



---

# Assembly Support with HoloLens

Projekt 2 - Semesterarbeit

Studiengang:	BSc Informatik
Vertiefung:	Computer Perception and Virtual Reality
Autor:	Cagdas Cakir
Betreuer:	Prof. Marcus Hudritsch (marcus.hudritsch@bfh.ch, Room N553)
Datum:	08.06.2018

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Meine Arbeit	4
2.1	HoloLens - Forschung und Testing	4
2.2	Vuforia - Forschung und Testing	5
2.3	Modell planen (in Blender)	5
2.3.1	Large Duplo Block	5
2.3.2	Medium Duplo Block	6
2.3.3	Small Duplo Block	6
2.4	Unity	6
2.4.1	Anpassung des virtuellen Modells an reale Messungen	6
2.4.1.1	Duplo Model	6
2.4.1.2	6x2 Long Yellow Model	7
2.4.1.3	6x2 Long Green Model	7
2.4.1.4	4x2 Middle Blue Model	7
2.4.1.5	4x2 Middle Orange Model	7
2.4.1.6	2x2 Little Model (Turm)	8
2.4.2	Anzeige des nächst eingehenden Teils	8
2.4.3	Sprachbefehle	8
2.4.3.1	«Start»:	9
2.4.3.2	«Stop»:	9
2.4.3.3	«Completely»:	9
2.4.3.4	«Reset»:	9
2.4.3.5	«Next»:	9
2.4.3.6	«Previous»:	9
2.4.3.7	«Dark»:	9
2.4.3.8	«Light»:	9
2.4.4	Animationen	9
2.4.4.1	Der nächst eingehende Teil	9
2.4.4.2	Anzeige des nächst eingehenden Teils	9
3	Augmented Reality	10
4	Mixed Reality	11
5	HoloLens	12
5.1	Technische Daten	13
6	Vuforia	14
6.1	Vuforia und HoloLens	15
7	Entwicklungsumgebung	17
7.1	Unity	17
7.2	MixedRealityToolkit-Unity	17
7.3	Vuforia-Unity	17
7.4	Visual Studio	17
8	Fazit	18
9	Abbildungsverzeichnis	19
10	Tabellenverzeichnis	20
11	Literaturverzeichnis	21

# 1 Einleitung

In Industriefirmen, in Laboratorien sowie in Spitäler usw. werden viele grosse Maschinen benutzt. Die Montage dieser Maschinen ist nicht immer einfach und mit grossem Zeitaufwand verbunden. Stellen Sie sich eine Baugruppe einer hochgradig massgeschneiderten und komplexen Maschine vor, die aus Dutzenden von Einzelteilen besteht, die in einer Reihenfolge und Geometrie zusammengefügt werden müssen. Zusätzlich kommen noch die Anleitungen dazu, welche richtig zu verstehen sind.

«Shape the future of productivity with tools that enable a new dimension of work»<sup>1</sup>. Mit dieser Aussage möchte ich auf die zunehmende Bedeutung von HoloLens in unserer digitalen Welt aufmerksam machen. Dank diesem Tool können viele Arbeitsprozesse vereinfacht werden. In meiner Projektarbeit geht es einerseits darum HoloLens besser zu verstehen und andererseits die Funktionen im Montagebereich zu zeigen. Das Ziel der Arbeit ist es, die Montage eines komplexen 3D-Produktes oder Maschine visuell zu unterstützen.

Die Arbeit kann auf GitHub gefunden werden:

[https://github.com/cakic1/Projekt-2\\_AssemblySupportWithHololens](https://github.com/cakic1/Projekt-2_AssemblySupportWithHololens)

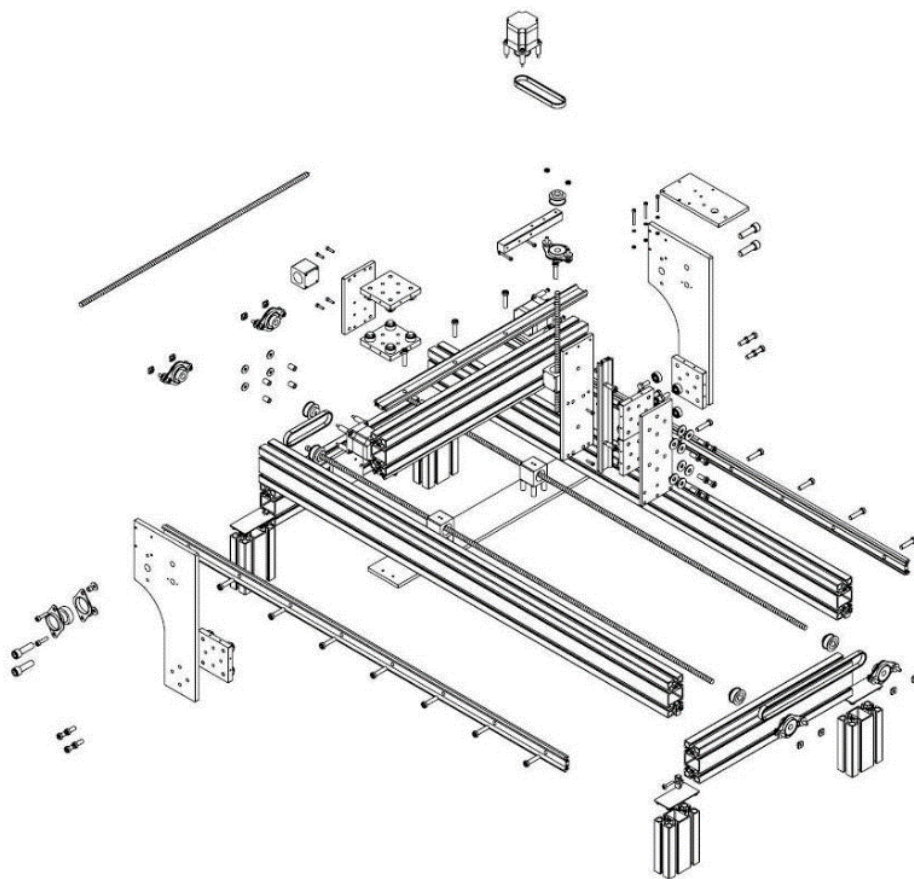


Abbildung 1: Baubeschreibung der CNC-Maschine

<sup>1</sup> <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>, 27.05.2018

## 2 Meine Arbeit

In diesem Kapitel möchte ich meine Vorgehensschritte beschreiben:

### 2.1 HoloLens - Forschung und Testing

Mein erster Schritt war es HoloLens zu verstehen. Diesbezüglich habe ich im Internet nach Literatur recherchiert, die Theorie studiert und dann die Hardware und die Software von HoloLens näher kennengelernt. Die detaillierten Forschungen habe ich im Teil HoloLens beschrieben.

In einem weiteren Schritt habe ich die mit Unity erstellten Szenen auf HoloLens hochgeladen und mit diesen diverse Tests durchgeführt. Dies hat mein Know-How erweitert.

Damit die Projekte, welche mit Unity erstellt worden sind, im HoloLens ausgeführt werden können, muss ein Tool namens «HoloToolkit.unityEngine» hochgeladen werden. Nach dem in Unity die AR Camera definiert wird, können die virtuellen Arbeiten mit HoloLens angezeigt werden. Das Tool «HoloToolkit.unityEngine» wurde im Kapitel 7 näher beschrieben.

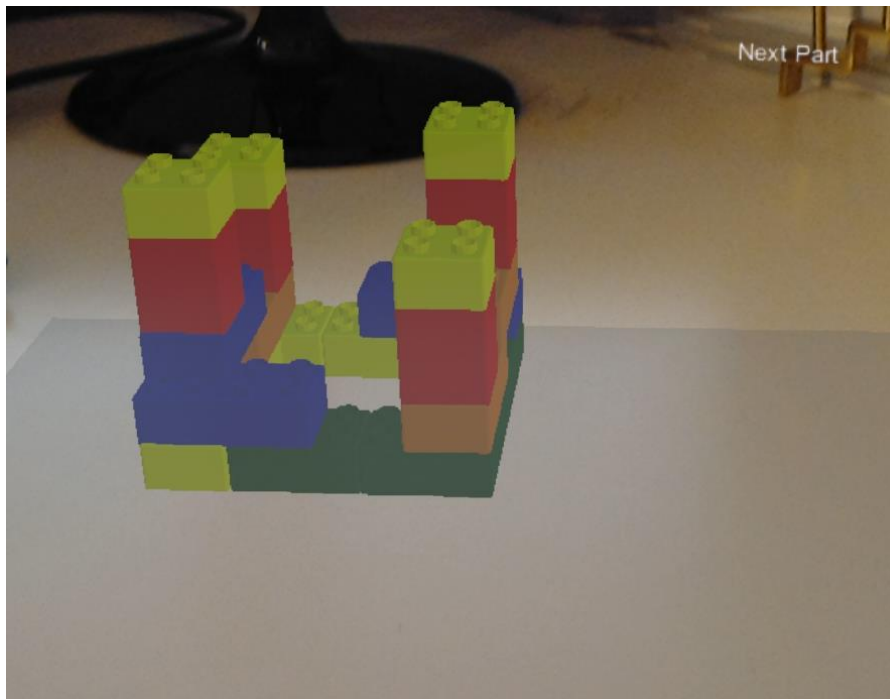


Abbildung 2: Modelansicht mit HoloLens

## 2.2 Vuforia - Forschung und Testing

In meinem Projekt habe ich mit Vuforia gearbeitet. Aus technischer Sicht erbringt Vuforia viele Erleichterungen mit sich. Zum Beispiel können viele Bilder, Objekte und Umgebungen wahrgenommen werden. Dies bedingt jedoch, dass das Tool «vuforia.unity.package» hochgeladen wird. Während meinen Tests mit Vuforia habe ich als Erstes gelernt, wie der Marker funktioniert und gescannt wird. Dann konnte ich mit Hilfe des Markers das Duplo-Modell in der realen Welt in einer bestimmten Koordinate anzeigen. Mit HoloLens muss ich ganz gerade und von oben zum Marker schauen und scannen. Nur so kann im Moment das Modell gerade angezeigt werden. Dies ist ein Problem, welches ich in meiner Bachelorarbeit angehen möchte.



Abbildung 3: Mein aktuellste Marker

## 2.3 Modell planen (in Blender)

In meinem Projekt besteht das Modell aus Duplo-Teilen. Die nötigen Duplo-Teile habe ich als 3ds-Datei über den folgenden Link heruntergeladen:

<https://www.turbosquid.com/Search/Index.cfm?keyword=duplo>.

Damit diese Teile in Unity besser benutzt werden können, habe ich deren Zentren in den Mittelpunkt genommen und die 3ds-Dateien in fbx-Dateien konvertiert und in Unity exportiert.

Unten werden die heruntergeladenen Duplo-Teile beschrieben:

### 2.3.1 Large Duplo Block

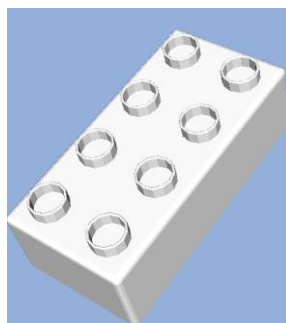


Abbildung 4: Grosse Duplo Block (4x2)

### 2.3.2 Medium Duplo Block

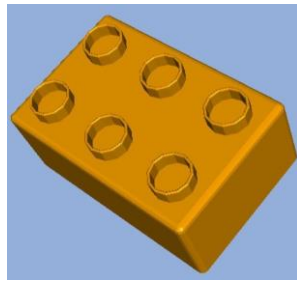


Abbildung 5: Mittel Duplo Block (3x2)

### 2.3.3 Small Duplo Block

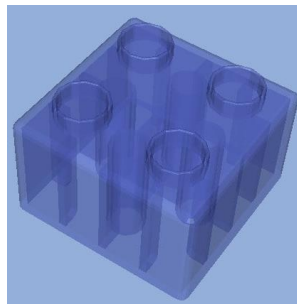


Abbildung 6: Klein Duplo Block (2x2)

## 2.4 Unity

### 2.4.1 Anpassung des virtuellen Modells an reale Messungen

Damit das Projekt realisiert werden kann, müssen die virtuellen Modelle mit den realen Objekten die identische Grösse haben. Nach etlichen Versuchen wurden alle Teile der Realität nah skaliert. Im Moment werden bei den heruntergeladenen Dateien als Grösse 4% von der Originalgrösse verwendet.

#### 2.4.1.1 Duplo Model

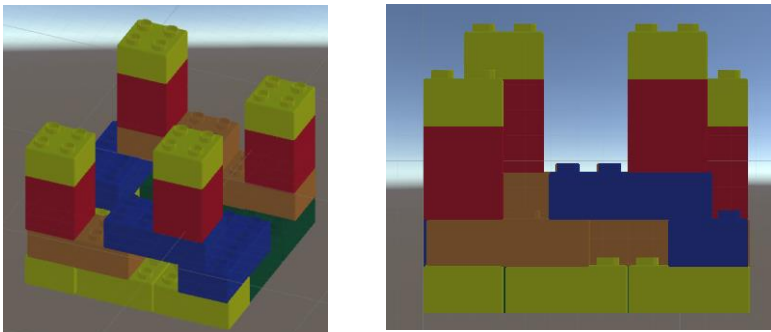


Abbildung 7: Duplo Modell für Projekt

#### 2.4.1.2 6x2 Long Yellow Model

Dafür werden nebeneinander zwei Medium Duplo Blocks verwendet.

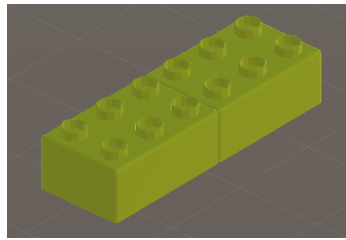


Abbildung 8: Lange gelbe Duplo Modell

#### 2.4.1.3 6x2 Long Green Model

Dafür werden nebeneinander zwei Medium Duplo Blocks verwendet.

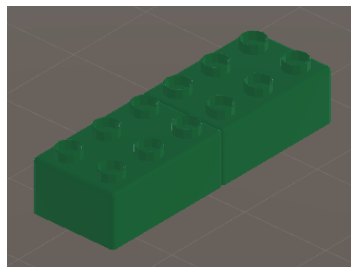


Abbildung 9: Lange grüne Duplo Modell

#### 2.4.1.4 4x2 Middle Blue Model

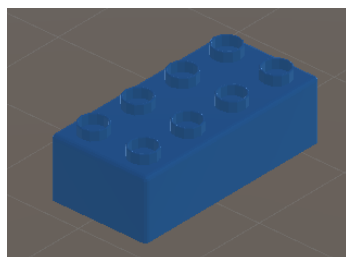


Abbildung 10: Mittel blaue Duplo Modell

#### 2.4.1.5 4x2 Middle Orange Model

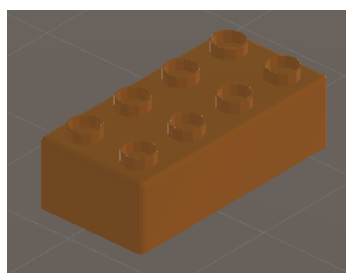


Abbildung 11: Mittel orange Duplo Modell

#### 2.4.1.6 2x2 Little Model (Turm)

Dafür werden übereinander drei Small Duplo Blocks verwendet.

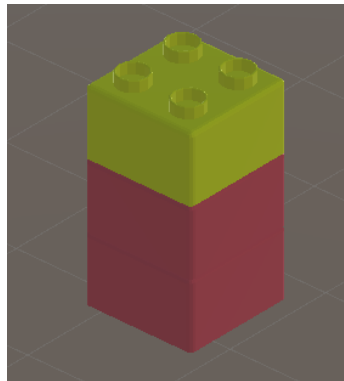


Abbildung 12: Übereinander drei kleine Duplo Modelle

#### 2.4.2 Anzeige des nächst eingehenden Teils

Damit die nächst eingehenden Teile im Voraus angezeigt werden, wurden die oben beschriebenen Objekte kopiert und deren Grösse verkleinert. Dann wurden sie in Unity unter die AR Camera transportiert und die Position definiert. Somit können mit HoloLens diese virtuellen Objekte rechts oben in der Ecke angezeigt werden.

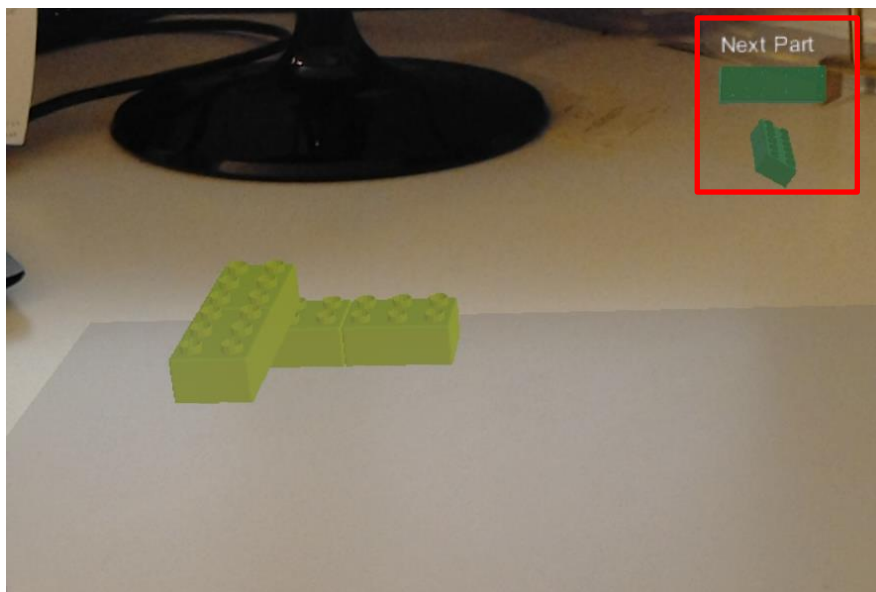


Abbildung 13: Anzeige der nächste Teil

#### 2.4.3 Sprachbefehle

Eine Erleichterung von HoloLens ist ebenfalls die entwickelten Funktionen mit Sprachbefehlen zu steuern. Ein Vorteil dieser Sprachbefehle in der täglichen Arbeit ist z. B., dass ein Montearbeiter die Befehle nicht mit klickevent, sondern mit Sprachbefehlen steuern kann. Somit hat er beide Hände frei, um gleichzeitig seine Montearbeit weiter auszuführen. Damit diese Technologie benutzt werden kann, muss das KeyWordManager Script angewendet werden, welche das HoloToolKit anbietet.

Im Folgenden werden die im Projekt entwickelten Sprachbefehle beschrieben:



#### 2.4.3.1 «Start»:

AR-Kamera wird für Vuforia aktiviert.

#### 2.4.3.2 «Stop»:

AR-Kamera wird für Vuforia deaktiviert.

#### 2.4.3.3 «Completely»:

Das ganze 3D-Modell wird visuell angezeigt.

#### 2.4.3.4 «Reset»:

Es wird in die Ausgangslage zurückgekehrt, in dem alle hinzugefügten Teile vom Modell entfernt werden.

#### 2.4.3.5 «Next»:

Das nächste Objekt erscheint.

#### 2.4.3.6 «Previous»:

Das zuletzt erscheinende Objekt wird entfernt.

#### 2.4.3.7 «Dark»:

Die Farbe des 3D-Modells wird um Alpha-Ton reduziert. Somit wird es heller und transparenter.

#### 2.4.3.8 «Light»:

Die Farbe des 3D-Modells wird um Alpha-Ton erhöht. Somit wird es farbiger und klarer.

### 2.4.4 Animationen

Durch Hinzufügen von Animationen für die 3D-Teile kann angezeigt werden, wohin der nächste Teil hinkommt und welcher Teil der nächste sein wird. Somit können wir Informationen über die eingehenden Teile erhalten.

#### 2.4.4.1 Der nächst eingehende Teil

Nachdem der nächste eingehende Teil aktiv wird, wird mit der Animation von oben nach unten virtuell angezeigt, wohin er montiert werden soll.

#### 2.4.4.2 Anzeige des nächst eingehenden Teils

In der oberen rechten Ecke vom Display von HoloLens wird immer der nächst eingehende Teil angezeigt. Dieser Teil wird mit zwei verschiedene Animationen visualisiert. Die erste Animation dreht das Teil von links nach rechts und die zweite von oben nach unten. Somit weiss man, welche Struktur und Ansicht das nächst eingehende Teil haben wird.

### 3 Augmented Reality

Es gibt einige Technologien, die nicht schriftlich erklärt oder erklärt werden können. Eine davon ist Augmented Reality (AR). Wenn dieser Begriff trotzdem beschrieben werden muss, kann dies wie folgt gemacht werden: 'Augmented Reality überlagert virtuelle Objekte über jede reale Umgebung, welche durch eine AR-Brille oder durch eine Kamera von einem intelligenten Gerät betrachtet wird und somit ein verbesserter Realismus durch die Erkennung des Markers und das Aufzeigen vordefinierter Objekte auf dem Bildschirm erreicht'. Die Idee und die Grundlagen zu Augmented Reality, welche zu Beginn des 20. Jahrhunderts anfangen, haben in den 90er Jahren ihren fundamentalen Impuls erhalten. Schliesslich führte Google 2013 die Beta-Version von "Google Glass" ein, und die Augmented Reality gab tägliche Lebenszeichen.

Heute wird es in vielen verschiedenen Bereichen wie Werbung, Bildung, Spiele, Industrie, Design und Medizin eingesetzt und entwickelt sich stetig weiter.

## 4 Mixed Reality

Mixed Reality (MR) ist das Ergebnis der Vermischung der physischen Welt mit der digitalen Welt. Die gemischte Realität ist die nächste Evolution in der Interaktion von Mensch, Computer und Umwelt. Sie eröffnet Möglichkeiten, die bisher auf unsere Vorstellungen beschränkt waren. Dies wird durch Fortschritte in den Bereichen Computer Vision, grafische Verarbeitungsleistung, Display-Technologie und Eingabesysteme ermöglicht.

Da die gemischte Realität die Verschmelzung von physischer und digitaler Welt ist, definieren diese beiden Wirklichkeiten die polaren Enden eines Spektrums, das als das Virtualitätskontinuum bekannt ist. Der Einfachheit halber bezeichnen wir dies als das Mixed-Reality-Spektrum. Auf der linken Seite haben wir eine physische Realität, in der wir Menschen existieren und auf der rechten Seite ist die entsprechende digitale Realität.

Die Erfahrungen, die Grafiken auf Video-Streams der physischen Welt überlagern, sind Augmented Reality und die Erfahrungen, die ihre Sicht auf die Präsentation einer digitalen Erfahrung verdecken, sind virtuelle Realität. Somit sind die Erfahrungen, die zwischen diesen beiden Extremen möglich sind, die gemischte Realität:

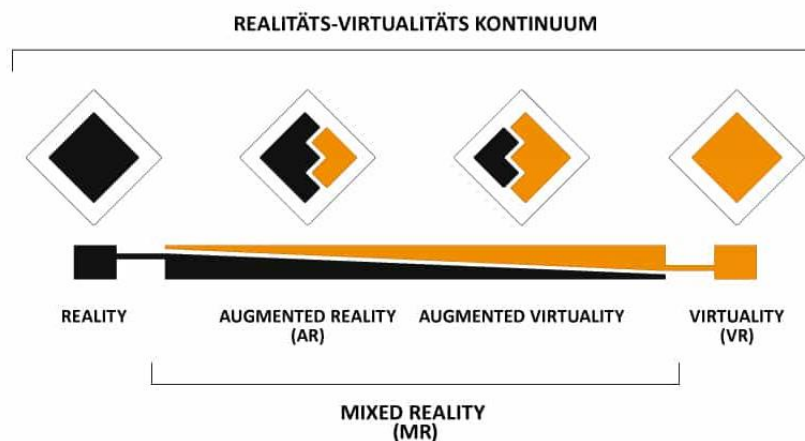


Abbildung 14: Realitäts-Virtualitäts Kontinuum

## 5 HoloLens



Abbildung 15: Die HoloLens mit Zubehör

«Wenn Sie Ihre Weltanschauung ändern, können Sie die Welt, die Sie sehen, verändern».<sup>2</sup>  
HoloLens ist einer von Microsoft entwickelter holographischer Computer. Es zielt darauf ab, dem Leben eine neue Dimension zu geben, indem es dem Benutzer eine erhöhte virtuelle Realität bietet.



Abbildung 16 : HoloLens

Microsoft HoloLens ist der erste, transparente, holografische Computer, der völlig unabhängig läuft. Es stellt nahtlos Hologramme hoher Auflösung zur Verfügung und integriert somit das virtuelle Objekt in die reale Welt. Diese Technologie hat den Namen "Mixed Reality".

Mit Hologrammen wird für die Kommunikation, Arbeit und Videogames eine völlig unbekannte Erfahrung entstehen. Hologramme ermöglichen Ihnen, sichere Entscheidungen zu treffen, effektiver zu arbeiten und Ihre Ideen zu visualisieren. Sie können Ihre Stimme, Ihre Sicht und Ihre Bewegungen für eine natürlichere Interaktion, Information und Zugang zu den Inhalten verwenden.

Microsoft HoloLens besteht aus benutzerdefinierten Komponenten, die den holografischen Computer aktiv machen. Das optische System ist ein fortschrittlicher Sensor, der als Verriegelungsschritt fungiert. HPU kann eine sehr grosse Datenmenge pro Sekunde verarbeiten. Das gebogene Kopfband ist mit einer grossen Gewichtsverteilung für bequemes Sitzen entworfen. Das Gewicht verteilt sich um Ihren Kopf und schützt Ihre Ohren oder Nase vor übermässigem Druck.

<sup>2</sup> <https://www.muhandisbeyinler.net/hololens-nedir/> , 02.05.2015

## 5.1 Technische Daten

Betriebssystem	Windows 10.0.11802.1033 32-Bit
CPU	Intel Atom x5-Z8100 (1.04 GHz) Intel Airmont 4 Logical (14nm) 64-bit capable Processors
GPU/HPU	HoloLens Graphics
GPU (Hersteller)	8086h (Intel)
Dedizierter Video Speicher	114 MB
Shared Memory (Grafik)	980 MB
RAM	2GB
Speicher	64GB (54.09 GB available)
Speicherlimit (Apps)	900 MB
Akkuleistung	16,500 mWh
Auflösung Kamera (Foto)	2.4 MP (2048 x 1152)
Auflösung Kamera (Video)	1.1 MP (1408 x 792)
Kamera (Bilder pro Sekunde)	30 FPS
WI-FI	Broadcom 802.11ac Wireless PCIE Full Dongle Adapter
BLUETOOTH	Bluetooth 4.1 Low Energy (LE)

Tabelle 1: Technische Daten der HoloLens

## 6 Vuforia



Abbildung 17: Vuforia

Vuforia ist ein Augmented Reality Software Development Kit (SDK) für mobile Geräte, mit dem Augmented-Reality-Anwendungen erstellt werden können. Mit dem Computer Vision-Technologie werden ebene Bilder (Image Targets) und einfache 3D-Objekte (z. B. Boxen) in Echtzeit erkannt und verfolgt. Diese Bildregistrierungsfunktion ermöglicht es Entwicklern, virtuelle Objekte wie 3D-Modelle und andere Medien in Bezug auf reale Bilder zu positionieren und zu orientieren, wenn diese über die Kamera eines mobilen Geräts

angezeigt werden. Das virtuelle Objekt verfolgt dann die Position und Orientierung des Bildes in Echtzeit, so dass die Perspektive des Betrachters auf das Objekt mit seiner Perspektive auf das Bild Ziel übereinstimmt, so dass es scheint, dass das virtuelle Objekt ein Teil der realen Welt ist.



Abbildung 18: AR Anwendung mit dem Handy

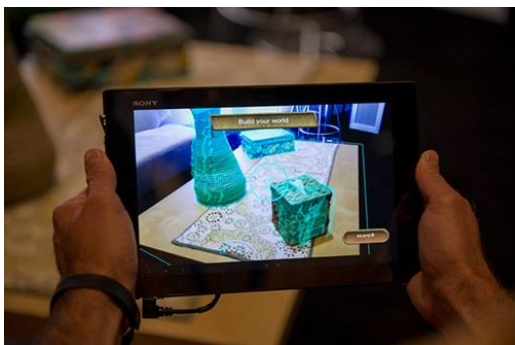


Abbildung 19: AR Anwendung mit dem Tablet

Das Vuforia-SDK unterstützt eine Vielzahl von 2D- und 3D-Zieltypen einschliesslich "markerloser" Bildziele, 3D-Multiziel-Konfigurationen und eine Form von adressierbaren Referenzmarken, die als VuMark bekannt sind. Zu den weiteren Funktionen des SDK gehören die lokalisierte Okklusionserkennung mithilfe von "virtuellen Schaltflächen", die Auswahl von Laufzeitabbildern und die Möglichkeit Zielsätze programmatisch zur Laufzeit zu erstellen und zu rekonfigurieren.

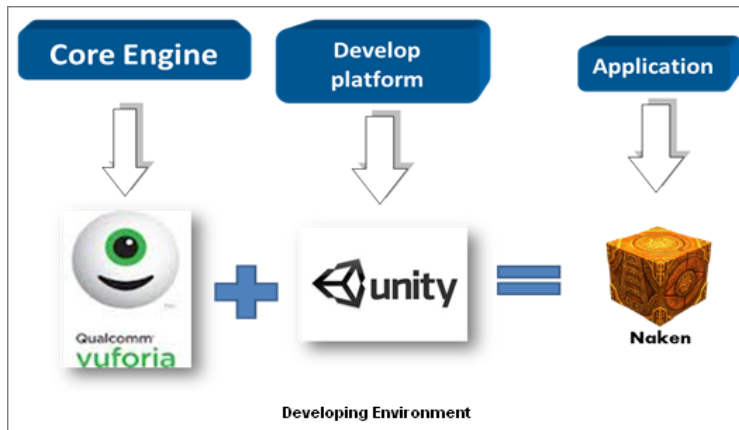


Abbildung 20: Entwicklungsumgebung (Vuforia und Unity)

Vuforia bietet Application Programming Interfaces (API) in C++, Java, Objective-C ++ (eine Sprache, die eine Kombination aus C ++ - und Objective-C-Syntax verwendet) und die .NET-Sprachen durch eine Erweiterung der Unity-Engine. Auf diese Weise unterstützt das SDK sowohl die native Entwicklung für iOS und Android als auch die Entwicklung von AR-Anwendungen in Unity, die für beide Plattformen leicht portierbar sind.

AR-Anwendungen, die mit Vuforia entwickelt wurden, sind daher mit einer Vielzahl von Mobilgeräten kompatibel - darunter iPhone, iPad, Android-Telefone und -Tablets mit Android OS Version 2.2 oder höher und ARMv6- oder 7-Prozessoren mit FPU-Verarbeitungsfunktionen.

## 6.1 Vuforia und HoloLens



Vuforia bringt HoloLens eine wichtige Fähigkeit - die Fähigkeit, AR-Erlebnisse mit bestimmten Bildern und Objekten in der Umgebung zu verbinden. Sie können diese Funktion verwenden, um Schritt für Schritt Anweisungen auf Maschinen zu überlagern oder digitale Features zu einem physischen Produkt hinzuzufügen.

Mit VuMarks können Sie jedes Maschinenelement in einer Fabrikhalle bis hin zur Seriennummer eindeutig identifizieren. VuMarks sind in Milliardenhöhe skalierbar und können so gestaltet werden, dass sie wie ein Firmenlogo aussehen. Sie sind die ideale Lösung, um jedem Produkt, das HoloLens sehen kann, AR hinzuzufügen.

Bestehende Vuforia-Apps, die für Smartphones und Tablets entwickelt wurden, können problemlos in Unity konfiguriert werden, um auf HoloLens zu laufen. Sie können Vuforia sogar verwenden, um Ihre neue HoloLens App auf Windows 10 Tablets wie das Surface Pro 4 und das Surface Book zu übertragen.

Bestehende Vuforia-Apps, die für Smartphones und Tablets entwickelt wurden, können problemlos in Unity konfiguriert werden, um auf HoloLens zu laufen. Sie können Vuforia sogar verwenden, um Ihre neue HoloLens App auf Windows 10 Tablets wie das Surface Pro 4 und das Surface Book zu übertragen.

Vuforias Unterstützung für HoloLens wird in Version 6.1 der Vuforia Unity-Erweiterung implementiert. Der beste Ausgangspunkt, um die Struktur und Organisation eines Vuforia HoloLens-Projekts in Unity zu verstehen, ist die Unity HoloLens-Stichprobe. Dies bietet ein komplettes HoloLens-Projekt, das die Vuforia Unity-Erweiterung für Windows 10 sowie eine vorkonfigurierte Szene enthält, die auf HoloLens eingesetzt werden kann.

Die Szene implementiert eine Vuforia-HoloLens-Kamerabindung sowie die Build-Einstellungen, die für die Bereitstellung einer HoloLens-App erforderlich sind. Es zeigt, wie Bildziele und das erweiterte Tracking verwendet werden, um ein Bild zu erkennen und es mit digitalen Inhalten in einer HoloLens-Umgebung zu erweitern.

Die Entwicklung einer Vuforia App für HoloLens ist grundsätzlich die gleiche wie die Entwicklung von Vuforia Apps für andere Geräte. Sie müssen lediglich eine Verbindung zwischen der Vuforia ARCamera und der HoloLens-Szenenkamera herstellen und eine erweiterte Verfolgung Ihrer Ziele aktivieren.



Abbildung 21: Virtuelles Objekt auf dem Vumark

Mit Vuforia ist der Einstieg in AR ganz einfach.

- Installieren Sie Vuforia mit dem Unity-Editor.
- Erstellen Sie ein neues Projekt und aktivieren Sie Vuforia.
- Importieren Sie die "Vuforia Core Samples".
- Passen Sie diese mit Ihren eigenen Inhalten nach Ihren Wünschen an.



## 7 Entwicklungsumgebung

In diesem Kapitel wird beschrieben, welche Plattformen, Softwares und Add-ins verwendet wurden.

### 7.1 Unity

Unity3D ist eine in Russland entwickelte Spiel-Engine, mit der Sie zwei und drei dimensionale Spiele und Simulationen erstellen können.

Unity ist in meiner Arbeit die Hauptapplikation, welche ich benutzt habe.

Diese kann für HoloLens-Unity genutzt werden um die Skripte, Animationen und die Applikationen zu erstellen und auf HoloLens hochzuladen.

Version: **Unity 2017.1.1**

### 7.2 MixedRealityToolkit-Unity

Um mit HoloLens und Unity einfach zu arbeiten, bietet uns Microsoft das MixedRealityToolkit-Unity an. Dieses Toolkit ist wie eine Bibliothek von Skripten, welche dem Anfänger den Start in die Entwicklung der Anwendungen vereinfachen.

Version: **HoloToolkit-Unity-v1.2017.1.1.unitypackage**

### 7.3 Vuforia-Unity

Vuforia ist ein Add-In, mit dem wir problemlos Augmented Reality-Anwendungen in Unity anwenden können. Die neueste Version kann auf der Firmen Webseite<sup>3</sup> kostenlos heruntergeladen werden. Es bedingt aber eine Mitgliedschaft und es werden nur 5 API-Schlüssel zur Verfügung gestellt.

Version: **Vuforia-unity-6-2-10.unitypackage**

### 7.4 Visual Studio

Die Visual Studio ist eine Entwicklungsumgebung für verschiedene Hochsprachen. Er wurde von Microsoft entwickelt. Sie wurde konfiguriert, um C# zu benutzen. Visual Studio arbeitet auch mit Unity zusammen. Mit dieser habe ich die C# Skripten erstellt und bearbeitet.

Version: **Visual Studio 2017 Version 15.3.5**

<sup>3</sup> <https://developer.vuforia.com/>

## 8 Fazit

Diese Arbeit war eine Testphase, um herauszufinden, ob HoloLens in der Lage ist, als eine Maschinen-Anleitung zu dienen. Mit meiner Applikation ist dies durchaus möglich. Es wird bestätigt, dass wir gleichzeitig die realen und virtuellen Maschinenteile sehen können und dass die virtuellen Teile in einer Animation angezeigt und mit einem Sprachbefehl gesteuert werden können.

Jedoch hatte ich am Anfang viele Probleme zu lösen. Als ich bei Unity mein Projekt erstellt habe, hatte ich am Anfang immer eine Fehlermeldung. Beim Erstellen wird ein neues Dokument erstellt und in dieser Datei werden `project.lock.json`-Dateien erstellt. In diesen Dateien wurden die Versionen falsch geschrieben. Dies führte dazu, dass ich meine Anwendung mit Visual Studio nicht starten konnte. Ein weiteres Problem war, die virtuellen Duplo Modelle im Massstab 1:1 zu den realen Modellen darstellen zu können. Ein anderes Problem, welches ich noch nicht gelöst habe, ist, dass ich meinen Vuforia-Marker ganz von vorne ansehen muss, um mein virtuelles Modell von oben zu begutachten. Durch diese Probleme habe ich enorm viel Zeit verloren. Jedoch habe ich während des Problemlösens und des Weiterentwickelns meines Projektes sehr viel gelernt und bin gut vorwärtsgekommen. Die ganze Arbeit hat mir sehr Spass bereitet. Deshalb möchte ich die Applikation gerne im Rahmen einer Bachelor-Thesis weiterentwickeln.

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Baubeschreibung der CNC-Maschine	3
Abbildung 2: Modelansicht mit HoloLens	4
Abbildung 3: Mein aktuellste Marker	5
Abbildung 4: Grosse Duplo Block (4x2)	5
Abbildung 5: Mittel Duplo Block (3x2)	6
Abbildung 6: Klein Duplo Block (2x2)	6
Abbildung 7: Duplo Modell für Projekt	6
Abbildung 8: Lange gelbe Duplo Modell	7
Abbildung 9: Lange grüne Duplo Modell	7
Abbildung 10: Mittel blaue Duplo Modell	7
Abbildung 11: Mittel orange Duplo Modell	7
Abbildung 12: Übereinander drei kleine Duplo Modelle	8
Abbildung 13: Anzeige der nächste Teil	8
Abbildung 14: Realitäts-Virtualitäts Kontinuum	11
Abbildung 15: Die HoloLens mit Zubehör	12
Abbildung 16 : HoloLens	12
Abbildung 17: Vuforia	14
Abbildung 18: AR Anwendung mit dem Handy	14
Abbildung 19: AR Anwendung mit dem Tablet	14
Abbildung 20: Entwicklungsumgebung (Vuforia und Unity)	15
Abbildung 21: Virtuelles Objekt auf dem Vumark	16

## 10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Daten der HoloLens

---

13

## 11 Literaturverzeichnis

### **MR Spatial 230: Spatial mapping**

21.03.2018, URL: <https://docs.microsoft.com/de-de/windows/mixed-reality/holograms-230>

---

### **Augmented Reality (AR) und Mixed Reality**

URL: <https://www.augmented-minds.com/de/erweiterte-realitaet/was-ist-augmented-reality/>

---

### **Entwicklung von Augmented Reality (AR) mit Unity 3D**

Arman Kara, 01.05.2017, URL: <https://medium.com/bili%C5%9Fim-hareketi/unity3d-i-CC%87le-augmented-reality-ar-uygulama-geli%C5%9Ftirmek-be1640d56a2>

---

### **Erweiterte Realität**

URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Erweiterte\\_Realit%C3%A4t](https://de.wikipedia.org/wiki/Erweiterte_Realit%C3%A4t)

---

### **Erweiterte Realität**

21.03.2018, URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/mixed-reality>

---

### **Was ist die HoloLens**

Furkan Gümüş, 02.05.2015, URL: <https://www.muhandisbeyinler.net/hololens-nedir/>

---

### **Hardware-Funktionen von Microsoft HoloLens**

Sinan Küstür, 29.02.2016, URL: <https://www.teknoblog.com/microsoft-hololens-donanim-ozellikleri/>

---

### **Microsoft HoloLens - Technische Daten**

Marco, 03.05.2016, URL: <https://windowsunited.de/microsoft-hololens-das-sind-die-technischen-daten/>

---

### **Using Vuforia with Unity**

21.03.2018, URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/vuforia-development-overview>

---

### **Unity - Vuforia**

URL: <https://unity3d.com/de/partners/vuforia>

---

### **Vuforia – Image Targets**

URL: <https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/articles/Training/Image-Target-Guide.html#img-target-params>

---

### **Einführung in Augmented Reality-Anwendungen mit Unity**

30.01.2016, URL: <http://www.ridvanuyan.com/unity-ile-artirilmis-gerceklik-uygulamalarina-giris-1/>

---

### **How to Install HoloToolkit for Unity**

Chad Carter, 21.06.2017, URL: [https://www.youtube.com/watch?v=m9lr\\_buUVj4](https://www.youtube.com/watch?v=m9lr_buUVj4)

---

### **Tutorial HoloLens Development**

Andy Benson, 06.08.2017, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=VVdnrtUFcDU>

---

### **Tutorial : AR Image Recognition with HoloLens and Vuforia**

FusedVR, 20.05.2017, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=u6fT2zaEKVc>

---

### **Vuforia - Developing Vuforia Apps for HoloLens**

URL: <https://library.vuforia.com/articles/Training/Developing-Vuforia-Apps-for-HoloLens>

---

**Hololens Universal10 build Json .Dll Error Solve**

*Lee JoungMin, 29.08.2018, URL: <https://forums.hololens.com/discussion/8382/hololens-universal10-build-json-dll-error-solve>*

---

**Capture A Real Room For The HoloLens Emulator**

*17.04.2016, URL: <http://hololenshelpwebsite.com/Blog/EntryId/1009/Capture-A-Real-Room-For-The-HoloLens-Emulator>*

---

**3D virtual reality comes to the jobsite with Trimble's HoloLens-fitted hard hat**

*Tom Jackson, 26.01.2018, URL: <https://www.equipmentworld.com/3d-virtual-reality-comes-to-the-jobsite-with-trimbles-hololens-fitted-hard-hat/>*

---