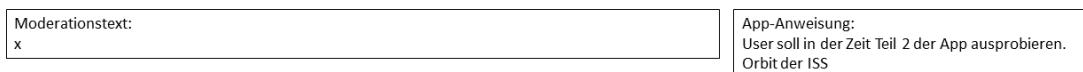


Moderationstext:  
Nutze jetzt nochmal die Gelegenheit, um dir den Orbit der ISS in der App anzuschauen.  
Danke, fürs zuhören und bis zum nächsten Mal.

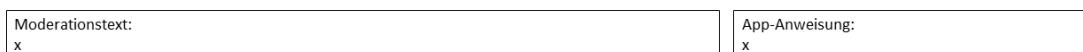
App:  
Modell der ISS um eines der Erde kreisen lassen



Production-Notes:  
3min überbrücken mit Videoaufnahmen von der  
ISS, ohne Text



Production-Notes :  
Outro-Musik  
Video/Animation ISS





## **Inhalt der beigelegten CD**

- Dokumente Bachelor Arbeit
  - LaTex Dokumente
  - PDF Dokument
  - Disputation
- Quellcode
  - SlitherAR (Unity/C#/ARCore)
  - SpaceStation-App (Unity/C#/ARFoundation)
- Videos
  - Erklär-Videos



## Literatur

- [1] ARCore. *ARCore*. URL: <https://developers.google.com/ar/discover/>.
- [2] ARFoundation. *ARFoundation*. URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation@2.0/manual/index.html>.
- [3] ARFoundation. *Mock AR Device for in-Editor Simulation*. URL: <https://forum.unity.com/threads/mock-ar-device-for-in-editor-simulation.546703/>.
- [4] ARKit. *ARKit*. URL: <https://developer.apple.com/arkit/>.
- [5] Ronald T Azuma. „A Survey of Augmented Reality“. In: 4.August (1997), S. 355–385. ISSN: 10547460. DOI: 10.1162. arXiv: arXiv:1011.1669v3.
- [6] Zeeshan Bhatti u. a. „Enhancing Cognitive Theory of Multimedia Learning through 3D Animation“. In: *Sukkur IBA Journal of Computing and Mathematical Sciences* 1.2 (2018), S. 7. ISSN: 2520-0755. DOI: 10.30537/sjcms.v1i2.43.
- [7] M. Billinghurst. „Augmented Reality and Education“. In: *New Horizons for Learning* figure 1 (2002), 21(3) 195–209. ISSN: 19423888. DOI: 10.4018/jgcms.2011010108. arXiv: arXiv:1011.1669v3.
- [8] Mark Billinghurst, Adrian Clark und Gun Lee. „A Survey of Augmented Reality“. In: *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction* 8.2-3 (2015), S. 73–272. ISSN: 1551-3955. DOI: 10.1561 / 1100000049. URL: <http://dx.doi.org/10.1561/1100000049>.
- [9] Bitkom. *Bitkom Smartphone Markt*. URL: <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/Bitkom-Pressekonferenz-Smartphone-Markt-22-02-2018-Praesentation-final.pdf>.
- [10] Chih Wei Chang u. a. „Improving the authentic learning experience by integrating robots into the mixed-reality environment“. In: *Computers and Education* 55.4 (2010), S. 1572–1578. ISSN: 03601315. DOI: 10.1016/j.compedu.2010.06.023. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.023>.
- [11] Manuel Contero u. a. „Development of an augmented reality based remedial course to improve the spatial ability of engineering students“. In: *2012 Frontiers in Education Conference Proceedings*. IEEE, 2012, S. 5. ISBN: 978-1-4673-1352-0. DOI: 10.1109/FIE.2012.6462312. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6462312/>.
- [12] EyecandyLab. *AugmenTV*. URL: <https://augmen.tv>.
- [13] Jared A. Frank und Vikram Kapila. „Mixed-reality learning environments: Integrating mobile interfaces with laboratory test-beds“. In: *Computers and Education* 110 (2017), S. 88–104. ISSN: 03601315. DOI: 10.1016/j.compedu.2017.02.009. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2017.02.009>.
- [14] AnyMotion GmbH. *Video-Seethrough vs. Optical-Seethrough*. URL: <https://anymotion.com/wissensgrundlagen/video-seethrough-vs-optical-seethrough>.
- [15] Google. *Google Glass*. URL: <https://www.google.com/glass/start/> (besucht am 2019).
- [16] Google. *Google Poly*. URL: <https://poly.google.com/>.
- [17] Google. *Slither*. URL: <https://codelabs.developers.google.com/codelabs/arcore-intro/index.html?index=..%2F..io2018#0>.
- [18] IRT. *IRT Wikipediaeintrag*. URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Institut\\_f%C3%BCr\\_Rundfunktechnik](https://de.wikipedia.org/wiki/Institut_f%C3%BCr_Rundfunktechnik).

- [19] Gabriela Kiryakova, Nadezhda Angelova und Lina Yordanova. „The Potential of Augmented Reality to Transform Education into Smart Education“. In: *TEM Journal* 7.3 (2018), S. 556–565. DOI: 10.18421/TEM73-11. URL: <https://dx.doi.org/10.18421/TEM73-11>.
- [20] D.W.F. van Krevelen und R. Poelman. „A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations“. In: *The International Journal of Virtual Reality* 9.2 (2010), S. 1–20. ISSN: 10255834. DOI: 10.1155/2011/721827.
- [21] Kangdon Lee. „Augmented Reality in Education and Training“. In: *TechTrends* 56.2 (2012), 13–21 (9). ISSN: 87563894. DOI: 10.1007/s11528-012-0559-3.
- [22] Fotis Liarokapis u. a. „Web3D and augmented reality to support engineering education“. In: *World Transactions on Engineering and Technology Education* 3.1 (2004), S. 11 –14.
- [23] Jorge Martín-gutiérrez u. a. „Computers in Human Behavior Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education“. In: 51 (2015), S. 752–761. DOI: 10.1016/j.chb.2014.11.093.
- [24] Microsoft. *Microsoft Hololens*. URL: <https://www.microsoft.com/en-CY/hololens> (besucht am 2019).
- [25] Paul Milgram. „a Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays“. In: *IEICE Transactions on Information Systems* 12 (1994). URL: [https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e77-d{\\\_\}12{\\\_\}1321{\%}0Ahttp://vered.rose.utoronto.ca/people/paul{\\\_\}dir/IEICE94/ieice.html](https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e77-d{\_\}12{\_\}1321{\%}0Ahttp://vered.rose.utoronto.ca/people/paul{\_\}dir/IEICE94/ieice.html).
- [26] Alejandro Monroy Reyes u. a. „A mobile augmented reality system to support machinery operations in scholar environments“. In: *Computer Applications in Engineering Education* 24.6 (2016), S. 15. ISSN: 10613773. DOI: 10.1002/cae.21772. URL: <http://doi.wiley.com/10.1002/cae.21772>.
- [27] Nintendo. *Pokemon Go*. URL: <https://www.pokemongo.com/en-us/> (besucht am 2019).
- [28] E. Regenbrecht, H. and Lum, T. and Kohler, P. and Ott, C. and Wagner, M. and Wilke, W. and Mueller. „Using Augmented Virtuality for Remote Collaboration“. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 13.3 (2004), S. 338–355. DOI: 10.1162/1054746041422334.
- [29] Glenda Revelle u. a. „Electric Agents: Combining Collaborative Mobile Augmented Reality and Web-Based Video to Reinvent Interactive Television“. In: *Computers in Entertainment (CIE) - Theoretical and Practical Computer Applications in Entertainment* 12.3 (2015), S. 1–21. ISSN: 15443574. DOI: 10.1145/2702109.2633413.
- [30] Fernando Reyes-Aviles und Carlos Aviles-Cruz. „Handheld augmented reality system for resistive electric circuits understanding for undergraduate students“. In: *Computer Applications in Engineering Education* 26.3 (2018), S. 15. ISSN: 10613773. DOI: 10.1002/cae.21912. URL: <http://doi.wiley.com/10.1002/cae.21912>.
- [31] Manoela M. O. da Silva u. a. „Towards the development of guidelines for educational evaluation of augmented reality tools“. In: *2016 IEEE Virtual Reality Workshop on K-12 Embodied Learning through Virtual & Augmented Reality (KELVAR)*. IEEE, 2016, S. 5. ISBN: 978-1-5090-2344-8. DOI: 10.1109/KELVAR.2016.7563677. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7563677/>.
- [32] Peter Sommerrauer. „Augmented Reality for Teaching and Learning-a Literature Review Augmented Reality for Teaching and Learning – a Literature Review on Theoretical and Empirical Foundations“. In: July (2018), S. 17.
- [33] *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. 2. Aufl. Cambridge Handbooks in Psychology. Cambridge University Press, 2014. DOI: 10.1017/CBO9781139547369.

- [34] Stefan Werrlich u. a. „Comparing HMD-based and Paper-based Training“. In: (2018), S. 134–142. DOI: 10.1109/ISMAR.2018.00046.
- [35] wikipedia. *Sechs Freiheitsgrade*. URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Sechs\\_Freiheitsgrade](https://de.wikipedia.org/wiki/Sechs_Freiheitsgrade).
- [36] Shuxia Yang, Bing Mei und Xiaoyu Yue. „Mobile Augmented Reality Assisted Chemical Education: Insights from Elements 4D“. In: *Journal of Chemical Education* (2018), S. 3. DOI: 10.1021/acs.jchemed.8b00017. URL: <http://elements4d.daqri.com/>.
- [37] Joanne Yip u. a. „Improving quality of teaching and learning in classes by using augmented reality video“. In: *Computers & Education* (2018), S. 14. DOI: 10.1016/j.compedu.2018.09.014. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.014>.
- [38] Zenith. *Zenith Smartphone Penetration*. URL: <https://www.zenithmedia.com/smartphone-penetration-reach-66-2018/>.
- [39] Zhiting Zhu, Yanyan Sun und Peter Riezebos. „Introducing the smart education framework: core elements for successful learning in a digital world“. In: *International Journal of Smart Technology and Learning* 1.1 (2016), S. 53. ISSN: 2056-404X. DOI: 10.1504/ijsmarttl.2016.078159.