

Bachelorarbeit

# **Erstellung eines fiktiven fotorealistischen Charakters**

Was sind die Mindestanforderungen um einen fotorealistischen  
Charakter zu erstellen, ohne in das Uncanny Valley zu  
gelangen?

im Studiengang  
Audiovisuelle Medien

vorgelegt von

**Kader Bagli**

Matrikel-Nr.: 31308

am 31.Juli 2019

an der Hochschule der Medien Stuttgart

zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Bachelor of Engineering

Erstprüfer: Prof. Jan Adamczyk

Zweitprüferin: Prof. Katja Schmid

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Kader Bagli, ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: Erstellung eines fiktiven fotorealistischen Charakters - Was sind die Mindestanforderungen um einen fotorealistischen Charakter zu erstellen, ohne in das Uncanny Valley zu gelangen, selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden. Ich habe die Bedeutung der ehrenwörtlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen (§ 26 Abs 2 Bachelor-SPO (6 Semester), § 24 Abs. 2 Bachelor-SPO (7 Semester), § 23 Abs. 2 Master-SPO (3 Semester) bzw. § 19 Abs. 2 Master-SPO (4 Semester und berufsbegleitend) der HdM) einer unrichtigen oder unvollständigen ehrenwörtlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.

Stuttgart, den 30.Juli 2019

Kader Bagli

## Kurzfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Erstellung von fiktiven fotorealistischen CG-Figuren ohne in den Uncanny Valley zu gelangen. Dabei ist das Ziel so wenig Ressourcen wie möglich zu verwenden. Es soll analysiert werden, was ein Student/ eine Studentin im Jahr 2019 mit der Softwareauswahl an der Hochschule der Medien erreichen und zudem ein möglichst gutes Ergebnis erzielen kann, welches in der CG und VFX Industrie mithält. Hierfür werden Programme wie Maya und Mari angewendet, Ansätze von verschiedenen Artists verglichen und daraus eine eigene Vorgehensweise erstellt, welches in dieser wissenschaftlichen Arbeit vorgestellt wird.

**Schlagwörter:** Uncanny Valley, Fotorealismus, CG, Charakter, fiktiv, Software, XGen, Maya, Mari

## Abstract

This work deals with the creation of fictitious photorealistic CG figures without entering the Uncanny Valley. The goal is to use as few resources as possible. The aim is to analyse what a student can achieve in 2019 with the software selection at the Hochschule der Medien and at the same time achieve a good result that keeps up with the CG and VFX industry. For this purpose programs like Maya and Mari are used, approaches of different artists are compared and an own procedure is created, which is presented in this scientific work.

**Keywords:** Uncanny Valley, photorealism, CG, character, fictive, software, XGen, Maya, Mari

## Begriffserklärung

Brush	Tool, dass durch pinsel- oder bürstenartige Bewegungen auf einem 3D Objekt angewandt wird
Clump	Strähne, Verklumpung des Haares
Collection	entspricht in XGen verschiedene Haarsorten, die zu einem Objekt gehören
Default	Standardeinstellung
Description	entspricht in XGen eine Haarsorte
Digital Humans	digital erstellte Menschen
Displacement Maps	2D Bilder, die Höheninformationen auf die Geometrie übertragen
Face Tracking	Erfassung der Gesichtsbewegung
Frame	Einzelbild
Guide	Kurve, die in XGen verwendet wird, um die Form anderer Kurven zu definieren
Hypershade	Fenster in Maya, das die Möglichkeit bietet das Shading
Map	Textur, die auf einem 3D Objekt liegt
Mesh	Polygonnetz
Modifier	Veränderung des Aussehens der Haare in XGen
Node	Knotenpunkt
Pipeline	Verfahrensschritte, die notwendig sind um eine Computeranimation zu erstellen
Primitive	geometrisches Grundobjekt; zum Beispiel eine Kugel oder eine viereckige Fläche
Specular	beschreibt einen Kanal, wie stark ein auftreffendes Licht reflektiert wird
Shading	Oberflächeneigenschaft eines Objektes in der 3D-Computergrafik
Workflow	Arbeitsablauf

# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	II
Kurzfassung.....	III
Begriffserklärung.....	IV
Vorwort.....	IX
1. Einleitung .....	1
1.1. Problemstellung .....	1
1.2. Zielsetzung .....	1
2. Warum und wann werden digitale Gesichter verwendet?.....	2
3. Neuer Realismus .....	3
4. Uncanny Valley .....	4
5. Mangel an Realismus .....	6
6. Geschichtliche Entwicklung von Digital Humans.....	7
6.1. Der seltsame Fall von Benjamin Button (2008) .....	7
6.2. Blade Runner 2049 (2018).....	9
6.3. Digital Einstein .....	10
7. Erstellung eines Digital Humans .....	12
7.1. Photogrammetrie .....	12
7.2. Topologie .....	13
7.3. Knochen und Muskeln .....	13
7.4. Rig.....	13
7.5. Animation.....	14
7.6. Texturing & Shading.....	15
7.7. Lighting & Farbtemperatur (Schatten) .....	17
7.8. Rendering .....	17
7.9. Compositing.....	18
8. Konzeption eines selbst erstellten Charakters.....	19
8.2. Anschaffung der Texturen.....	20
8.3. Texturieren in Mari.....	21
8.4. Haut-Shading in Maya .....	23
8.5. Augen .....	30
8.5.1. Modelling.....	31
8.5.2. Shading .....	32
8.6. XGen.....	39
8.6.1. XGen Basics.....	40
8.7. Erstellung der Wimpern .....	41

8.7.1.	Wimpern mit Maya MASH .....	41
8.7.2.	Wimpern mit XGen .....	42
8.8.	Erstellung der Augenbrauen .....	45
8.9.	Peach Fuzz.....	46
8.10.	Erstellung der Haare .....	49
8.11.	Finale Anpassungen .....	52
9.	Analyse der Ergebnisse.....	55
9.1.	Auswertung.....	55
10.	Fazit .....	60
Anhang 1.....		X
Anhang 2.....		XI
Anhang 3.....		XII
Anhang 4.....		XIII
Literaturverzeichnis .....		XIV

## Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: The Uncanny Valley (Dambrot 2011) .....	4
Abbildung 2: Capturing (Anderson 2009) .....	8
Abbildung 3: Rachel Kopf Digital Double (Turney 2018) .....	9
Abbildung 4: Einstein (Götz 2018).....	11
Abbildung 5: Arbeitsschritte zur Erstellung eines Digital Humans (Kidd 2010) .....	12
Abbildung 6: SSS Layers (Strathearn und Griggs 2016) .....	16
Abbildung 7: entspannte und gestraffte Haut (Nagano et al. 2015) .....	16
Abbildung 8: Haut ohne specular/mit Specular (Nagano et al. 2015) .....	17
Abbildung 9: face Screenshot Front und Side View (eigene Darstellung).....	19
Abbildung 10: UV Layout (eigene Darstellung).....	20
Abbildung 11: Photoscan Female-Full-Face #35 (Texturing.xyz o.D.) .....	20
Abbildung 12: Texturing in Mari (eigene Darstellung).....	22
Abbildung 13: Displacement im Gesicht (eigene Darstellung) .....	23
Abbildung 14: erste Version des Gesichts (eigene Darstellung) .....	24
Abbildung 15: Maps (eigene Darstellung) .....	25
Abbildung 16: Haut mit Specular und Gloss (eigene Darstellung) .....	25
Abbildung 17: Color Zones of the Face (Gurney 2008) .....	26
Abbildung 18: Portraits von Gilbert Stuart, Ilya Repin und Sargent (Gurney 2008).....	26
Abbildung 19: Color Zones (eigene Darstellung) .....	26
Abbildung 20: Gesicht ohne und mit Color Zones (eigene Darstellung) .....	27
Abbildung 21: Gesicht ohne Licht- Gesicht mit Licht (eigene Darstellung).....	28
Abbildung 22: links-Haut mit gleichmäßiger Belichtung, rechts-Haut mit zusätzlicher Belichtung (eigene Darstellung) .....	28
Abbildung 23: Haut-Shading (eigene Darstellung) .....	29
Abbildung 24: Augenbeschreibung (Genetics Home Reference 2019).....	31
Abbildung 25: Augenshading (eigene Darstellung) .....	32
Abbildung 26: aimixShader Node Tree (eigene Darstellung).....	33
Abbildung 27: Sklera Shading (eigene Darstellung) .....	34
Abbildung 28: Iris Shading (eigene Darstellung) .....	34
Abbildung 29: Augenshading final (eigene Darstellung) .....	35
Abbildung 30: Modellierung von Karunkel und Wasserlid (eigene Darstellung) .....	35
Abbildung 31: Augenintegration (eigene Darstellung) .....	36
Abbildung 32: Referenz, vorher/nachher (eigene Darstellung) .....	37
Abbildung 33: Augen final (eigene Darstellung) .....	38
Abbildung 34: Augen mit Wireframe (eigene Darstellung) .....	38
Abbildung 35: XGen Description (eigene Darstellung) .....	40

Abbildung 36: XGen Primitives (eigene Darstellung).....	40
Abbildung 37: Wimpern Modellierung (eigene Darstellung).....	41
Abbildung 38: Wimpernintegrierung (eigene Darstellung) .....	42
Abbildung 39: Wimpernerstellung mit Guides (eigene Darstellung).....	43
Abbildung 40: Wimpern ohne Ramp-mit Ramp (eigene Darstellung) .....	43
Abbildung 41: Shading Wimpern (eigene Darstellung) .....	44
Abbildung 42: Resultat Augen und Wimpern (eigene Darstellung) .....	44
Abbildung 43: Density Mask für Augenbrauen (eigene Darstellung).....	45
Abbildung 44: Preview Augenbrauen Splines (eigene Darstellung).....	45
Abbildung 45: Shading Augenbrauen (eigene Darstellung) .....	46
Abbildung 46: Carla Totale- Zoom in (Boschung 2013).....	47
Abbildung 47: peachFuzz Description (eigene Darstellung) .....	47
Abbildung 48: Peach Fuzz Vorschau (eigene Darstellung) .....	48
Abbildung 49: peachFuzz Shading (eigene Darstellung).....	48
Abbildung 50: Tuba Büyükküstün (Magazin 2017).....	50
Abbildung 51: Low vs high Azimuthal Roughness (Griggs 2018) .....	51
Abbildung 52: Haare Rendering (eigene Darstellung) .....	51
Abbildung 53: Haaransatz Rendering (eigene Darstellung).....	52
Abbildung 54: Haut Rendering (eigene Darstellung) .....	53
Abbildung 55: Neonlichter Rendering (eigene Darstellung).....	53
Abbildung 56: Full Face (eigene Darstellung) .....	54
Abbildung 57: Augen-Rendering (eigene Darstellung) .....	54
Abbildung 58: Umfrage Frage 4 (eigene Darstellung) .....	56
Abbildung 59: Auswertung Frage 4 (eigene Darstellung) .....	56
Abbildung 60: Umfrage Frage 5 (eigene Darstellung) .....	57
Abbildung 61: Umfrage- Frage 7 (eigene Darstellung) .....	58
Abbildung 62: Umfrage- Frage 8 (eigene Darstellung) .....	59
Abbildung 63: (eigene Darstellung) .....	X
Abbildung 64: (eigene Darstellung) .....	XI
Abbildung 65: (eigene Darstellung) .....	XII
Abbildung 66: (eigene Darstellung) .....	XIII



## Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Zeitraum vom 01. Mai 2019 bis 31. Juli 2019 an der Hochschule der Medien in Stuttgart. Das Thema entstand durch eine vorherige Arbeit an einem Forschungsprojekt Digitale Schauspieler in Dokumentarfilmen am R&D des Animationsinstituts der Filmakademie Ludwigsburg, wodurch mehr Interesse bestand und befasst sich mit dem Herstellungsprozess eines fiktiven Charakters unter Verwendung von wenig Ressourcen.

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Bachelorarbeit unterstützt und motiviert haben. Zuerst möchte ich mich bei Felix Schwarz von The APIC bedanken, für die finanzielle Unterstützung durch den Kauf der Texturen. Für die regelmäßigen Feedbacks und die wundervolle Hilfsbereitschaft bedanke ich mich sehr.

Außerdem bedanke ich mich bei Jochen Bomm, der durch seine konstruktive Kritik und hilfreichen Ansätzen die Arbeit deutlich erleichtert und verbessert hat.

Ein besonderer Dank gilt allen Teilnehmern und Teilnehmerinnen meiner Befragung und meiner Kommilitonen, ohne die diese Arbeit nicht hätte entstehen können. Mein Dank gilt ihrer Informationsbereitschaft und ihren interessanten Beiträgen und Antworten auf meine Fragen.

Ebenfalls möchte ich mich bei Simon Spielmann, Kai Götz, Wolfram Kampffmeyer und Daniel Bauer bedanken, die mir mit viel Interesse und Hilfsbereitschaft zur Seite standen. Bedanken möchte ich mich für die zahlreichen interessanten Debatten und Ideen, die maßgeblich dazu beigetragen haben, dass diese Bachelorarbeit in dieser Form vorliegt.

Des Weiteren gebührt mein Dank Prof. Jan Adamczyk und Prof. Katja Schmid, die meine Bachelorarbeit betreut und begutachtet haben.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben und mir immer zur Seite standen.

Kader Bagli

Stuttgart, 30. Juli 2019

# 1. Einleitung

Im Laufe eines Lebens merkt man schnell, wie der technische Fortschritt auf unterschiedliche Bereiche Einfluss nimmt. Man strebt danach, noch bessere Entwicklungen zu konstruieren, schnellere Prozesse zu garantieren und schönere Erinnerungen zu schaffen.

Auch in dem Bereich der Computergrafik und Visual Effects bleiben technische Weiterentwicklungen nicht aus. Ob „Benjamin Button“, „Prinzessin Leia“ in „Star Wars“ oder der Charakter von „Paul Walker“ in „Fast and the Furious“, sie alle haben etwas gemeinsam: sie sind „Digital Humans“. Was früher durch Ästhetik und Optik deutlich als Digital Human zu erkennen war, ist heute nicht immer so eindeutig identifizierbar. Durch die Kombination aus hochausgestatteten Hardwaresystemen, die Benutzung verschiedener Software und durch gut ausgebildete Arbeiter, schaffen es viele Firmen den Realismus eines Charakters überzeugend und glaubwürdig wirken zu lassen. Daher entwickeln heutzutage viele Firmen neue Software speziell für ihren Film, passen Funktionen an und durch die Resultate der Filme gelangen diese Software an die Öffentlichkeit.

## 1.1. Problemstellung

Viele Studenten und Freelancer, die für diesen Workflow interessiert sind, einen fotorealistischen Charakter zu erstellen, haben zwar die Möglichkeit Tutorials anzuschauen, jedoch haben die Meisten die Ressourcen dafür nicht. Wie zuvor beschrieben besitzen viele Firmen eine gute Pipeline, gute Ausstattung der PCs und benutzen viele Programme um ihren Charakter zu erstellen. Hingegen haben Studenten im Jahre 2019 eine gute Möglichkeit durch Studentenversionen an die meisten Programme zu gelangen. Jedoch ist es interessant zu klären, welche Möglichkeiten sie hätten, um einen fotorealistischen Charakter zu erstellen.

## 1.2. Zielsetzung

Diese Bachelorarbeit soll die Mindestanforderung um einen fotorealistischen Charakter zu erstellen analysieren, ohne in das Uncanny Valley zu gelangen. Dabei soll es den Industriestandard analysieren und den möglichen Standard Workflow daraus ableiten. Anders als in den bisherigen Ansätzen, versucht die geplante Arbeit Möglichkeiten darzustellen was mit wenig Budget, circa 100 Euro, zu erreichen ist. Zudem auch Resultate zu analysieren, was innerhalb drei Monate für einen Studenten im Jahre 2019 zu erzielen ist.

## 2. Warum und wann werden digitale Gesichter verwendet?

Die Kunst, einen digitalen Charakter fotorealistisch wirken zu lassen, ist noch nicht perfekt. Um den Zuschauer zu täuschen bedarf es viel. Sämtliche Gesichtsausdrücke, Augenbewegungen, wie Muskelbewegungen und viele andere Eigenschaften eines menschlichen Körpers erfordern viel Details. Es ist herausfordernd, die Animation echt und realistisch zu kreieren. Jeder weiß, wie ein natürliches Gesicht aussieht. Man begegnet jeden Tag Menschen und weiß, wie Mimik und Gestik in der Realität aussehen. Der Zuschauer merkt sofort, wenn sich Muskeln zu Lauten und Worten nicht richtig bewegen (vgl. 1st BoxOffice 2018).

Dasselbe gilt beim Lachen. Lacht man, bewegt sich nicht nur der Mund, sondern man bewegt dadurch viele Muskeln in anderen Bereichen des Gesichts. So merkt der Zuschauer sofort, wenn etwas unnatürlich aussieht. Diese Herausforderung muss überwunden werden, damit man zu dem Glauben kommt, dass dieser digital erstellte Charakter nicht nur in der digitalen Welt existiert, sondern auch in der Realität (vgl. ebenda).

Digitale Gesichter sind somit perfekt für Drehorte, an denen ein normaler Schauspieler nie sein könnte. Beispielsweise schwerelos im Weltraum zu sein, wie das bei dem Film „Gravity“ mit Sandra Bullock und George Clooney der Fall ist. Offensichtlich kann man keinen Film im Weltall drehen, mit solchen schönen und dramatischen Aufnahmen wie in Gravity. Die beste Art und Weise, dies jedoch umzusetzen, war es, 90 Prozent digital zu animieren und die Gesichter von Sandra Bullock und George Clooney auf das digitale Konstrukt zu legen (vgl. Chacksfield 2015). Ein anderer Fall, bei dem Digital Humans gerne zum Einsatz kommen, ist es, Schauspieler jünger zu machen. Durch gutes Make-Up und Maskenbildner kann man eine Person bis zu 10 Jahre jünger und bis zu 50 Jahre älter machen. Aber möchte man jemand wirklich realistische 20 Jahre jünger machen, geht das nicht allein durch Make-Up (vgl. Discovery 2010). Ein gutes Beispiel hierfür bieten Benjamin Button und Prinzessin Leia. (vgl. o.a. 2017). Carry Fischer, welche Prinzessin Leia spielte, war zur Zeit des Films „Star Wars Rogue One“ bereits älter und musste jünger gemacht werden.

Außerdem kann man Verstorbene zum Leben erwecken. Wie zum Beispiel in Fast and the Furious und Tarkin bei „Star Wars“ sind bereits verstorben und trotzdem noch auf den Bildschirmen zu sehen.

### 3. Neuer Realismus

Fotorealistisches Rendering spielt eine wichtige Rolle bei der Kreierung von 3D Bildern, beinhaltet sind hierfür Still Frames (Standbilder) und auch Animation. Die Definition von Fotorealismus ist laut dem BET Fachwörterbuch eine „qualitative Beschreibung einer am Computer generierten 2D Grafik, die von einer fotografischen Aufnahme nicht zu unterscheiden ist.“ (Mücher 2011). Erforderlich sind hierfür eine hohe Farbtiefe, Auflösung und eine verlustfreie Komprimierung (vgl. ebenda).

Die neuen Werkzeuge verschiedener Technologien erleichtern Animationsstudenten und Visual Effects Studenten hochqualitative und realistische Ergebnisse zu liefern. Mit Techniken wie Displacement Mapping, mit der Benutzung von Programmen wie ZBrush und Mudbox, kann schon ein hoher Grad an Realismus erlangt werden. Diese Art von Realismus nennt man „Digital Sculpting“. Wenn das Ziel ist, einen hoch qualitativen Charakter zu erstellen, werden die Ergebnisse meistens „hyperreal“ benannt. Heutzutage verwenden viele deshalb den Ausdruck hyperrealistische Bilder, wobei der Begriff Hyperrealismus aus der 2000er Kunstbewegung stammt (vgl. Hodgkinson 2009, S.1).

Wenn man den Charakterentwicklungsprozess analysiert, bringen moderne Produktionen und Compositing Techniken Methoden, die unfehlbar sind: „motion capture, face capture, face replacement, hi-res texture re-creation“ (Hodgkinson 2009). Mit diesen Tools scheint es, dass man einen realistischen Gesicht rekreieren könnte. Tatsächlich ist es erfolgreich für Stunts und Visual Effects, bei der das computergenerierte Gesicht temporär ersetzt wird. Dieser Wechsel wird vom Zuschauer meistens nicht erkannt und gelingt daher sehr gut zum Einsatz. Vor allem ist es sehr brauchbar, in Stunt Szenen oder wo die Kamera sehr weit entfernt ist vom Zuschauer, wo Detail und die Erkennung verschwommen ist. In diesem Fall ist der Zuschauer nicht in der Lage in dieser kurzen Zeit zu unterscheiden, wie das Bild eigentlich aussehen sollte. Somit sind genau in diesem Bereich, die Anwendung digitaler Gesichter sehr nützlich und wird von Tag zu Tag verbessert (vgl. ebenda).

Im Bereich der animierten Medien, gibt es jedoch verschiedene Kriterien. Der Zuschauer hat den Realismus ständig vor Augen. Er ist aufgefordert in eine Welt einzutauchen, die von der Animation vollständig erfunden wurde. Infolgedessen führt die Suche nach Realismus zu dem Phänomen, das als Uncanny Valley bekannt ist (vgl. ebenda).

## 4. Uncanny Valley

Der Uncanny Valley ist ein Begriff geprägt von dem Robotiker Masahiro Mori, der das unheimliche Gefühl eines Zuschauers beschreibt, wenn er einen fast menschlichen Robot erlebt. Seine Grafik beschreibt, dass ein Roboter nahezu realistisch sich bewegen und verhalten muss, damit der Zuschauer das Gefühl des Unwohlseins stoppt. Jedoch beschreibt die Kurve nicht nur die Wahrnehmung des Zuschauers. Diese beinhaltet den Fakt, dass robotischer Realismus immer sich unheimlich anfühlen wird, solange der Zuschauer weiß, dass der Roboter nicht menschlich ist. Auch wenn der Roboter in jeder Hinsicht realistisch sein würde, merkt der Mensch das es unecht ist. (vgl. Hodgkinson 2009 S.1)

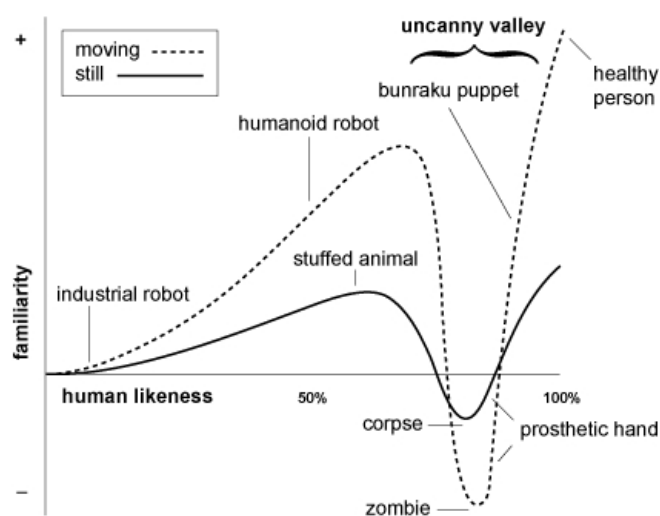


Abbildung 1: The Uncanny Valley (Dambrot 2011)

Diese Einstellung gegenüber dem künstlich erstellten Realismus wird von Bartnek et al diskutiert, der meint, dass es mehr ein unheimlicher Fels ("Uncanny Cliff") ist, bei dem keine Wiederherstellung stattfinden wird (vgl. Bartneck et al. 2007).

Dieselbe Diskussion hat auch die hohe Anfrage auf den Bezug des Realismus in der Computeranimation. Mit Produktionen wie "Final Fantasy: the Spirits Within [2001], Polar Express [2004] und Beowulf [2007]" (Hodgkinson 2009) ist der Überzeugungsgrad schon sehr hoch. Der Zuschauer merkt sich genau, wie ein Mensch sich bewegt und auftritt, so muss sich ein digital erstellter Charakter genauso verhalten um den Uncanny Valley zu überschreiten. Dieses Phänomen nennt man dann „infinite acceptance“, unendliche Akzeptanz. Eine Erhöhung des Realismus führt oft noch mehr zur Unglaubwürdigkeit für den Benutzer. Dies führt dazu, dass nur absoluter Realismus erfolgreich sein wird, welches nicht voll technisch möglich ist, und somit reale Schauspieler verwenden werden. (vgl. ebenda, S.2)

Jedoch sind Bildschirmmedien im Gegensatz zur Robotik von Vorteil. Nahezu alle Filme sind in ihrer Natur unreal. Der Betrachter bleibt sich dessen bewusst, selbst wenn er völlig der Figur eingetaucht ist: sie treffen sich nicht mit dem Charakter im Film. Der Betrachter benutzt nicht den Geruch, Geschmack oder den Kontakt um ihr Umfeld auf die Realität zu prüfen- der Betrachter ist ein stationärer Zuschauer. Der Betrachter ist Zeuge der Realität aber sie erlebt ihn nicht wirklich während eines Filmes. Somit erlaubt der Zuschauer das zu, was er auf dem Bildschirm sieht und akzeptiert somit die temporäre Realität für die Zeit des Filmes. Dies lässt den Medien zu, den Uncanny Valley umzugehen (vgl. ebenda).

Viele Filme, die zuvor auch benannt wurden, haben Momente, bei dem der Realismus erreicht wurde, jedoch leitet dies zu der Frage: Was wird dadurch erreicht, in dem man den Uncanny Valley erreicht?

Aus der Sicht der Computeranimation in der Bildung ist dies eine kritische Frage: Bartneck et al meint, dass sogar die menschenähnlichsten Figuren nicht gemocht werden sowie Spielzeugroboter oder Humanoide (vgl. Bartneck et al. 2007). Dies bedeutet, dass mit der Zunahme von Realismus die Zärtlichkeit einer Figur abnimmt.

Je realistischer ein animierter Charakter wird, desto weniger liebenswert wird er. Bevor wir zu dem Schluss kommen, dass stilisierte Zeichen die bevorzugte Methode sind, lohnt ein kurzer Blick auf eine Konvention, die besagt, dass die Hauptrollen tatsächlich die realistischste sein soll. Dies zeigt sich an einem Beispiel wie Bolt [2009], wo der Leihund mehr Realismus und stilistische Neutralität hat als der Nebendarsteller der Katze und des Hamsters.

Der bewusste generische Realismus soll die Identifikation durch das Publikum erhöhen, indem der Charakter ein "Bankblatt" ist, auf das sich der Betrachter setzen kann. Es wird angenommen, dass die Stilisierung die Identifikation des Publikums verringern kann, da nicht jeder mit dem Stil einverstanden ist. Dieser Ansatz kann als sicher für einen kommerziellen Produzenten angesehen werden, ist aber für eine Bildungssituation nicht geeignet. Die Persönlichkeit eines Charakters durch Stilisierung hervorzuheben, ist eine etablierte Fähigkeit, die nicht nur das Publikum begeistert, sondern jeder Performance eine zusätzliche Ausdruckstiefe verleiht.

Dies aus Angst, zu "bunt" zu sein, zu verwässern, widerspricht vielen Handlungsprinzipien. Glücklicherweise haben wir viele Beispiele, bei denen Stilisierung und Charakteridentifikation nahtlos funktioniert haben, in so nachhaltigen Filmen wie Toy Story [1994], Shrek [2001] und The Incredibles [2004] (vgl. ebenda). Zusammenfassend kann man sagen, dass das durch Streben nach Realismus weder die Beziehung zum Charakter verbessert wird, noch die Geschichte. Realismus kann die visuelle Vertiefung verbessern, aber muss mit der Visuellen Sprache und Charakter zueinander passen.

## 5. Mangel an Realismus

Mittlerweile sind Animationsstudenten von vielen Projekten und Animationen beeindruckt, die eine hohe Qualität an Realismus darstellen. Mit Hilfe verschiedener Software, streben die Studenten an den Realismus, indem sie durch solche Arbeiten inspiriert werden. Ohne, dass sie es merken, schreiben ihnen die Tools den Look und die Stimmung ihrer Arbeit vor. Jedoch ist das nicht eine neue Information, Arbeiten vieler Artist wurden schon durch die Tools beeinflusst. Zu Beispiel hat eine Stop-Motion Animation einen Puppen Charakteristik und besitzt eine ruckartige Bewegung. Zeichrickfilme haben einen selbstgezeichneten Look, meistens um den Zeichenstil des Artists zu präsentieren. Zu guter Letzt der Standard Stil für Computeranimation mit dem default 3D Look, welche mittlerweile als leblos beschrieben wird. Jedoch erfordert die Computeranimation mehr als nur einen Stil. Andererseits kann dadurch auch außergewöhnliche Sorten von verschiedenen Stilen entstehen, darunter auch die Annäherung zum Realismus. Der Student muss sich somit, nicht nur zum Tool und zum visuellen Stil entscheiden, sondern auch zum Typ des Realismus. (vgl. Hodgkinson 2009, S.2f)

## 6. Geschichtliche Entwicklung von Digital Humans

Im Verlauf der letzten drei Jahrzehnte hat sich die Technik der Computeranimation und somit auch der Einsatz von Digital Humans enorm weiterentwickelt.

Im Folgenden werden beispielhafte Filme aus den letzten Jahren in chronologischer Reihenfolge aufgelistet und basierend auf deren Einsatz von Digital Humans vorgestellt.

### 6.1. Der seltsame Fall von Benjamin Button (2008)

Der seltsame Fall des Benjamin Button, welche von F. Scott Fitzgerald gefilmt wurde, zeigt Brad Pitt als eine Person, die in älteren Jahren geboren wurde und immer jünger wird. Dieser Film erlangte auch schon 13 Nominierungen für den Oscar. Um die speziellen Effekte von Benjamin Button zu machen, mussten Experten für den ersten Drittel des Filmes den Kopf eines alt aussehenden Brad Pitt's auf den Körper von einem Kind zusammenfügen. Was der Zuschauer in dem ersten Drittel des Filmes sieht, ist ein computergenerierter Kopf von Brad Pitt, die im Studio veraltet wurde. Brad Pitts Performance von allen Szenen wurde einzeln aufgenommen um seine Performance auf das digitale Gesicht zu transformieren. Jede Mimik von ihm wurde somit auf das digitale Gesicht übertragen (vgl. Sydell 2009).

Es war die frühe Phase der digitalen Stunts, welche man damals als Gesichtskopie oder Gesichtersetzung benannten. Mit der Cyberscan Technologie, die zu dieser Zeit herauskam, konnte man Scans aus 3D Objekten durchführen. Dazu gehörten auch Gesichter. Dies war die erste Phase, bei der man digital gescannte Gesichter auf Stuntpersonen setzte. Marker basierte Motion-Capture kam erst zu dieser Zeit neu heraus, aber die Supervisor wussten sie bräuchten mehr Techniken, denn nur Motion Capture würde nicht ausreichen.

Marker basiertes Motion Capture kann keine Polygone aufnehmen. Es nimmt Key Positionen auf dem Gesicht wahr, die zu den größten Muskelbewegungen auf dem Gesicht entsprechen. Wenn man den Körper aufnimmt, nimmt man nicht zwischen den Punkten auf, denn diese geben keine hilfreichen Informationen. Im Gegensatz dazu, hat man auf dem Gesicht die Stirn, die Augenbrauen und die restlichen Bereiche, die man animieren kann, die sehr signifikant sind. Aber die Geometrie stammt nicht von diesen Bereichen, sie stammen aus dem 3D Cyberscan, bei der die Person auf verschiedenen Perspektiven um den Kopf herum aufgenommen wird. Und von diesem Scan entstehen dann die Polygone. Wenn man dann im Anschluss die Marker-basierten Motion Capture auf diese Polygone anwendet, dann bekommt man eine dehnende Gummimaske. Man bekommt Punkte, die man auf die gescannte Geometrie zielt. Die Frage war dann was zwischen diesen Markern passiert. Sie haben die Falten und die Kanten gebraucht, um



das Verhalten der Haut zu verstehen. Aber dies haben sie nicht über die Marker-basierten Motion Capture erfasst. Stattdessen haben sie Make-Up verwendet, die mit UV Licht erkennbar ist.



*Abbildung 2: Capturing (Anderson 2009)*

Wenn man dieses Make-Up mit einem kleinen Schwamm aufträgt, erhält man als Resultat Millionen von Markern oder Punkten auf dem Gesicht. Mit diesem Ansatz stellt man die Person dann vor die ganzen Kameras, die diesen Kopf aus verschiedenen Perspektiven aufnehmen und Überlappungsbereiche haben. Die 3D Software kann all diese Punkte erkennen und sie in einer 3D Datenbank zusammensetzen (vgl. Unbekannt 2009).

Dies ist nur ein kleiner Ansatz von allem. Für Benjamin Button spielte Paul Debevec eine sehr große Rolle, der die Lightstage erstellt hat. Die Lightstage ist die modernste Scantechnologie, die das menschliche Gesicht auf jedes Detail digital erfasst und speichert (vgl. Debevec 2001). Es hatte sie für die Erstellung von Benjamin Button 2 Milliarden Dollar gekostet.

## 6.2. Blade Runner 2049 (2018)

Im Anschluss kam nach dem Blade Runner 1982 der neue Blade Runner raus, der sehr erfolgreich für die visuellen Effekte war. Regie führte Denis Villeneuve mit den Hauptdarstellern Ryan Gosling, Harrison Ford und Jared Leto.

Gegen Ende des Films trifft Deckard Niander auf Rachael, welche schon im ersten Film aus dem Jahr 1982 auftauchte. Jedoch scheint sie in den letzten 35 Jahren um keinen Tag gealtert zu sein. Um dies zu erreichen, wurde eine digitale Version von Rachael's Darstellerin Sean Young erstellt. Anschließend wurde der Kopf des Körper Doubles Loren Peta mit dem digital nacherstellten Kopf Young's ersetzt. Der erste Schritt des Prozesses hierbei ist die Erstellung eines digitalen Schädels. Hierfür wurde Young's Kopf gescannt. Zudem wurde ein sogenannter Life Cast (Körperabformung/Formabnahme) von der Schauspielerin verwendet, welcher kurze Zeit nach dem ersten Blade Runner Film erstellt wurde. Dieser Life Cast wurde mit dem gescannten Kopf kombiniert und zusammen als Hauptreferenz für die Erstellung des verjüngerten CGI Kopfes verwendet.

In einem nächsten Schritt wurde die komplette Szene mit Loren Peta als Körper Double gedreht. Während des Drehs wurden Referenz-Punkte auf Peta's Gesicht gezeichnet, welche später für das Facetracking verwendet wurden. Im nächsten Schritt wurde Peta's Kopf durch den CGI-Kopf von Sean Young ersetzt und mithilfe der Facetracking-Referenzen auf Peta's Gesicht animiert. Abschließend fand das Texturing des fertigen Kopfes statt, welche diesen realistischer aussehen ließen (vgl. Pennington 2018).



Abbildung 3: Rachel Kopf Digital Double (Turney 2018)

### 6.3. Digital Einstein

Das Digital Einstein Projekt entstand an der Forschungsabteilung des Animationsinstituts an der Filmakademie Baden-Württemberg. Sie produzierten eine Web-Serie, bei der Albert Einstein zum Leben erweckt wurde und mit realistischer Mimik zu sehen ist. Ziel war es eine historische Person in einer Kurzfilmproduktion in Serienform zu produzieren, bei der die Mimik realistisch sein sollte und die historischen Weisheiten im Vordergrund sind. Genauso war auch interessant für sie zu analysieren, was mit einem kleinen Budget und Team in kurzer Produktionszeit erreichbar ist. Das Team umging den Capturing-Ansatz und übertrugen die Mimik direkt auf die digitale Figur. Da es Albert Einstein an gefärbten Bildreferenzen mangelte, folgte ein gestalterischer und auch technischer Prozess in Kombination. So beinhaltete der Workflow für das digitale Gesicht aus „Tracking, Scans, Keyframe- Animation und gemalten Texturen.“ (Götz 2018, S.97).

Ein sehr wichtiges Element dieser Pipeline war ein Riggingtool, das für menschliche Gesichter in der Forschungsabteilung der Filmakademie Baden-Württemberg entwickelt wurde. Die Kernkomponente ist das Adaptable Facial Setup (AFS), „das aufbereitete Capture-Daten nutzt, um eine beliebige Animation aus den Bewegungen einzelner Gesichtsmuskeln zu synthetisieren“ (ebenda).

Dieses Tool beruht sich auf das FACS basierte System. Das Facial Action Coding System beschreibt das Prinzip, dass jeder Gesichtsausdruck aus einer „Kombination individueller Bewegungseinheiten“ (Action Units) (ebenda) besteht. Der Vorteil von AFS ist, dass man es auf jede beliebige Topologie übertragen kann, was den Prozess beschleunigt. Dieses Tool kann man auch auf der Website der Forschungsabteilung kostenlos runterladen, was wieder vorteilhaft für Freelancer und Studenten ist.

Für den Scan des Kopfes erstellte der Bildhauer Jan Ptassek eine Büste von Einstein aus PVC an. Bei Disney Research in Zürich wurde von der Büste ein Photogrammetrie erstellt. Nach der Photogrammetrie wurde das Mesh retopologisiert und im Anschluss wurden Details wie Falten und Poren hinzugefügt. Die Haare, die Augenbrauen, den Bart und die Gesichtsbehaarung wurde mit dem Maya-Plug-in Yeti erstellt und lieferte sehr gute Ergebnisse.

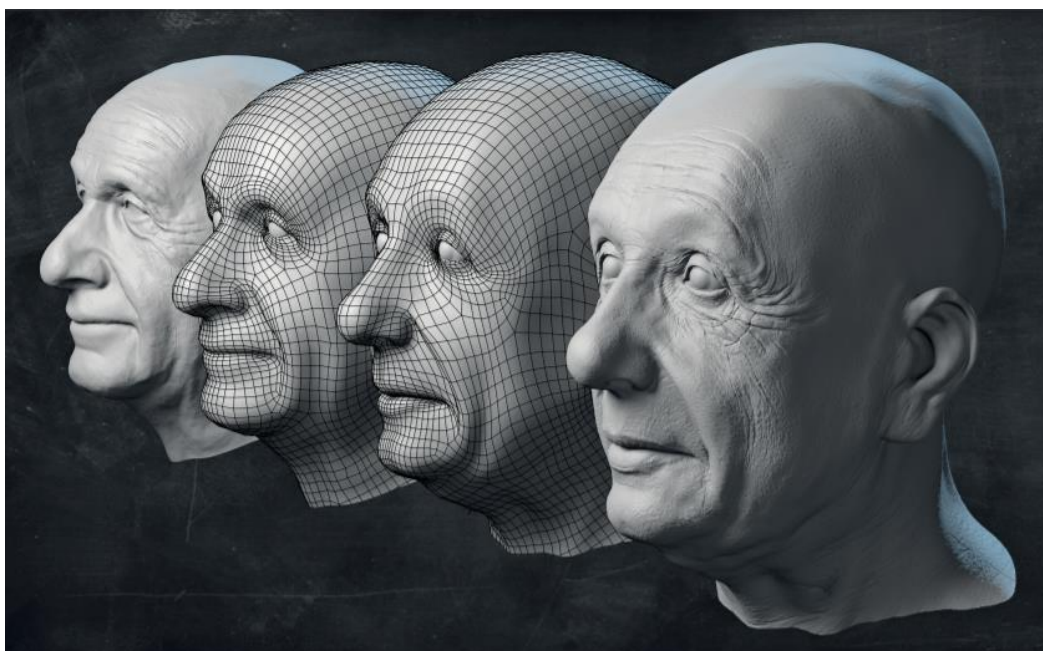
„Das Hautmaterial setzte sich aus einem V-Ray-FastSSS-Material als Basis und zwei standarmäßigen V-Ray-Materialien für die Reflexionen zusammen, die allesamt in einem Blend-Material zusammengeführt wurden.“ (ebenda)

Durch diesen Aufbau erlangten sie eine hohe Flexibilität, da jedes Untermaterial individuell bearbeitet werden konnte. Für die Haut wurden hochauflösende Texturen in

ZBrush und Mudbox erstellt. Als Referenz dienten die Archiv- und Stockfotos von Einstein. Mit Displacement Maps wurden die Hautdetails dann herausgearbeitet. Das Lighting bestand aus vier Flächenlichtern, und zwei Punktlichtern für eine Glanzreflexion im Auge, und einem 360-Grad-HDR Bild, das die gesamte Haut mit Licht besorgte und die Reflexionen auf der Haut verstärkte.

Die Endbilder renderten sie über ihre Renderfarm mit V-Ray. Durch erneute Optimierungen gelangten sie an Renderzeiten pro Bild mit 10 Minuten. Dadurch konnten sie Fehler schneller überarbeiten und optimieren.

Es ist hinzuweisen, dass diese Produktion mit einem sehr kleinen Team entstand.



*Abbildung 4: Einstein (Götz 2018)*

## 7. Erstellung eines Digital Humans

Dieses Kapitel soll einen kurzen Überblick geben, welche Schritte zur Erstellung eines Digital Human notwendig sind und welche Aspekte dabei beachtet werden müssen.

Einige der Schritte, wie das Texturing oder Shading, können parallel zu anderen Schritten, wie dem Rigging und der Animation, stattfinden.

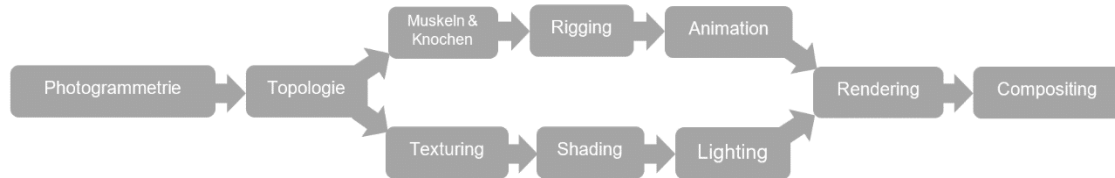


Abbildung 5: Arbeitsschritte zur Erstellung eines Digital Humans (Kidd 2010)

Die folgenden Arbeitsschritte werden sich jeweils auf die Erstellung eines Digital Human beziehen, der auf einer realen Person basiert. Handelt es sich um eine fiktive Person, so ändern sich die Arbeitsschritte, da die Photogrammetrie wegfällt. In diesem Abschnitt werde ich sowohl auf die fiktive als auch auf den allgemeinen Teil erklären. Jedoch wird der Fokus mehr auf den fiktiven Prozess gelegt, bei der diese Arbeit detaillierter erklärt wird.

### 7.1. Photogrammetrie

Für die Erzeugung der 3D Geometrie wird häufig Photogrammetrie verwendet. Photogrammetrie bezeichnet das Erfassen von 3D Daten aus 2D Abbildungen. Dafür werden sich überlappende Fotos einer Person erstellt. Hat man genügend Fotos, geben diese Rückschluss über die abgebildete Person (vgl. Beck 2010, S.72-75) und mithilfe spezieller Software können diese als dreidimensionale Daten ausgewertet und weiterverarbeitet werden. Durch Photogrammetrie erhält man jedoch nicht nur die 3D Information, sondern auch die Texturen, die später auf die Geometrie angewendet werden können. Mit der Photogrammetrie erhält man sehr hoch aufgelöste 3D Objekte, die in reiner Form sehr schwer zu bearbeiten sind, daher muss die Geometrie nochmal bei der Retopologisierung reduziert und vereinfacht werden.

## 7.2. Topologie

Mit der Topologie ist das Layout der Polygone, die das 3D Modell erzeugen gemeint. Bei der Erstellung sollte man sich immer fragen stellen, welchen Anforderungen das 3D Model gerecht werden muss und welcher Detailgrad benötigt wird. Für Mund, Nase und Augen werden Kantenverläufe auf dem 3D Objekt benötigt (Edge-Loops) und dienen dazu, die Geometrie korrekt deformieren zu können (vgl. Root 2010). Diese Kantenverläufe werden auch entlang von Falten benötigt, die bei einem neutralen Gesichtsausdruck nicht sichtbar sind, um diese später bei einer Deformation erzeugen zu können (vgl. Root 2010a).

Die Geometrie, die mit der Photogrammetrie erzeugt wurde, besteht in der Regel aus Dreiecken. In der Industrie und den meisten 3D Programmen sind Vierecke der Standard. Daher ist es bei der Erstellung einer neuen Topologie von Vorteil mit Vierecken zu arbeiten.

## 7.3. Knochen und Muskeln

Bei einem realen Menschen bewegt sich die Haut über die Muskeln und Knochen hinweg. Um dies nachzuempfinden, werden oftmals unter die oberflächliche Geometrie Muskeln und Knochenstrukturen gesetzt, die der Haut als Kollisionsobjekt dienen. Es gibt im 3D Bereich Lösungsansätze ohne Knochen- und Muskelstrukturen. Diese basieren auf verschiedenen Blendshapes, also einzeln angelegten Geometrien, die bei bestimmten Bewegungen angewendet werden. Jedoch hat die Verwendung von Knochen und Muskeln den Vorteil der Volumenerhaltung. Bei einzelnen Geometrien ein gleiches Volumen zu erzeugen, ist selbst für erfahrene 3D Artists sehr schwierig (vgl. Preeg 2010, S.605f).

## 7.4. Rig

Zur Kontrolle der Bewegungen benötigt man ein Gerüst und Anfasser um diese umzusetzen. Beim Rigging wird ein „sogenanntes Skelett bzw. Rig aus Bones (Knochen) oder auch Joints (Gelenken) konstruiert das festlegt, wie die einzelnen Teile eines *Meshes* (eines Polygonnetzes) bewegt werden können“ (Wikipedia 2018). Meistens werden die Modelle bevor sie animiert werden geriggt, da sie sonst nicht deformiert und bewegt werden können. Sie können dadurch in jede Pose gesetzt werden.

## 7.5. Animation

Animation beschreibt die Bewegung einer Figur in einem Raum und einer Zeitspanne. Es gibt verschiedene Methoden, ein Objekt zu animieren. Diese sind Motion Capturing, Keyframe Animation und Simulation.

Beim Motion Capture werden menschliche Bewegungen aufgenommen und analysiert. Dafür werden künstliche Marker an die Person angebracht, die von einer Kamera erkannt und digital nachgebildet werden. Diese geben Auskunft über die Position des Menschen, und somit kann der Gelenkaufbau nachgebildet werden (vgl. Rosenhahn 2008). Ein Vorteil von diesem Ansatz ist, dass man die Bewegung der realen Person auf eine schnelle Weise erfassen kann und somit auch eine digitale Bewegung schnell darstellen kann. Jedoch bleibt dieser Ansatz nicht sehr vorteilhaft. Meist fehlen detaillierte Muskelbewegungen des Gesichts, die dann im Anschluss per Hand nachanimiert werden müssen.

Bei der Keyframe Animation handelt es sich um eine Handanimation, bei der jede einzelne Pose von einem Animator erzeugt wird. Dadurch hat man eine sehr große künstlerische Freiheit aber auch die Herausforderung, die vielen parallel ablaufenden Bewegungen zu animieren. John Nelson, VFX Supervisor von Blade Runner 2049 sagte, dass die größte Herausforderung an Rachel war, ihr Gefühle zu geben (vgl. Desowitz 2017).

Ursprünglich sollte Motion Capturing verwendet werden, um eine größere Flexibilität zu geben, anstatt sie per Hand zu animieren. Für eine möglichst realistische Animation ist es daher sehr wichtig, viele Referenzen zu sammeln.

Haare oder Kleidung sind nur sehr schwer zu animieren, daher wurden diese oft simuliert. Mit Simulation ist die mathematische Berechnung der Bewegung gemeint, die durch eine äußerliche Einwirkung, wie zum Beispiel der Schwerkraft, ausgeführt wird. Bei der Simulation hat man jedoch nur sehr wenig künstlerische Kontrolle, da die Berechnung mathematischen Regeln folgen.

Eine Gesichtsanimation muss jedoch sehr detailgetreu umgesetzt werden, da der Mensch bereits kleine Veränderungen im Gesicht schnell erfassen kann. Kleine, kaum merkbare Details, wie Eye Darts, Blinzeln oder Sticky Lips verhelfen zu Realismus. Besonders die Augen sind sehr aussagekräftig. Schnelle Sprünge mit der Pupille, die sogenannten Eye Darts, lassen die Figur menschlicher und ihrer Umgebung bewusst wirken. Bei einem Eye Dart springt die Pupille für ungefähr 3 Frames auf ein anderes Objekt. Die Richtung dieser kleinen Sprünge gibt schon Auskunft, was die Person wahrnimmt. Horizontale Sprünge sind oftmals während eines Gespräches, wenn der

Blick von einem Auge zum anderen springt. Eine Dreiecksbewegung verdeutlicht das Erfassen eines Raumes und vertikale Sprünge werden eingesetzt, wenn die Figur etwas anderes mustert.

Für das Blinzeln gibt es verschiedene Gründe. So blinzelt man zum Beispiel, wenn man den Kopf bewegt, ein neuer Gedanke aufkommt oder wenn die Augen trocken sind (vgl. Meroz 2013).

## 7.6. Texturing & Shading

Nicht nur die Bewegung, sondern auch die Beschaffung der Oberflächen der Person spielt eine wichtige Rolle in deren Glaubwürdigkeit.

Durch die Verwendung von Photogrammetrie hat man den Vorteil, passende Texturen der realen Person zu haben. Die Poren und Falten können über Displacement Maps erzeugt werden, die ebenfalls aus den Photogrammetrie Daten gewonnen werden (vgl. Götz 2018, S.96f). Displacement Maps sind 2D Bilder, die Höheninformationen auf die Geometrie übertragen.

Man unterteilt die Displacement Maps auf 3 verschiedene Ebenen (vgl. Igarashi et al. 2007, S5f):

- Makro-Detail: allgemeine Form der Gesichtsmerkmale (Kiefer, Nase, Augenhöhle)
- Meso-Detail: feine Merkmale wie Poren oder Falten
- Mikro-Detail: sehr kleine Strukturen innerhalb der Poren und Falten

Eine reale Haut besteht aus verschiedenen Schichten, die das Licht unterschiedlich reflektieren. Solidangle hat hierfür einen Hautshader erstellt, bei dem die unterschiedlichen Schichten berücksichtigt werden (vgl. Strathearn und Griggs 2016).

Für Haut ist SSS sehr wichtig. SSS steht für Subsurface Scattering und bezeichnet das Eintreten von Licht in ein Objekt und das Verteilen des Lichts innerhalb des Objekts.

Für die Erstellung einer realistischen Haut benötigt man drei Stufen von SSS:

- Shallow Scatter Schicht: normale Hautfarbe
- Mid Scatter Schicht: grünstichige Schicht
- Deep Scatter Schicht: rotstichige Schicht



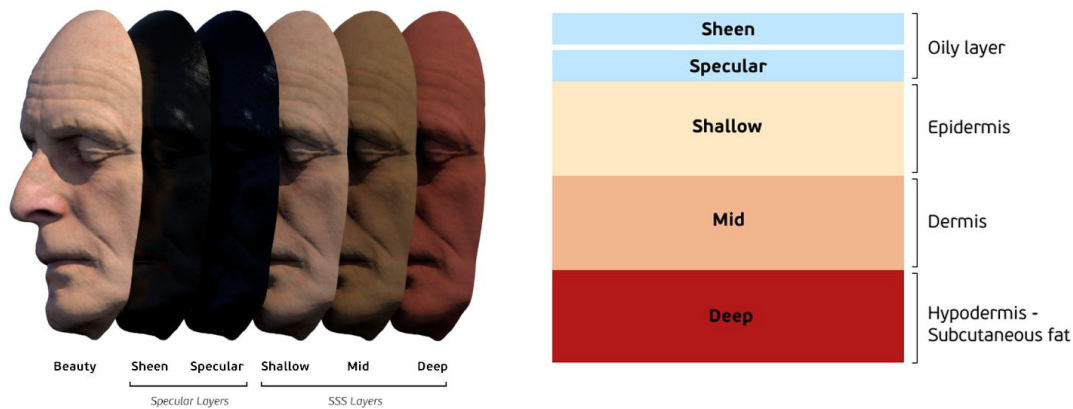


Abbildung 6: SSS Layers (Strathearn und Griggs 2016)

Damit die Haut sich aber auch in der Bewegung natürlich verhält, müssen hier verschiedene Faktoren beachtet werden.

Je nachdem, ob die Haut gestrafft ist oder sich entspannt, ist der Detailgrad der Poren und Falten unterschiedlich. Bei gestraffter Haut verliert man beispielsweise die Details der Poren. Technisch lässt sich das umsetzen, indem man die Displacement Map an den gestrafften Stellen der Haut weichzeichnet, beziehungsweise schärft, wenn die Haut gestaucht wird.



Abbildung 7: entspannte und gestraffte Haut (Nagano et al. 2015)

Aber nicht nur die Struktur, sondern auch der Glanz der Haut ändert sich, wenn diese gespannt wird. Ist die Haut straff, glänzt diese mehr als an entspannten Hautstellen. Dies ist durch die Erzeugung einer Maske für den Specular Kanal möglich, der sich je nach Zustand der Haut verändert (vgl. Nagano 2015).

Der Specular Kanal beschreibt, wie stark ein auftreffendes Licht reflektiert wird.



Abbildung 8: Haut ohne specular/mit Specular (Nagano et al. 2015)

So können mit den verschiedenen Maps Details herausgezogen werden, in dem man alle wichtigen Kanäle integriert und berücksichtigt.

### 7.7. Lighting & Farbtemperatur (Schatten)

Wird der Digital Human später in eine reale Szene eingefügt, so müssen die Lichter in der 3D Szene an die Lichter in der Real Szene angepasst werden. Es ist von Vorteil, wenn an jedem Drehort HDR Aufnahmen gemacht werden. Diese kann man dann zum Ausleuchten der 3D Figur verwenden. Dadurch erreicht man, dass die Lichtstimmung und die Farbigkeit identisch sind. Außerdem können so Spiegelungen der Umgebung in Augen oder anderen glänzenden Flächen erzeugt werden.

Wenn das Licht angepasst wurde, kann die Szene gerendert werden.

### 7.8. Rendering

Die Qualität des Rendering hängt von den Renderern und den Rendereinstellungen ab. Die Hauptgruppen an Renderern sind die „Pathtracer“, „Raytracer“ und „Radiosity“.

Beim Pathtracing werden ausgehend von der Kamera Strahlen in der Szene verfolgt. Beim Auftreffen eines Strahls auf der Oberfläche eines Objekts wird dieser reflektiert, gebrochen oder absorbiert. Dabei wird jedes Mal mindestens ein zufälliger Strahl weiterverfolgt. Die Rendergleichung für eine physikalisch korrekte Wiedergabe wird vollständig anhand zufällig ausgewählter Strahlen gelöst. Dadurch kann man eine globale Beleuchtung erreichen. Die Farbe und Lichtstärke eines Pixels ergeben sich rekursiv durch die Summe der in den vorhergehenden Schritten berechneten Werte.

Beim Raytracing werden ebenfalls ausgehend von der Kamera Strahlen verfolgt, bis diese auf ein Objekt treffen. Von dieser Schnittstelle wird nun ein Strahl direkt zur Lichtquelle erzeugt. Daher kann Raytracing in ursprünglicher Form nur direkte

Beleuchtung berechnen. Globale Illumination und Kaustiken werden über nicht physikalische Berechnungen erzeugt.

Radiosity ist unabhängig von der Position der Kamera. Es basiert auf dem Prinzip der Energieerhaltung, bei der die abgegebene Energie einer Lichtquelle und die Summe der reflektierten Strahlen die Belichtung der Objekte in einer Szene definiert. Radiosity spielt heutzutage keine so große Rolle mehr, da durch die Entwicklung von Path Tracern die Vorteile von Radiosity nicht mehr so ausschlaggebend sind.

Das Ziel bei der Erstellung eines Digital Human ist ein realistisches und glaubwürdiges Ergebnis. Dafür muss die Anzahl an Strahlen, die von der Kamera in die Szene geschickt werden, groß genug sein, damit kein Rauschen entsteht. Auch die Transmissionstiefe der Strahlen muss hoch genug sein, damit man im Auge, aber auch in der Haut ausreichend Lichtbrechungen innerhalb der Objekte hat.

Bei einem animierten Endergebnis sollte man darauf achten, dass die Bewegungsunschärfe mitgerendert wird. Die Bewegungsunschärfe hat sich zum einen durch die Verwendung von Kameras etabliert. Dabei wird ein Bild über einen gewissen Zeitraum belichtet. Bewegt sich das Objekt in dieser Zeit, wird das Endergebnis unscharf. Der Mensch ist es mittlerweile gewohnt, Bewegungen so wahrzunehmen. Aber auch aufgrund der Trägheit des Auges nimmt der Mensch Bewegungsunschärfe wahr. Der Grad ist jedoch von den Lichtverhältnissen, dem Alter und dem Gesundheitszustand abhängig (vgl. Blankenship 2017).

Die gerenderte Sequenz kann nun im Compositing weiterverarbeitet werden.

### 7.9. Compositing

Im Compositing werden alle Elemente der vorher genannten Schritte zusammengefügt. Die gerenderten 3D Elemente (zum Bsp. digitaler Kopf) werden in das Originalfootage möglichst photorealistisch integriert. Die Farb- und Helligkeitsanpassung an das Originalfootage, korrekte Kameraperspektive, sowie korrekte Unschärfe (defocus) und Bewegungsunschärfe (motion blur) sind wichtige Faktoren bei der Integration. Auch das Einfügen von Grain oder Bildfehlern wie Chromatische Aberration, Vignette oder Verzeichnung sorgt für eine bessere Zusammenführung (vgl. Fitzgerald 2018).

## 8. Konzeption eines selbst erstellten Charakters

Die Übertragung eines Bildes vom Kopf auf den Bildschirm ist wahrscheinlich der schwierigste Teil eines Digital Artists. Man muss die Gedanken, die Vision, die Emotion durch eine Software übersetzen, damit man die Vision genau wiedergibt. Eine Reihe von Tools und ein Workflow, der diesen Prozess erleichtert, sind unerlässlich. Individueller kreativer Prozess kann nicht einfach heruntergeladen werden und angewendet werden. Jede Person arbeitet unterschiedlich um das gewünschte Ziel zu erreichen. Durch verschiedene Ansätze und Techniken, können bestimmte Resultate schneller, besser oder sogar kreativer erreicht werden, die in diesem Kapitel erläutert und analysiert werden sollen (vgl. Agarwal 2018). Mit der Benutzung von Maya 2019 und dem Renderer Arnold Core 5.2.2.0 sollen die Techniken dargestellt werden, die als Student innerhalb von drei Monaten erreichbar sind. Dieses Kapitel soll auch den kreativen Prozess an weitere Artists weitergeben, um ihren eigenen fotorealistischen Charakter zu erstellen.

### 8.1. Kauf des Models

Für den praktischen Teil dieser wissenschaftlichen Arbeit wurde ein kostenloses, Creative Common- Model von sketchHub verwendet, welche man unter Namen „Angelica“ finden kann (NikZava284 2017). Das Basismodel bestand aus Haargeometrie und Wimpern, welche im Nachhinein in Maya gelöscht wurden, um ein sauberes Basiskopf zu besitzen.

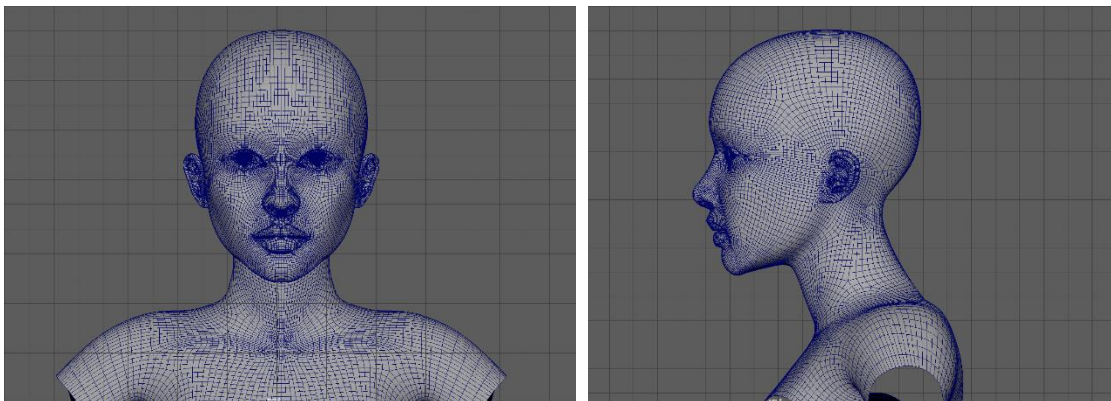


Abbildung 9: face Screenshot Front und Side View (eigene Darstellung)

Abbildung 9 zeigt das Model von der Frontal- und Seitenansicht. Es besitzt 31080 Faces und 62404 Edges. Das UV Layout ist im Model integriert. So wurde nochmals kontrolliert, ob die Schnitte für das UV-Layout am besten gewählt wurde. Wichtig ist es, dass keine Schnitte durch das Gesicht verlaufen, sodass die Texturen Übergänge an diesen Stellen nicht sichtbar sind.

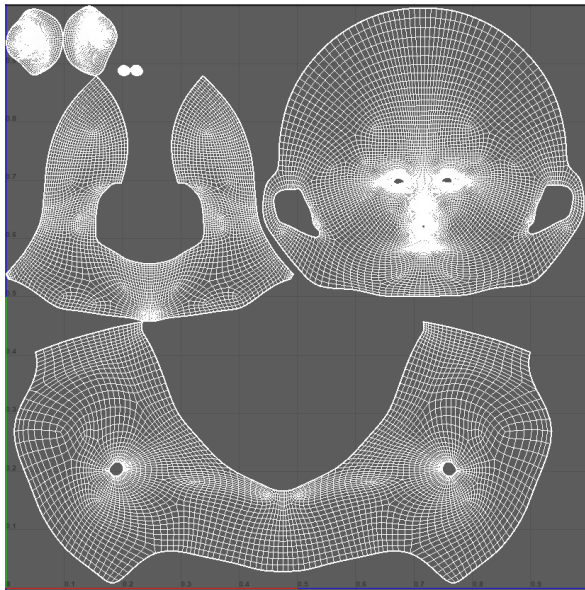


Abbildung 10: UV Layout (eigene Darstellung)

UV-Mapping ist der Prozess der Umsetzung einer 3D-Oberfläche mit Volumen und Form auf ein flaches 2D-Texturbild. Eine Möglichkeit, sich vorzustellen, wie das funktioniert, besteht darin, ein Objekt zu betrachten, das als Geschenk verpackt wurde. Eine UV-Karte ist ähnlich wie das sorgfältige Auspacken des Objekts und das flache Drücken des Geschenkpapiers (vgl. Foundry.Modo o.D.). Nach dem UV Layout ist die Vorgehensweise für die Entscheidung der Texturen sehr wichtig.

## 8.2. Anschaffung der Texturen

Es gibt viele Möglichkeiten Texturen zu besorgen. Viele Seiten bieten Hauttexturen an, die jedoch nicht so hoch aufgelöst sind. In der Industrie wird mittlerweile Texturen von Texturing.xyz gekauft. Diese bieten 8k Texturen, von Personen in unterschiedlichem Alter von 20-80. Durch den Erwerb von Displacement Maps „Female Face 20s FullFace #01“ und dem Photoscan Texturen der „Female-Face-20s-fullface #35“ wurde der erste Schritt der Verarbeitung der Texturen gestartet. 26 Bilder sind dabei angefügt, die verschiedene Perspektiven des Gesichtes darstellen, die für das Texturieren in Mari wichtig ist. Dadurch ist das Texturieren des Gesichtes durch jede Perspektive möglich.



Abbildung 11: Photoscan Female-Full-Face #35 (Texturing.xyz o.D.)

An dieser Stelle wurde diese Arbeit auch durch die Firma The APIC gesponsert, womit die Texturen für diese wissenschaftliche Arbeit finanziert werden konnte. Preise für die jeweiligen Photoscan Bilder, Displacement und Augentexturen betrugen insgesamt 89,90 \$/ 80,65 €.

### 8.3. Texturieren in Mari

Mari® ist ein Texturierungstool, welche viele Firmen in ihrer Pipeline verwenden. Mit Mari kann selbst hochkomplexe Assets mit Artist-freundlichen 3D Paint Tools benutzt werden. Dieses Tool kann unzählige UV Tiles per Objekt bearbeiten, Real-Time Interaktion mit Millionen von Polygonen handhaben und bis zu 32K Texturen unterstützen. Durch das Layer System und Node Graph System können durch Farbkorrekturen, Filter, und Procedurals flexibler und flüssiger gearbeitet werden. Dazu verfügt Mari physikalisch korrekten Vorschau für Schatten, Umgebungslicht, Specular Highlights und eingebetteten Support für Unreal, Arnold, V-Ray und Redshift Shadern. Diese Software wurde für das Texturieren des Models dieser wissenschaftlichen Arbeit verwendet, da heutzutage die VFX Industrie wie MPC, DNEG und WETA für ihre digitalen Charakter und Assets dieses Tool verwenden und es von Tag zu Tag zu einem Standard wird (vgl. Foundry 2019a).

Es bestand für diese praktische Arbeit der Bachelorthesis keine Vorkenntnisse in Mari. Ein weiteres Ziel war es auch herauszufinden, ob in kurzer Zeit von zwei Monaten die Einarbeitung in eine neue Software möglich ist, mit der man ein realistisches Ergebnis liefern kann.

Zu Beginn wurde die Geometrie des 3D Gesichtes als .obj File nach Mari importiert. Nachdem die Geometrie importiert wurde, kann durch Erstellung verschiedener Channels (Kanäle) texturiert werden. Der erste Kanal bildet ein 8-bit diffuse Kanal. Der diffuse Kanal beinhaltet die Farbtextur des Gesichtes. Mit dem Image Manager können die Texturen von Texturing.xyz importiert werden. Innerhalb weniger Minuten kann Mari über fünf 8K Texturen verarbeiten.



Nachdem ein 8-bit Kanal erstellt wurde, kann durch die Verwendung einer Brush (Pinsel) die auch in ihren Einstellungen die 8-bit Tiefe hat, gepaintet (gemalt) werden. Durch die verschiedenen Perspektiven der Texturen, kann durch eine Projektion der gewünschte Bereich bemalt werden. So wird eine verzerrungsfreie Textur erreicht.

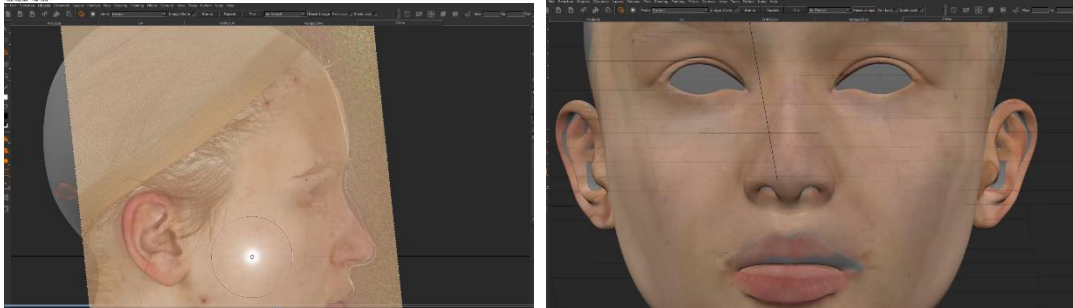


Abbildung 12: Texturing in Mari (eigene Darstellung)

Wichtig ist es, einen möglichst weichen Übergang zu erreichen, die mit einer weichen Stärke des Pinsels erlangt werden kann. Farbliche Unterschiede können im Anschluss mit Farbkorrekturen und Masken verbessert werden. Die verschiedenen Ebenen mit Masken kann man mit Photoshop vergleichen. Während dem Texturieren in Mari ist dabei wichtig, dass auch Innenräume bemalt werden. Dies kann durch die UV Ansicht korrigiert werden.

Denselben Schritt des Texturierens wurde auch für die Displacement Map angewendet. Dabei ist zu beachten, dass die Kanäle auf 16-bit eingestellt sind und die Brush auch für die Projektion auf 16-bit eingestellt ist. Hierfür muss hingewiesen werden, dass bei der Texturierung des Displacements, die Texturen so groß wie möglich skaliert werden sollten und die Ansicht der Geometrie auf den Details liegt. Dadurch kann eine maximale Information der Displacement Map für das Gesicht erlangt werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass man dadurch Falten und kleine Details der Haut jederzeit hinzufügen kann, was für die Bearbeitung der Details wichtig sind.

#### 8.4. Haut-Shading in Maya

Zwei Faktoren entscheiden das Aussehen von einer Oberfläche: aus was ein Objekt gemacht ist und das Licht. Wenn Licht das Objekt trifft, wird ein Teil des Lichtes absorbiert und ein Teil wird reflektiert. Je weicher das Objekt ist, desto glänzender ist es, je rauer das Objekt ist, desto matter ist es (vgl. Autodesk.Help 2017).

In Maya wird das Aussehen eines Objektes definiert durch, wie es geshaded ist. Oberflächen Shading ist eine Kombination aus dem Basis Material eines Objektes und beliebige Texturen, die darauf zugewiesen werden. Materialien oder auch Shader genannt, definieren die Substanz von einem Objekt (vgl. ebenda).

Nachdem in der Szene die Geometrie importiert wurde, wurde ein aiStandard Surface Shader zugewiesen.

Der aiStandard Surface Shader ist ein physikalisch basierter Shader, der in der Lage ist mehrere Typen von Materialien zu produzieren. Es beinhaltet einen Diffuse Layer, einen Specular Layer mit einem komplexen Fresnel für Metalle, Specular Transparenz für Glas, subsurface scattering für Haut, eine sekundäre coat und Licht Emission.

Mit folgenden Parametern kann man mit den Standardeinstellungen schnelle Materialien erzeugen (vgl. Griggs o.D.).

- Metalness: Gold, Silber, Iron, Autolack
- Tranmission: Glas, Wasser, Honig, Seifenblasen
- Subsurface: Haut, Marmor, Wachs, Papier, Blätter
- Thin Walled: Papier, Blätter, Seifenblasen

Nachdem ein aiStandard Shader erzeugt und zugewiesen wurde, entstand der erste Test des Displacements und der Diffuse Map die davor in Mari erzeugt wurde. Mit einem Displacement Shader wurde die Displacement Map aus Mari mit dem Standard Shader verknüpft. Ein Wert mit einem Displacement-Wert von 1 erzeugte folgendes Ergebnis:

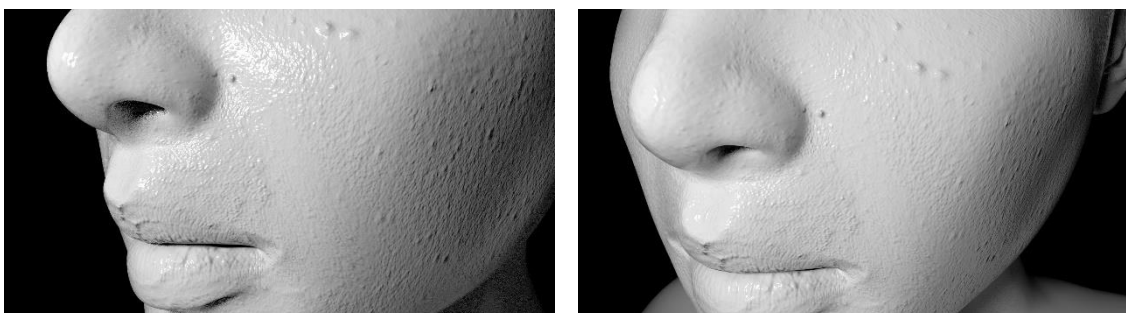


Abbildung 13: Displacement im Gesicht (eigene Darstellung)

Hierfür wurde die Unterteilung (Subdivision) der Geometrie auf einen Catclark- Wert von 4 gestellt. Im Anschluss wurde die Diffuse Map hinzugefügt.



Das Ergebnis sah wie folgt aus:



*Abbildung 14: erste Version des Gesichts (eigene Darstellung)*

Die Haut wirkt sehr wachsig und trocken, da die Specular Map und Gloss Map fehlt. In diesem Bild sieht man aber auch, dass die Texturierung der Lippen und die Haut im Allgemeinen für den Anfang gut funktioniert. Im Anschluss wurde die Specular Map mit Hilfe des Displacement Maps in Mudbox erstellt. Dazu wurde die Displacement Map als Basis genommen und mit Hilfe einer Color Correction, die Bereiche in schwarz/weiß umgefärbt. Diese Werte wurden jedoch nicht ins Extreme gezogen, damit die Anpassung trotzdem in Maya stattfinden kann. Genauso wurde eine Gloss Map erstellt, die die Lippen nochmals glänzender machen. Dazu wurden die Lippen weiß angemalt.

Im Folgenden kann man die verschiedenen Maps sehen:

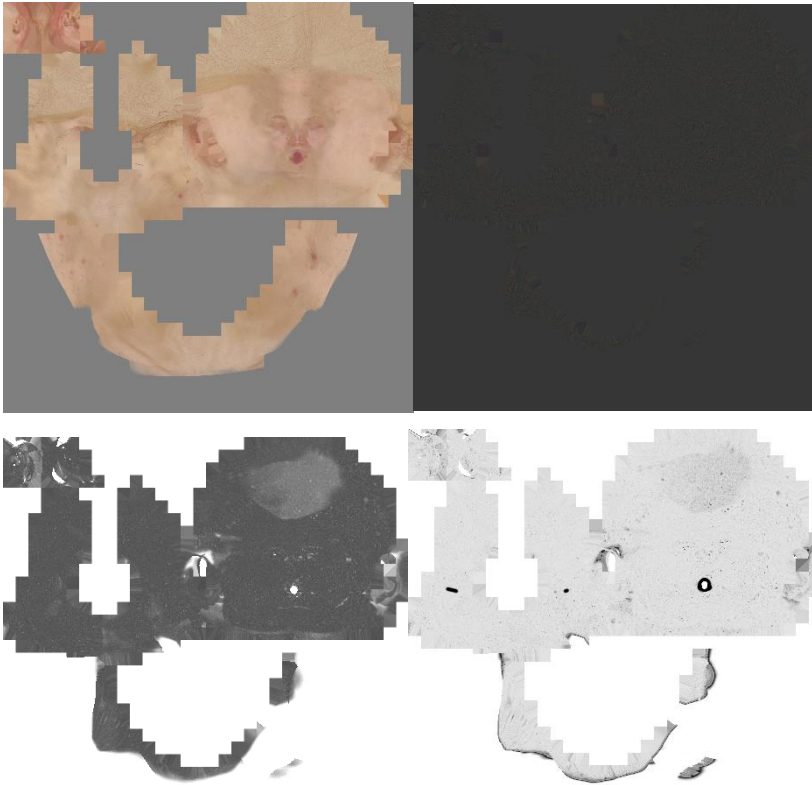


Abbildung 15: Maps (eigene Darstellung)

Durch das Einfügen von Specular Map und Gloss Maps entstanden folgende Ergebnisse:

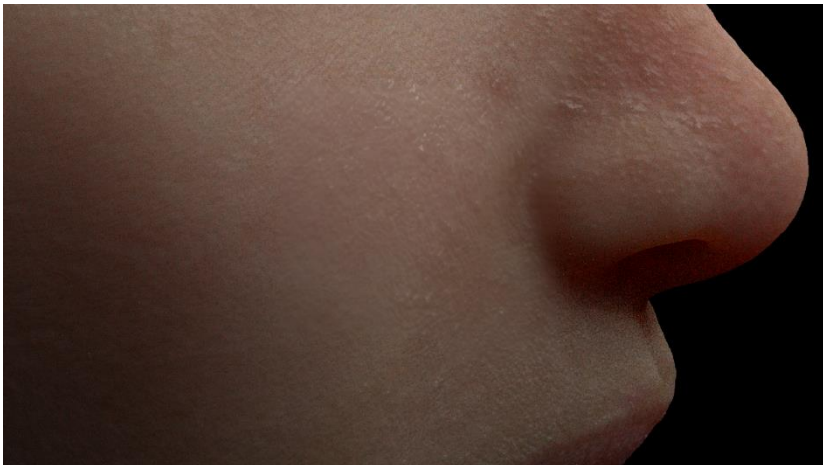


Abbildung 16: Haut mit Specular und Gloss (eigene Darstellung)

Ein wichtiger Bestandteil des Haut-Shadings sind die Farbzonen im Gesicht. Die Farbzonen (engl. Color Zones) im Gesicht unterteilen sich in drei Zonen. Die Stirn besitzt einen gelben Ton, von den Augen bis zum Mund eine rötliche Farbe. Die Zone von der Nase bis zum Kinn hat einen blauen, grünlichen, grauen Farbton. Im echten Leben sind diese Farben sehr subtil, die Erkennung ist fast unwahrnehmbar. Jedoch kommen sie bei Männern mehr in den Vordergrund. Der Grund dafür ist, dass die Stirn weniger



yellow or  
white brow  
  
red cheeks  
and nose  
  
blue, green,  
or gray chin

Abbildung 17: Color Zones of the Face (Gurney 2008)

Muskeln besitzt als der restliche Teil des Gesichts und weniger rote Blutkörperchen besitzt. Der zentrale Bereich des Gesichts hat mehr Kapillaren, die sauerstoffreiches Blut and die Oberfläche transportiert, somit entsteht die rötliche Farbe. Der Bereich um den Mund sind mehr Venen die blauen Blutkörperchen transportieren, welche eine blaue Farbe bei Lichtdurchfluss darstellt (vgl. Gurney 2008).

Diesen Ansatz der Farbzonen kann man in den Gemälden von Gilbert Stuart, Ilya Repin oder Sargent sehen (vgl. ebenda).

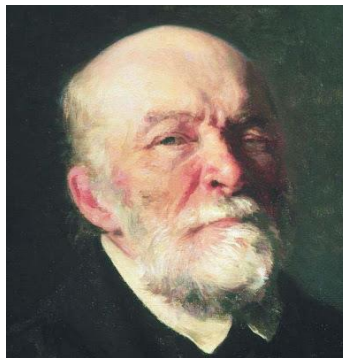
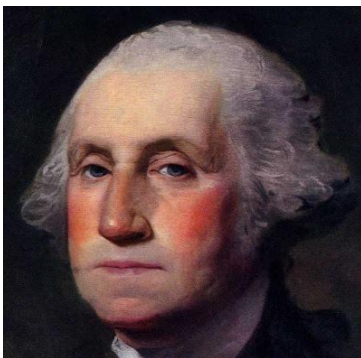


Abbildung 18: Portraits von Gilbert Stuart, Ilya Repin und Sargent (Gurney 2008)

Mit Hilfe dieser Technik wurde für diese Arbeit auch in Mari eine Map für die Farbzonen erstellt. Dazu wurden die Farbzonen mit der gelblichen Farbe mehr angepasst und nicht ins Extreme gezogen.

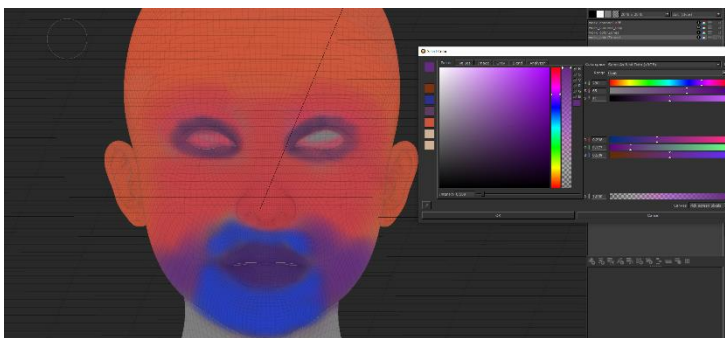


Abbildung 19: Color Zones (eigene Darstellung)

Diese Map wurde anschließend in Maya als SSS (Subsurface Scattering) Farbinput genommen. Dazu ist es bei Subsurface Scattering wichtig, den korrekten Radiusfarbton zu wählen. Hierfür wird in der Arnold Dokumentation darauf hingewiesen den Radiusfarbton für eine Haut auf folgende Werte einzustellen: Rot: 1.0, Grün: 0.35, Blau: 0.2. Dies zeigt, dass die Farbe Rot sehr tief streut und Grün und Blau weniger. Dies würde den drei-Ebenen-Workflow für die Haut ersetzen (deep, mid und shallow Layer), sodass Rot mit einem größeren Radius gestreut werden kann (vgl. Solid Angle S.L).



*Abbildung 20: Gesicht ohne und mit Color Zones (eigene Darstellung)*

Hier wird der Farbunterschied und Tiefe der Nase erkannt. Auch die Lippen wirken bläulicher und somit wird mehr Leben im Gesicht erweckt.

Der Skalierungsfaktor (Scale Value) des SSS im Shading wurde mit Hilfe eines Tricks gelöst. Um den Scale Faktor des Radius zu bestimmen, kann man einen Cube erstellen und es an die Position der Nase transformieren. Der Cube besitzt eine Einheitsgröße, sodass ein Scale Wert von 1, so viel Licht durchlassen würde durch die Nase wie groß der Cube ist. Dadurch kann in jeder Szene der SSS Scale Wert angepasst und eingeschätzt werden. Werte, die in den Tutorials gegeben werden, stimmen oft nicht, da die Größe des Gesichts in der Szene variiert.

In diesem Fall dieser Arbeit liegt der Scale Wert bei 0.3.

Weitere Schritte um ein realistisches Ergebnis zu erlangen, ist auch von Licht abhängig. So wurde für das Lichtsetup ein HDR Bild als Basis Beleuchtung benutzt und dazu zwei Area Lights verwendet. Mit dem HDR Bild wurde eine Basisbeleuchtung eines Raumes erzeugt. Die weiteren Area Lights dienen dazu, die Schatten des Gesichtes hervorzuheben. Weitere Details wie Lichter in Maya funktionieren, wird in dieser wissenschaftlichen Arbeit nicht detaillierter besprochen.

Ein Vergleich des Lichteinflusses ist in der folgenden Abbildung zu sehen:



*Abbildung 21: Gesicht ohne Licht- Gesicht mit Licht (eigene Darstellung)*

Es wurden mehrere Lichtsetups des Weiteren verwendet, Werte in den aiStandard Shader wurden variiert, um das Beste Haut-Shading zu erzielen. Eine der erfolgreichen Ergebnisse waren, eine Subdivision der Geometrie bei Catclark 6, und Bump und Displacement Werte wurden so eingestellt, sodass eine gute Balance zwischen beiden Werten im Ergebnis entstand. Wie schon vorher beschrieben, liefert ein gutes Lichtsetup, Tiefe im Gesicht und gibt auch mehr Detail. Dies kann man im folgenden Vergleich sehen (siehe Abbildung 22). In der linken Abbildung ist eine gleichmäßig beleuchtete Haut zu sehen, die mit einem Skydome mit einem HDR Bild belichtet wurde.



*Abbildung 22: links-Haut mit gleichmäßiger Belichtung, rechts-Haut mit zusätzlicher Belichtung (eigene Darstellung)*

Im rechten Bild wurde mit Hilfe von zwei Area Lights die Tiefe des Gesichtes in den Vordergrund gebracht. Dazu wurde die Nase mehr beleuchtet, damit ein härterer Schlagschatten sichtbar ist. Zu sehen ist, dass mit Hilfe von Licht, die Wirkung der Haut sich ändert und dadurch Strukturen der Haut mehr im Vordergrund sind.

Im rechten Bild ist zu erkennen, dass die Hautstruktur zu scharf wirkt. Sie sind nicht weich oder fein genug, dass sie als Poren durchgehen. Hierfür wurde getestet, ob mit einer höheren Subdivision, die Porenform feiner wird. An dieser Stelle stürzt Maya ab. Hierzu wurde nochmal die Szene in Mari getestet und eingestellt, ob alle Werte korrekt sind. Zu bemerken war es, dass die Pinseltiefe des Displacement Maps bei 8-bit lag anstatt 16-bit. Dadurch werden Bildtiefen abgerundet und es entstehen keine detaillierten Tiefenwerte für die Poren oder Hautstruktur. Mit dieser Information wurde



die Displacement Textur erneut überarbeitet und nochmal in Maya in das Shading integriert. Die neue Hautstruktur sah wie folgt aus:



*Abbildung 23: Haut-Shading (eigene Darstellung)*

Diese wichtigen Schritte führen dazu, dass die Haut viel feiner und lebendiger aussieht. Die Feinheit in den 8K Texturen sind nun mehr sichtbar und erkennbar als zuvor. Das Haut-Shading ist für diesen Prozess abgeschlossen. Es erfordert eine enorme Einarbeit in das Verständnis der Haut in Abhängigkeit mit der Kombination des digital zu erstellen und die Möglichkeiten dazu. Man muss sich den Workflow zumindest von zwei verschiedenen Artists anschauen und auch durchtesten, damit man sich ein eigenes Bild davon machen kann und Probleme oder Vorteile sieht.

### 8.5. Augen

Die Augen eines Charakters sind der wichtigste Punkt in einem Bild oder in einer Szene. „It's really easy to fall into the uncanny valley“ (Harris 2018) sagte der FX Supervisor, Eric Saindon, von Weta Digital, der an den Augen von Alita, Herr der Ringe und Avatar arbeitete. Die Augen sind die höchste Herausforderung in der Visual Effects Industrie, um Perfektionismus zu erlangen (vgl. ebenda).

Es gibt einige wichtige Prinzipien zu beachten, um sicherzustellen, dass die Augen bei einem Charakter so glaubwürdig wie möglich sind. Diese wissenschaftliche Arbeit behandelt auch einige Schlüsseltechniken für die Modellierung und Texturierung realistischer Augen, die in jeder von Ihnen verwendeten 3D-Anwendung angewendet werden können. Wenn es um die Augen eines fiktiven Charakters oder einer Kreatur geht, ist es etwas, das wirklich nicht übersehen werden kann, aber oft schon. Sicher, es gibt Zeiten, in denen es möglich ist, drei Grundfarben zu verwenden, um das Auge zu erzeugen, und manchmal ist das alles, was ein Charakter im Zeichentrickstil braucht. Aber in den meisten Fällen braucht ein Charakter mehr Details in den Augen. So viel Emotion und Persönlichkeit kann direkt aus dem Auge kommen, deshalb ist es wichtig, dass die Augen auf einem Charakter realistisch sind. Die Schaffung glaubwürdiger Augen ist entscheidend, um die Aufmerksamkeit des Publikums zu gewinnen und zu erhalten. Augen, die unnatürlich aussehen, können ein eindeutiges Zeichen für einen CG-Charakter sein, den man fast nie will (vgl. Pluralsight 2019).

Wie bei fast jeder anderen Aufgabe in einer 3D-Produktion ist die Referenzfindung ein wichtiger Punkt und wenn es darum geht, realistische Augen zu erzeugen, gibt es keine Ausnahme. Bevor man mit der Erstellung der Augen beginnt, sollte man online nach Referenzbildern suchen oder sogar einfach nur einige Bilder von eigenen Augen aufnehmen. Dies ist eine großartige Möglichkeit, das Auge wirklich zu studieren und all die kleinen Details und die Vielfalt der Farben zu sehen, die tatsächlich auf dem Auge von jemandem erscheinen. Ein weiteres sehr wichtiges Detail, das man aus dem

Studium der richtigen Referenz herausholen sollte, ist das Verständnis der Anatomie eines Auges. Die wichtigsten Merkmale, die man beachten sollte, sind die Hornhaut, die Iris, die Pupille und die Sklera. Die Cornea ist der transparente Bereich, welche die Iris und die Pupille umhüllen. Sie ist ein Bestandteil des Auges, was die refraktive Oberfläche darstellt. Die Iris stellt die Augenfarbe dar, sie besitzt sehr komplizierte Details, die bei der Erstellung der Textur sehr viel Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Auf einer mehr technischen Ebene ist die Iris, welche den Parameter für die Pupille steuert.

Die Pupille ist das schwarze Loch, welche sich zentriert vom Auge befindet, welche den Lichteinfluss erlaubt. Der weiße Bereich wird als Sklera bezeichnet, welche die Schutzhülle für das Auge dient. Dabei sind rote Blutgefäße sichtbar, die je nach Müdigkeit mehr auftreten (vgl. ebenda).

#### 8.5.1. Modelling

Wenn es um die Modellierung des Augapfels geht, kann der erster Instinkt sein, einfach in eine einfache Kugel zu fallen und sie in die richtige Richtung zu drehen. Dies könnte zwar für ein stilisiertes Auge funktionieren, aber wenn man versucht, ein fotorealistisches Modell zu erstellen, das einer genauen Prüfung standhält, dann ist dies nicht der beste Weg. Bei genauerer Betrachtung und Recherche wird man feststellen, dass das menschliche Auge nicht vollkommen kreisförmig ist, denn der Iris- und Pupillenbereich des Augapfels ragt tatsächlich heraus. Bei der Modellierung der Augenform sollte dies berücksichtigt werden, um wirklich ein realistisches Auge zu schaffen. Man kann nur ein sehr einfaches Beispiel für die grobe Form des Auges in der Abbildung unten sehen. Dies ist aus Gründen der Klarheit leicht übertrieben, aber man kann sehen, was man beim Modellieren des Augapfels versuchen sollte (vgl. ebenda).

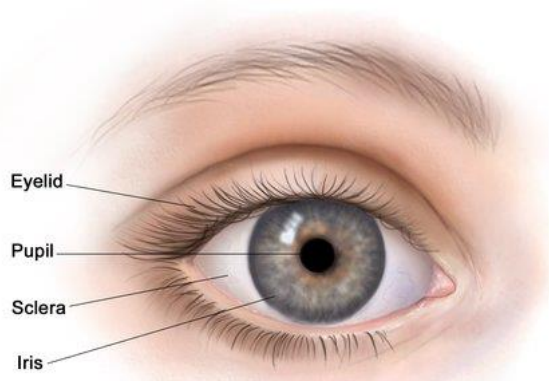
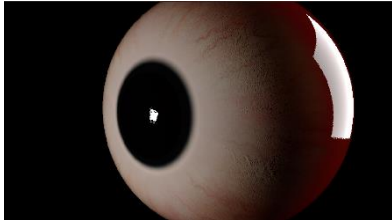


Abbildung 24: Augenbeschreibung (Genetics Home Reference 2019)

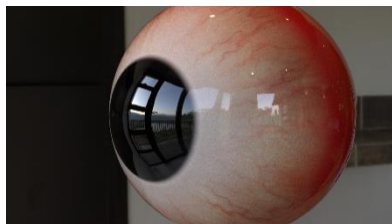


### 8.5.2. Shading

Online Tutorials von Arvid Schneider, Eugene Shmeerov oder Micheal Schwartz schlagen eine Geometrie vor, bei der sie jedes Material als einzelnes Modell vorliegen. Dies wurde in dieser Arbeit genauso getestet, welche die Sklera, Iris und Cornea als einzelnes Objekt in der Szene beinhaltete.



Arvid Schneider, schlägt in seinem Online Augentutorial vor, für jedes Objekt einen Shader zuzuweisen. Mit diesem Workflow entstanden folgende Ergebnisse: Zuerst texturiert man eine Sklera Textur und weist sie in Maya auf das kugelförmige Objekt zu.



Im Anschluss fügt man dem äußeren Objekt, der Cornea, welches die gleiche Form hat, aber nur um die Iris herum eine größere Wölbung hat den Glanz hinzu, bei der Transparenz und Reflection eine große Rolle spielen. Darauf folgend wird dem inneren Objekt, der Iris, mit Hilfe von Bump und Displacement nachgeholfen. Welches jedoch nicht, denselben Effekt erzielt wie in seinem Tutorial.

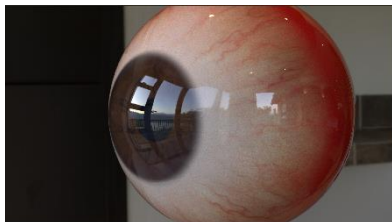


Abbildung 25: Augenshading (eigene Darstellung)

In dem Tutorial „Creating Realistic Eyes in CG 2.0“ von Tom Newbury erklärt er in seinen Videos Schritt für Schritt welche wichtigen Aspekte beachtet werden müssen (vgl. Newbury 2019). Dabei geht er als erstes auf das Model ein und meint, dass viele Artists die Objekte in jedes Material unterteilen, was die Kombination nicht zu einem fotorealistischen Ergebnis liefern. Es ist zu bemerken, dass dieses Tutorial kostenpflichtig ist.

Er unterteilt sein Augenmodel in drei Teile:

- Sklera+Cornea
- Iris
- Pupille

Nach diesem Workflow wurde auch diese Arbeit getestet und hiermit wird näher besprochen, wie die Vorgehensweise aussah.

Zuerst wurde in Mari der Sklera-Bereich texturiert. Im Anschluss wurden die Geometrien den Shadern zugewiesen.

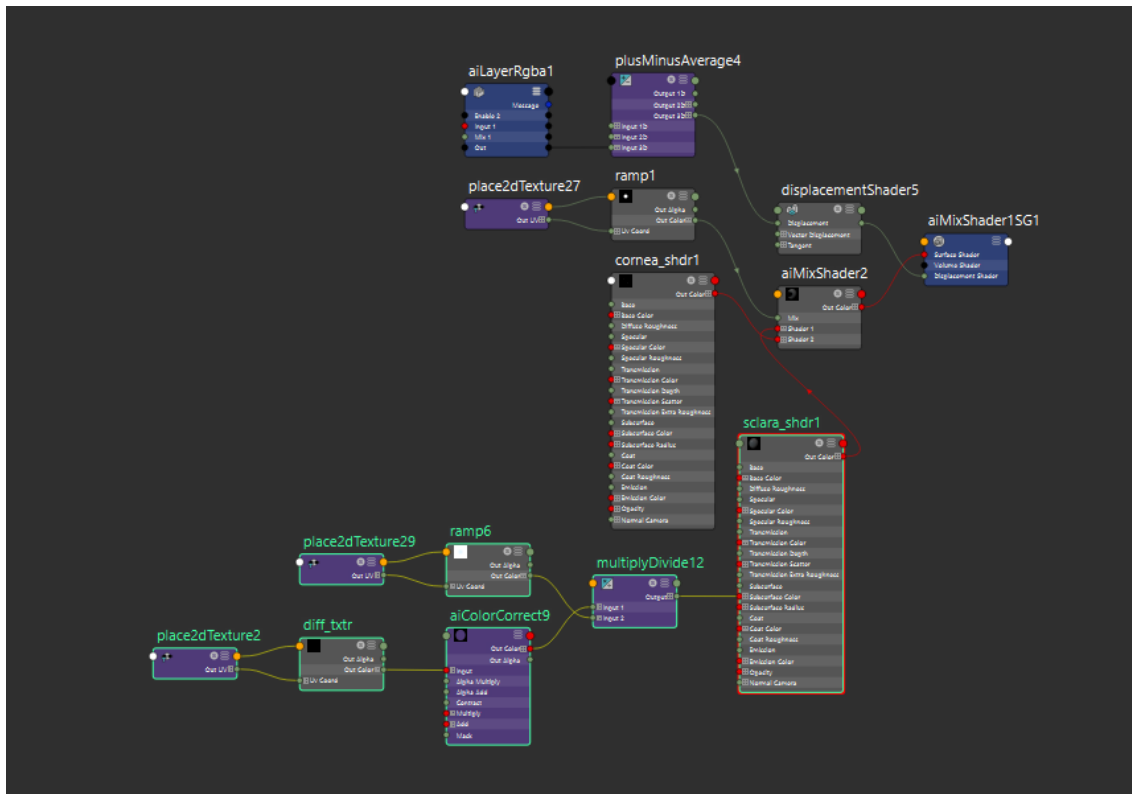


Abbildung 26: aimixShader Node Tree (eigene Darstellung)

Die Shader der Cornea und Sklera wurden separat erstellt und nochmals in einem aiMixShader zusammengefügt. Dieser Ansatz fand nur in Tom Newbury's Tutorial statt. Für die Cornea wurde ein StandardShader verwendet mit keiner Base Color, dafür aber einen vollen Specular-Wert und Transparenz. Dies verleiht der Cornea den reflektiven und nassen Material. Am wichtigsten hierfür ist der IOR Wert: Dieser sollte nicht auf default 1.5 liegen, sondern auf 1.38 für die Iris und die Cornea. Der IOR ist der Index of Refraction definiert das Fresnel-Reflexionsvermögen des Materials und ist standardmäßig die verwendete Winkelfunktion.

Für die Sklera wurde die Textur als Basisinput verwendet und mit Hilfe von einer Ramp wurde um die Iris einen blauen Übergang gebildet. Damit jeweils die Shader auf dem richtigen Bereich wirken, wurde mit Hilfe einer aiMixShader-Node diese durch den Blend Modus verknüpft und mit Hilfe einer anderen Ramp Node der Bereich von Iris und Sklera getrennt. Somit wirkt der Sklera Shader nur in den schwarzen Bereichen. Damit auch eine unregelmäßige Struktur auf dem Sklera Bereich erreicht werden kann, wurde dazu eine Noise Map verwendet und die Displacement leicht erhöht, damit diese sichtbar wird. So wirkt der äußere Bereich unregelmäßig und hat ein realistischeres Material.

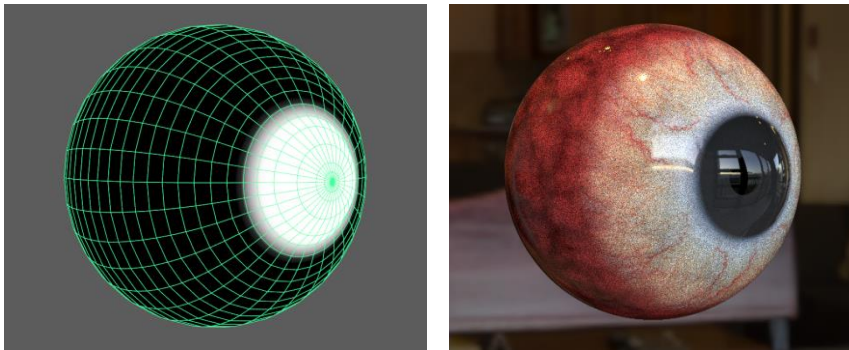


Abbildung 27: Sklera Shading (eigene Darstellung)

Für die Iris wurde ein neuer Standard Shader verwendet, der diesmal nicht eine 1K Textur von Texturing.xyz ist, sondern eine 4K Textur, die man über diesen Kauf des Tutorials erlangen kann. Im Verlauf des Shadings fällt auf, dass 1K Auflösung einer Textur nicht genügt und man auch nicht Online 4K Iris Texturen finden kann. Der Iris Shader ist verknüpft durch die Textur und einem Mix aus der Bump und Displacement Map der Iris, die genauso in Mari texturiert worden sind.

Mit Hilfe von Multiply Divide Nodes kann man die Stärke der jeweiligen Map beeinflussen und sie mit in den Shader verlaufen lassen. Diese Kombination gibt mehr Kontrolle und mehr Feinarbeit für das Shading.

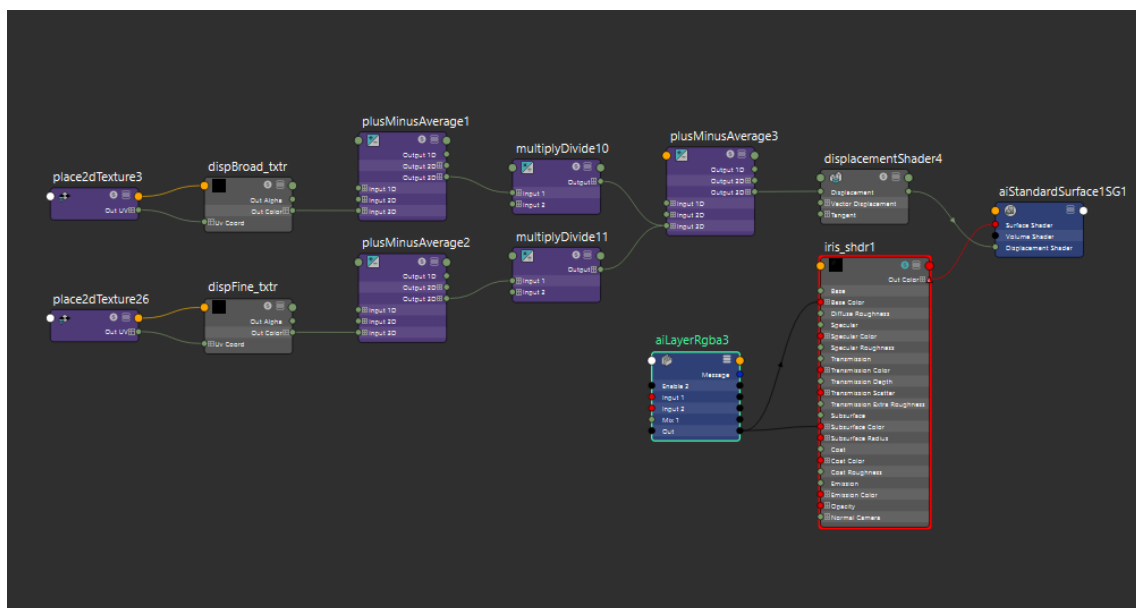


Abbildung 28: Iris Shading (eigene Darstellung)

Es wurden an dieser Stelle mehrmals Shading Werte geändert und überarbeitet, sowie auch die Texturen Verläufe bearbeitet. Für die Pupille wurde ein schwarzer Surface Shader verwendet, die eine schwarze Basisfarbe hat.

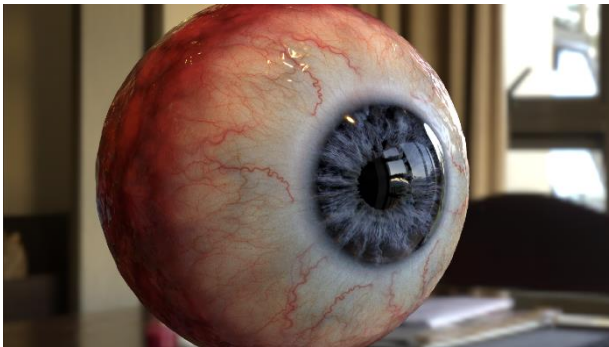


Abbildung 29: Augenshading final (eigene Darstellung)

Mit mehreren Überarbeitungsschritten erreicht man dieses Ziel, was erklären lässt, dass der Ansatz von Tom Newbury empfehlenswert ist. Seine Ansichten und Tipps zum Shading sind sehr gut und man erkennt Schritt für Schritt, dass man ein besseres Ergebnis erzielt.

Dies ist nicht der letzte Schritt in diesem Prozess. Die Integration in das Gesicht beansprucht viel Zeit und Feinschliff. Durch Positionierung in das Gesicht, muss das Auge nochmals farblich an das Gesicht im Gesamten angepasst werden. Dazu werden im Shader nochmals mit Hilfe von Farbkorrektur Nodes, wie das aiColor Correct Node, Sättigung oder der Gain heruntergenommen. Durch diese Farbkorrekturen in Maya, können einfache Korrekturen vorgenommen werden, ohne nochmal ins Texturing zurückzugehen.

Zusätzlich ist im Anschluss die Modellierung der Karunkel notwendig. Genauso ist auch einer der größten Schwierigkeiten, die Bildung des Wasserlids. Hierfür wurde auch eine separate Geometrie in Maya modelliert.

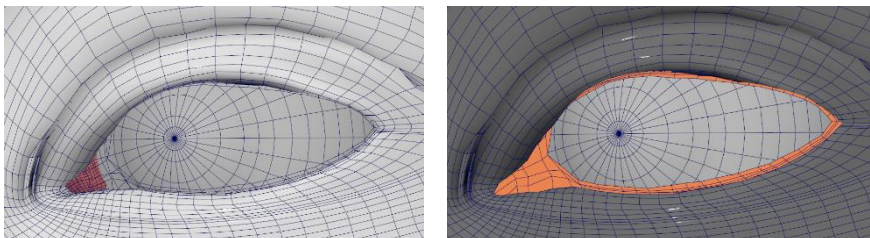


Abbildung 30: Modellierung von Karunkel und Wasserlid (eigene Darstellung)

Dazu wurde keine hochaufgelöste Geometrie verwendet, da sie nur einfache Shader zugewiesen bekommen. Durch die Meinung vieler Artist wie Tom Newbury, Arvid Schneider und viele weitere, wurde das Wasserlid als Geometrie gemodelt. Der Versuch das Wasserlid im Shader zu täuschen, lieferte keine guten Resultate in verschiedenen

Perspektiven. Somit wurde der Karunkel ein rosa-farbiger Standard Shader zugewiesen und dem Wasserlid einen transparenten Shader, der noch dazu eine Noise Map beinhaltet, welche eine unregelmäßige Fläche darstellen soll. So sieht das Wasserlid nicht überall gleich aus und hat durch den Lichteinfluss mehr Varianz.

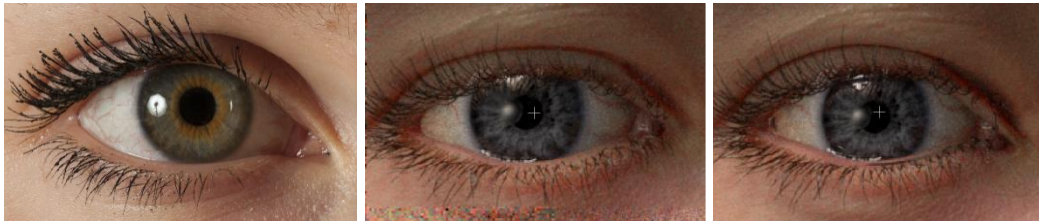
Neben dem Shading spielt die Form des Auges eine sehr wichtige Rolle. Da der Blick auf das Auge fällt, muss am Augenmodell alles korrekt sein. Da in dieser Arbeit ein Basismodell als Gesicht ausgewählt wurde, waren die Augenlider sehr weit offen. Dies wirkt als eher gruselig auf den Zuschauer.



*Abbildung 31: Augenintegration (eigene Darstellung)*

Wie aus der Abbildung sichtbar, erkennt man, dass die Augen sehr weit offen sind und die Sklera sehr sichtbar ist. Die Proportion stimmt nicht mehr überein, was zu einer Bearbeitung des Gesichtes führte. Hierfür wurden mit Hilfe des Sculpting Modus in Maya die Augenlider herabgesetzt, um einen mehr weichen und gelasseneren Blick zu erzielen. Meinungen professioneller Personen aus der Industrie haben einen großen Einfluss auf die Verbesserung einer praktischen Arbeit. Wolfram Kampffmeyer, der Animationsworkshops an der Hochschule der Medien in Stuttgart anbietet, meinte, dass Gesichter nicht symmetrisch sind und somit die Geometrie in dieser Arbeit bearbeitet werden müsste. Nach seiner Ansicht haben Menschen keinen gefühlslosen Blick in einem Foto und dazu sitzen die Augenlider weiter unten.

Wie durch die Abbildungen ersichtlich ist, liefert eine Veränderung der Augenlider eine enorme Verbesserung. Gleichzeitig ist jedoch die Augenform eine große Hürde. Nur durch ein Basismodel kann man kein realistisch wirkendes Ergebnis liefern. Wie zuvor beschrieben, sind auch hier die Augenformen gleich und zudem haben sie eine falsche Form. Augen sind, wie in den Referenzfotos, leicht gekippt und haben eine mehr gewölbte Form. Dies ist in folgenden Abbildungen erkennbar:



*Abbildung 32: Referenz, vorher/nachher (eigene Darstellung)*

Durch die Geometrieanpassung der Augenform entstand dadurch eine enorme Veränderung des Gesichtes. Proportionen stimmten nichtmehr überein, der Abstand von Augenbrauen und Auge waren nicht korrekt und somit sah das Gesicht unnatürlich aus. Dazu wurden Referenzbilder zur Hilfe geholt, und die beste Lösung war es, die Augenbrauen herunterzusetzen. An dieser Stelle sei anzuführen, dass mit jeder Geometrieveränderung die Texturen für die Displacement und Diffus Texturen erneut in Mari angepasst werden müssen. Falten müssen erneut korrigiert werden, da somit jede Kleinigkeit zu einem unrealen Ergebnis führen. Viele Iterationsschritte entstanden hierbei von Mari zu Maya. Anpassungen der Texturen, Geometrieveränderungen, Referenzsuchen für jeden Schritt. Die somit dann zu folgenden Ergebnisse führten:



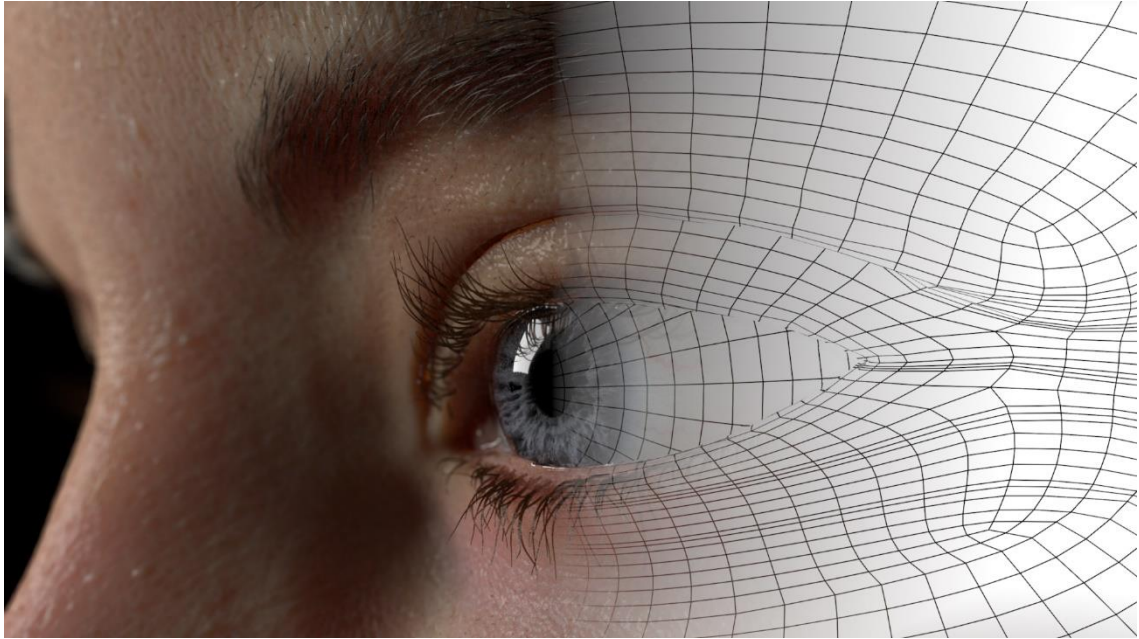


Abbildung 34: Augen mit Wireframe (eigene Darstellung)



Abbildung 33: Augen final (eigene Darstellung)

## 8.6. XGen

XGen ist ein Geometrie-Instancer, mit dem man die Oberfläche von Polygonnetzen einer beliebigen Anzahl von Primitiven füllen kann, die entweder zufällig oder gleichmäßig platziert sind. Mit XGen können Haare, Pelze und Federn für Charaktere erstellt und gestylt werden. Für den Setbau können große Umgebungen bevölkert werden, darunter Grassavannen, Wälder, felsige Landschaften und Schuttpfade (vgl. Autodesk.Help 2014).

Mit XGen können Folgendes erreicht werden:

- Instanzieren von leichten primitiven Geometrietypen wie Splines, Kugeln oder Cards
- Benutzung von Brush-basierten Grooming Tools um Haare oder Fell zu stylen
- Kontrollierung der Platzierung, Erscheinung und Verhalten von Primitiven mit der Verwendung von Ptex Maps, Expressions und Attribut Slider

XGen ist ein Plug-in welches automatisch geladen wird, wenn Maya startet. Um eine Geometrie auf Polygon Oberflächen zu instanzieren, benutzt man folgende Vorgehensweisen:

- Descriptions, welche die primitiven Eigenschaften spezifizieren und die Steuerung festlegen
- Collections, die eine Möglichkeit bieten, Beschreibungen zu organisieren, die mit einer Figur oder Szene verbunden sind
- Patches, die die Bereiche der Polygonoberfläche definieren, die Primitive erzeugen (vgl. ebenda)

Da XGen ein vorhandenes Tool in Maya ist, wurde für diese praktische Arbeit XGen verwendet. Andere Tools wie Yeti liefern sehr gute Ergebnisse, aber sind kostenpflichtige Tools, die für diese wissenschaftliche Arbeit nicht in Frage kamen. Wie zuvor beschrieben ist Ziel dieser Arbeit, mit wenig Ressourcen wie möglich ein gutes Resultat zu bieten.



### 8.6.1. XGen Basics

Um die einzelnen Funktionen in XGen zu verstehen, müssen bestimmte Vorkenntnisse geklärt werden. Der beste Weg für die Erzeugung der XGen Haare, ist es, die Geometrie für die Stelle der Haare nochmals zu duplizieren. Dadurch hat man mehr Kontrolle die Haare separat vom Gesicht zu bearbeiten. In diesem Abschnitt wird ein schneller Überblick gegeben, wie man mit XGen Haare kreieren kann.

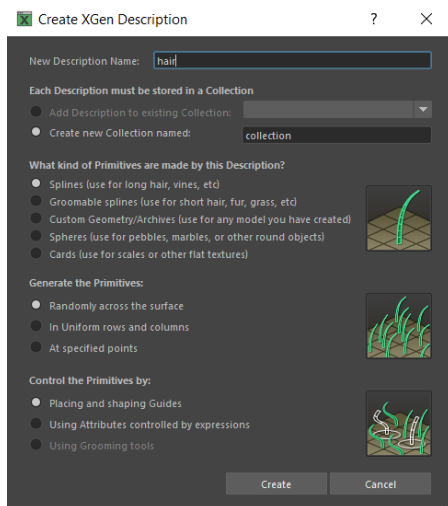



Abbildung 35: XGen Description (eigene Darstellung)

Zuerst wird die Geometrie ausgewählt, auf der Haare gebildet werden sollen. Im Anschluss wird das Button  ausgewählt, mit der eine XGen Description erstellt wird. Als nächstes können mit folgenden Einstellungen eine korrekte XGen Description für Haare erstellt werden (siehe Abbildung 35). Splines werden häufiger für die Erstellung von langen Haaren und Fell erstellt aber sie dienen auch gut dazu, Haare gut zu verformen. Deshalb ist es von Vorteil diese Option auszuwählen. Diese können mit Hilfe von *Placing and shaping Guides* Option bearbeitet und verformt

werden. Guides dienen dazu den Haarverlauf festzulegen. In der Primitives Tab können allgemeine Einstellungen, wie die Dicke, Breite, Dichte der einzelnen Splines vorgenommen werden.

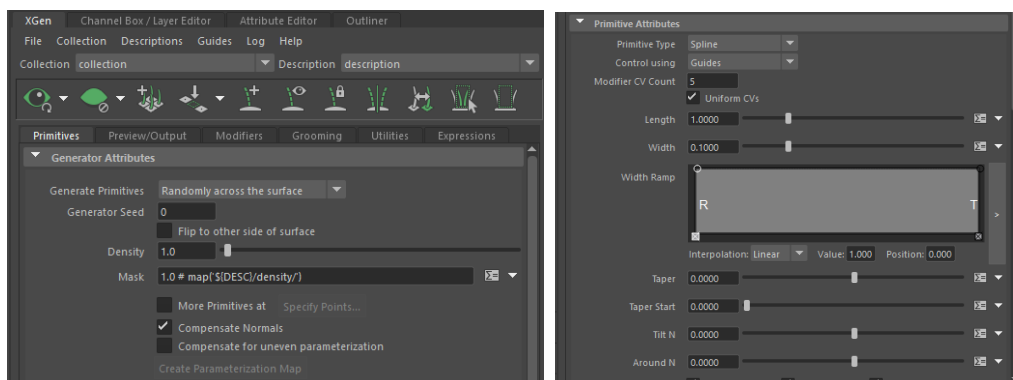


Abbildung 36: XGen Primitives (eigene Darstellung)

Mit Hilfe der *Density* kann die Dichte der Verteilung bestimmt werden. Durch die *Mask* Funktion, können Bereiche festgelegt werden, an denen die Dichte variieren soll. Dabei kann man im Viewport von Maya 3dPaintTextures malen, in dem man auf die Geometrie mit Hilfe von einem Pinsel Bereiche zeichnet, die mit einwirken sollen oder nicht. Diese wird gespeichert und man kann sie in Versionen speichern und ersetzen. Ein anderer wichtiger Teil für die Bearbeitung von den Splines ist der Primitive Attributes Teil. Hier

kann die Länge, Breite, Form und die CV Counts für die Splines angepasst und bearbeitet werden. Der Taper steuert die Breite an der Spitze jeder Spline im Vergleich zu ihrer Basis. Positive Werte machen die Spitze schmaler als die Basis, negative Werte machen die Spitze breiter als die Basis (vgl. Autodesk.Help 2016). Dies gibt eine erste Basis für die Erstellung der Haare. Weitere detaillierte Einstellungen werden in den nächsten Unterkapitel durchgenommen.

## 8.7. Erstellung der Wimpern

### 8.7.1. Wimpern mit Maya MASH

Bei der Erstellung der Wimpern sind mehrere Techniken verwendet worden. Zuerst wurde eine Wimper modelliert und mit Maya MASH verknüpft. Maya MASH wird verwendet um verschiedene Motion Design Animationen mit prozeduralen Networks zu kreieren. Das Grundgerüst von MASH ist sein Node-basiertes Network-System. Jede Node verfügt über verschiedene Funktionen und kann mit anderen Nodes verknüpft werden, um das Verhalten zu erweitern (vgl. Autodesk.Help 2018). Mit Hilfe der Curve Node in MASH können Objekte entlang der Kurve animiert oder verteilt werden. Diese Node wurde verwendet um die Wimpern zu verteilen. Mit der Kombination aus Offset und Randomize Nodes wurden die Wimpern zufallsmäßig und mit einem Versatz in x-, y- und z-Richtung verteilt.

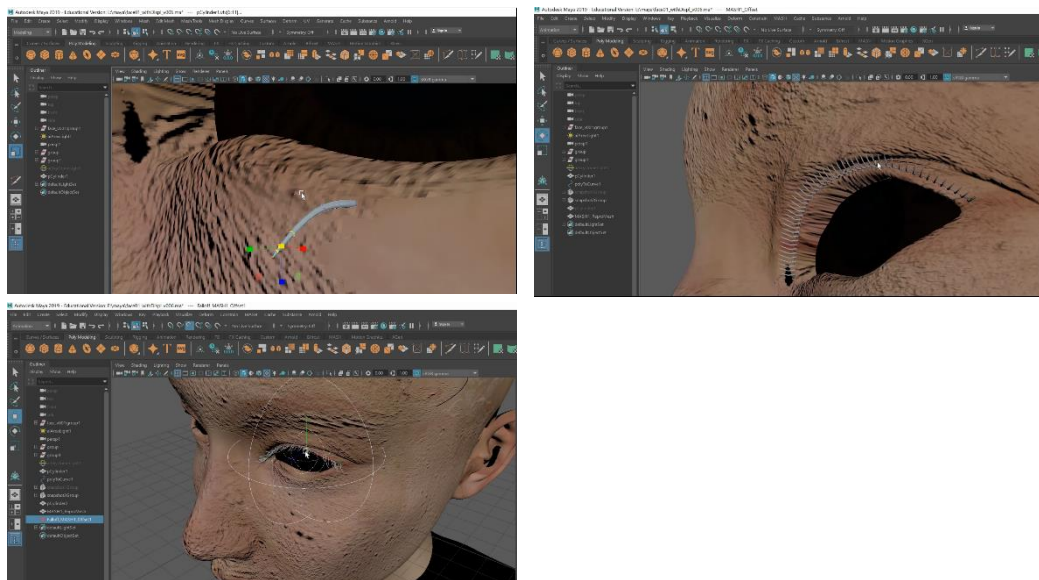


Abbildung 37: Wimpern Modellierung (eigene Darstellung)

Diese Technik bringt zwar ein schnelleres Ergebnis, jedoch sehen die Ergebnisse trotz langer Investierung keine guten Resultate. Die Kontrolle über die Verteilung funktioniert sehr gut, aber die Form der Wimper kann nicht geändert werden. So wirken die Wimpern in dieser Technik sehr unreal.



Abbildung 38: Wimpernintegration (eigene Darstellung)

### 8.7.2. Wimpern mit XGen

Anschließend wurde die zweite Technik mit Hilfe von XGen angewendet. Viele Artists verwenden XGen für Augenbrauen und Wimpern, die sehr gute Resultate bieten. Die Einarbeitung in XGen braucht Zeit, mit Hilfe von Online Tutorials ist dies erreichbar. Zuerst wählt man die Geometrie für die Wimpern aus und dupliziert diese Geometrien. Im Anschluss weist man der Geometrie eine XGen Description mit Splines hinzu, die durch Guides kontrolliert und verformt werden können.

Durch das Hinzufügen von Guides entlang der Geometrie können bei Utilities> Guides as Curves, die Guides verformt werden. Dabei sollte der Lock Length angeschaltet bleiben.

Ein kleiner Hinweis ist hier zu nennen: falls bei dem XGen Tab die Utilities nicht erscheinen oder leer ist, müssen folgende Schritte durchgeführt werden.

- Öffnet die *xgUtilitiesTab.py*
- *C:\Program Files\Autodesk\Maya2019\plug-ins\xgen\scripts\xgenm\ui\tabs\xgUtilitiesTab.py*, **Zeilen 115-118**  
Und nennt in diesen Zeilen *\$gxgmTMLookupTable* → zu *\$gXgmTMLookupTable* um  
(cg\_oglu 2019)

Dieser Schritt wird die Utilities erscheinen lassen und man kann wie folgt weiterarbeiten. Nachdem die Guides verformt und verteilt sind, wird die Density (die Dichte) eingestellt. Ein Wert von 300 waren ausreichend um die Wimpern zu verteilen. Wichtig hierbei sind die Taper Werte: Für Augenbrauen müssen die Taper Werte bei Taper: 0.8 und bei Taper Start: 0.0 liegen. Diese Werte führen dazu, dass die Spline Form nach hinten hin abnimmt und sie eine Wimpernform bilden (vgl. Newbury 2016).

Durch Modifier, wie Noise, werden den verteilten XGen Splines nochmal in sich selbst eine Unregelmäßigkeit erzeugt. Diese Modifier sind sehr hilfreich, um mehr Ungleichheiten zu erzeugen und mehr natürliches Aussehen zu schenken. Es ist zu erwähnen, dass Tom Newbury in seinem Augentutorial auch vorschlägt, die Noise Modifier zu verwenden.

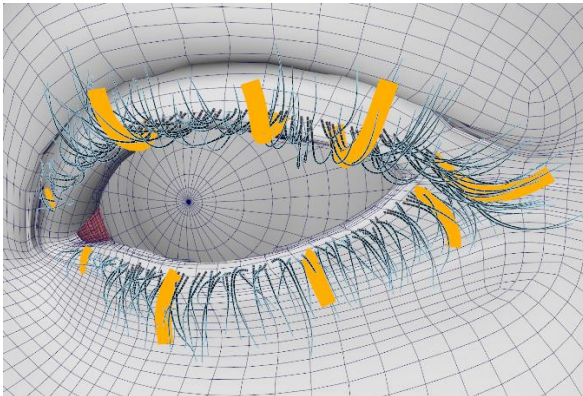


Abbildung 39: Wimpernerstellung mit Guides (eigene Darstellung)

Im nächsten Schritt ist es wichtig sich für eine richtige Shading Option zu entscheiden. Der Standard Hair Shader in Maya ist dafür ein guter Start. Standard Hair ist ein physikalisch basierter Shader um Haare oder Fell zu rendern, der auf den d'Eon Model für den Specular und Zinke Model für den Diffus ableitet. Realistische Ergebnisse können schon mit wenigen Einstellungen erreicht werden. Der Standard Hair Shader ist entwickelt worden, um mit Arnolds Curve Shape Nodes verwendet zu werden und funktioniert bei anderen Formen nicht gut. Der Unterschied zu anderen Shadern ist, dass sie die Haarstreuung nicht genau simulieren können (vgl. Griggs 2018).

Nach der Zuweisung der XGen Wimpern zu einem Standard Hair Shader wurden die Werte öfters angepasst. Um einen weichen Verlauf des Ansatzes der Wimpern und der Haut zu erlangen, wurde die Base Color Input mit einer Ramp korrigiert. Diese Ramp hat als Basisfarbe die Hautfarbe und verläuft dann zu einem dunkleren Brauntönen. Dadurch sieht der Wimpernansatz nicht so aus, als würde sie auf der Haut sein, sondern als würde sie von der Haut aus wachsen.

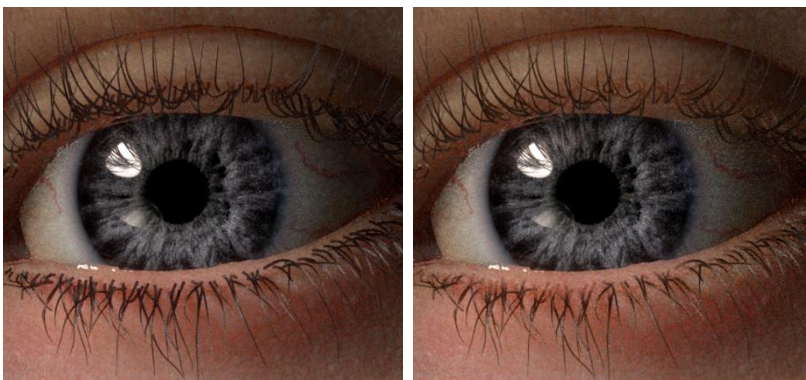


Abbildung 40: Wimpern ohne Ramp-mit Ramp (eigene Darstellung)

Folgende Shader Einstellungen führten zu einem Endergebnis:

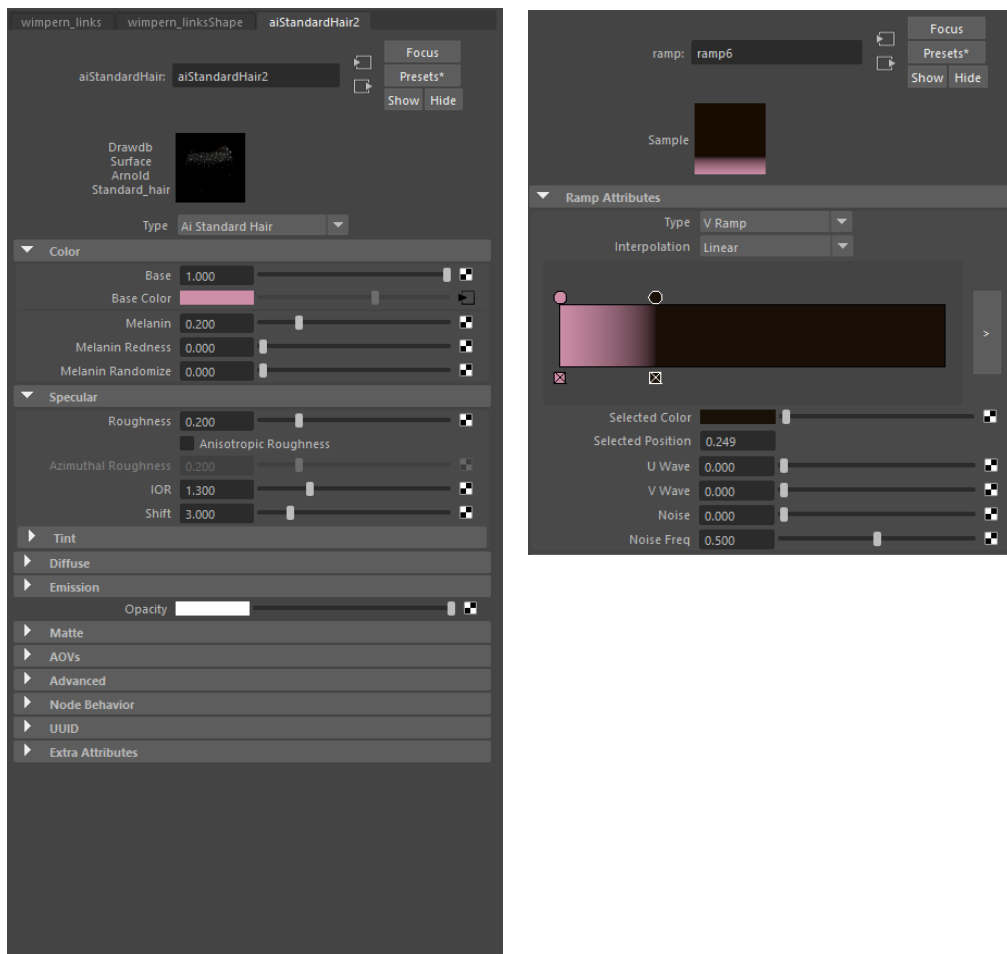


Abbildung 41: Shading Wimpern (eigene Darstellung)



Abbildung 42: Resultat Augen und Wimpern (eigene Darstellung)



## 8.8. Erstellung der Augenbrauen

Auch bei den Augenbrauen ist die gleiche Vorgehensweise gewählt worden. Dazu wurden Geometrien für die Fläche der Augenbrauen dupliziert und eine XGen Description ausgewählt. Hierzu waren noch mehr Schritte notwendig. Nachdem Guides erstellt werden und die Form für die Augenbrauen angepasst werden, muss die Density weicher verlaufen. Diesmal werden Density Maps verwendet. Durch eine schwarz-weiß-Map können Regionen der Density gesteuert werden. Somit kann durch einen grauen Bereich eine Abnahme der Dichte erzeugt werden. Hierfür wurden die Dichte an den Kanten der Augenbrauen-Geometrie mit einer schwarz-weiß Map kontrolliert.

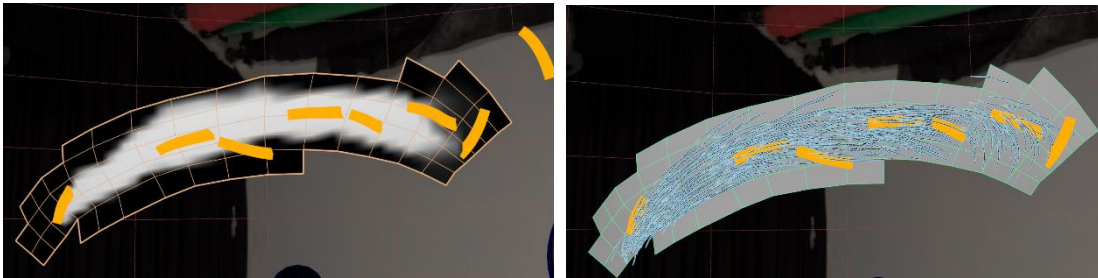


Abbildung 43: Density Mask für Augenbrauen (eigene Darstellung)

Noise und Clump Modifier sind hier auch zum Einsatz gekommen. An dem XGen Clump Modifier können die Guides als Input ausgewählt werden, die die restlichen Splines zusammenfassen. Mit Hilfe der Kurve kann gesteuert werden, wie weit Verklumpung stattfinden soll. Dadurch erreicht man einen realistischeren Look. Des Weiteren kann mit einem Noise Modifier die Augenbrauen ungleichmäßiger gemacht werden. Die Verläufe wirken nichtmehr gleich und haben einen natürlicheren Eindruck.

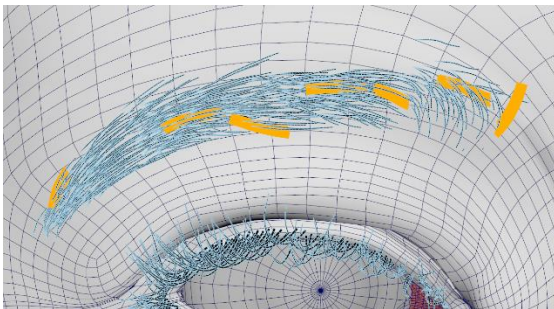


Abbildung 44: Preview Augenbrauen Splines (eigene Darstellung)

Für das Shading wurde hierfür auch einen Standard Hair Shader verwendet. Die Einstellungen dabei sahen wie folgt aus:

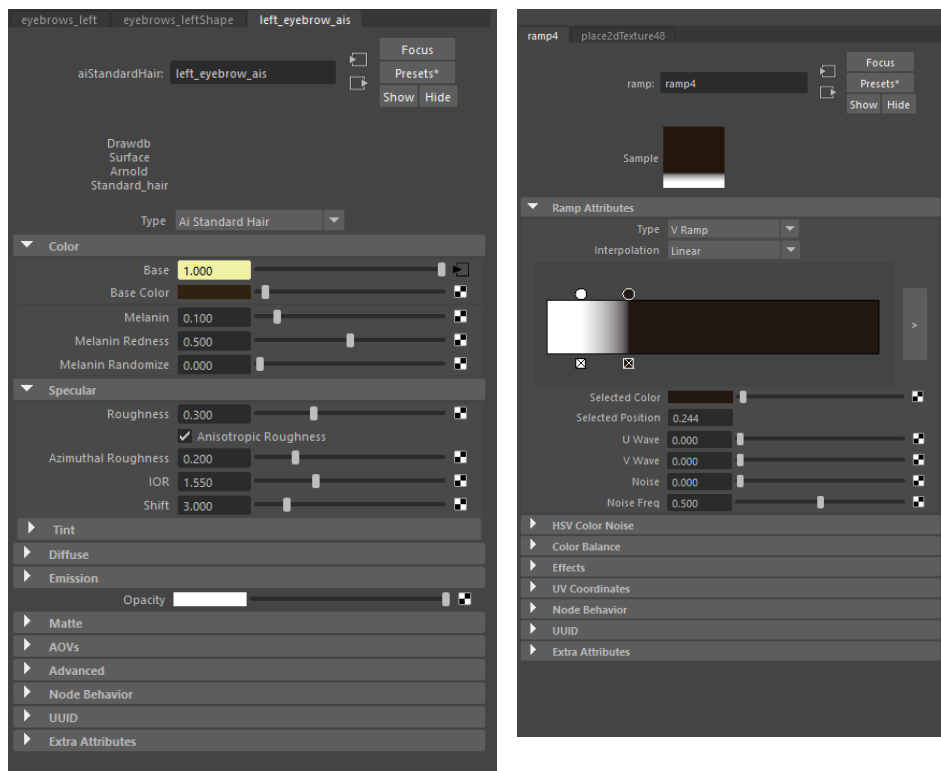


Abbildung 45: Shading Augenbrauen (eigene Darstellung)

Auch hier wurde als Base Color eine Ramp verwendet. Der Unterschied des Ramp Inputs zum Wimpern Shading ist, dass in diesem Fall nur der Einfluss des Braunwertes beachtet werden sollte. Der Ansatz soll heller sein als der Rest. Dies kann durch die Base anstatt durch den Base Color gesteuert werden.

## 8.9. Peach Fuzz

Peach Fuzz ist bekannt als Vellushaar, das sind kurze dünne, durscheinende Haare, die den Körper einer Person bedecken. Sie sind sehr subtil, können aber auch auf manchen Gesichtern auffallen.

Es gibt keine geheime Technik, um es vorzutäuschen, es ist einfach eine Menge Geometrie. Der Schlüssel dazu, ist die Dichte und die Länge zu bestimmen. Es gibt verschiedene Möglichkeiten sie zu erstellen. Durch XGen Guides kann man sie zuvor beschrieben, den Verlauf der kleinen Haare bestimmen, nimmt aber viel Zeit. Ein anderer Ansatz ist es, wie in Tom Newbury's Tutorial „XGen Hair for Characters“ (vgl. Newbury 2016) den Peach Fuzz mit XGen Groomable Splines zu erstellen, ohne Guides dafür zu verwenden.

Er weist auf eine Seite hinzu, die optimal als Referenzen genutzt werden kann, um detaillierte Aufnahmen des Gesichtes sehen zu können. Die Seite *robophot.com* bietet Gesichtsaufnahmen verschiedener Menschen, bei der sehr weit hineingezoomt werden kann und somit jedes Detail im Gesicht sichtbar ist. Ein Beispiel ist hier sichtbar:



Abbildung 46: Carla Totale- Zoom in (Boschung 2013)

Diese Seite diene sehr gut als Referenz für die Bearbeitung der Details im Gesicht. Nach dem Tutorial von Tom Newbury, hat man einen besseren Einblick, wie man bestimmte Sachen analysieren und lösen kann. Nach seinem Workflow, erstellt er für die Peach Fuzz eine XGen Description mit Groomable Splines. Hier ist zu nennen, dass sie zufallsmäßig verteilt werden sollen und die Primitives durch Grooming Tools bestimmt werden sollen.

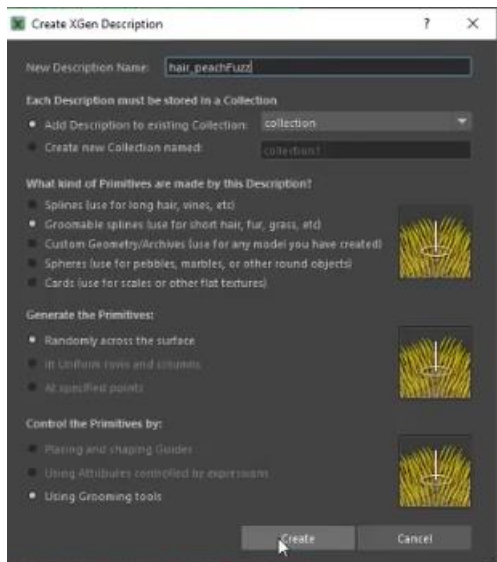


Abbildung 47: peachFuzz Description (eigene Darstellung)



Als nächstes werden die Einstellungen hierfür vorgenommen. Da Vellushaare eine Dicke von circa 0.04mm haben, wurden die Einstellungen erstmals auf die Hälfte eingestellt um eine Preview davon zu bekommen. Je nach der Haardicke, können diese Werte angepasst werden. Der letzte Schritt bei den Peach Fuzz ist es, einen Noise Modifier hinzuzufügen, damit die einzelnen Härchen variieren und nicht gleichmäßig auf dem Gesicht verteilt sind.

Für das Shading wurde hierfür einen aiStandard Shader gewählt. Das Einfachste hierfür ist die Base Color in einem Hautfarbton zu wählen und kein Specular Wert zu geben. Der Transmission Wert wurde auf 0.6 gelegt, damit diese nur sehr subtil erscheinen. Hierfür gab es keinen großen Trick, da der Peach Fuzz nur eine große Wirkung in den Close Ups darstellt.

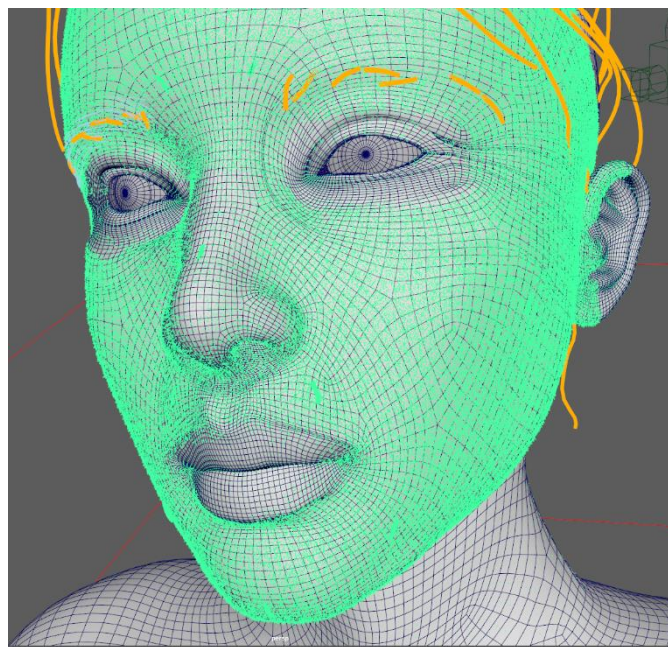
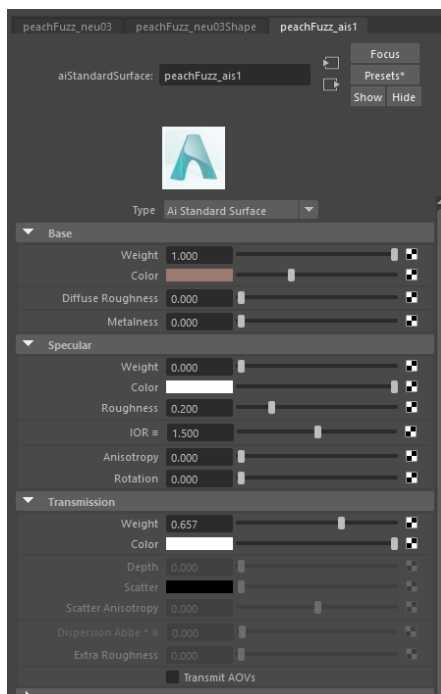


Abbildung 48: Peach Fuzz Vorschau (eigene Darstellung)

Abbildung 49: peachFuzz Shading (eigene Darstellung)

## 8.10. Erstellung der Haare

Haare sind ein wichtiger Bestandteil eines Charakters. Dazu sind viele Faktoren wichtig, die mit XGen erstellt werden. Der Vorgang hier unterscheidet sich nicht groß im Gegensatz zu den Augenbrauen oder Wimpern. Bei den Haaren ist der Verlauf sehr wichtig, es darf nicht generiert aussehen und muss einen natürlichen Fluss haben. Da Augenbrauen und Wimpern kürzer sind und schon mit wenigen Einstellungen ein realistisches Ergebnis liefern, sollte man bei den Haaren mehrere Sachen beachten. Für die Haare sind in dieser praktischen Arbeit über 10 Versionen entstanden. Bei jeder Version wurden mehr Probleme erkannt, die bei der neueren Version umgegangen worden sind. Einige wichtige Vor- und Nachteile werden im Folgenden angesprochen:

Bei der Erstellung der XGen Haare, kann man auf Online Tutorials oder Blogs viele Techniken mit der Interactive Grooming Version sehen. Die Interactive Groom Splines Option bei XGen ist eine weitere Option, um vor allem Haare oder Fell zu kreieren. Ein Vorteil ist, dass man die erstellten Guides mit Hilfe von Brushes selbst verformen und ausrichten kann. Dies scheint auf den ersten Blick ein Vorteil zu sein, jedoch gelangt man bei dem Schritt zur Verbesserung der Details die Kontrolle. Die Interactive Grooming Splines Tool erfordern zur Erstellung der Haare lange Arbeit und Zeit. Man kann erstellte Guides im Nachhinein nicht mehr löschen, transformieren, was zu einem großen Nachteil werden kann. Auch je mehr Guides in der Szene sind, ist die Kontrolle der Guides desto schwieriger. Durch Selektierung einzelner Guides mit den Freeze und Unfreeze Tools kann man zwar die Guides selektieren, jedoch ist es bei der Menge der Guides unpraktisch. Modifier zu einzelnen Bereichen sind nicht möglich, so kann man nicht in einem bestimmten Bereich Verklumpungen erstellen lassen. All diese Lösungen zu einzelnen Problemen kann man umgehen, diese sind aber nicht optimal für unerfahrene Studenten.

Anschließend half die Erkenntnis und Tipps des Artists Tom Newbury sehr. In seinem Tutorial „XGen Hair for Characters“ nennt er genau diese Probleme und meint, dass mit der XGen Description ein besseres und schnelleres Ergebnis geliefert werden kann (vgl. Newbury 2016). Durch die Erstellung weniger Guides auf der Oberfläche, hat man zunächst mehr Kontrolle. Wichtig hierbei ist auch, nach seinem Vorschlag, die Guides nicht in der Nähe der Kanten zu erstellen, da somit die Dichte härter verläuft. Bei der Erstellung der XGen Splines, sollten die Taper Werte bei Taper 0.8 und Taper Start 0.8 liegen, da er mehrere Artists verglichen hat und mit diesen Werten auch zu einem erfolgreichen Ergebnis kam, womit auch diese praktische Arbeit zu einem besseren Ergebnis kam (vgl. ebenda). Einstellungen wie Länge und CV Count sind spezifisch für

die Art und Weise der Haare, die im Verlauf der Arbeit jeweils angepasst werden müssen.

An dieser Stelle ist zu nennen, dass bei Haaren mit höheren Density Werten der Viewport langsamer wird. Um dies zu umgehen, aber trotzdem die volle Ansicht zu haben, kann bei Preview/Output die *Only primitives in the view* angeschaltet werden. So wird nur für die aktive Kameraperspektive die XGen Splines erstellt, die den finalen Render nicht beeinflussen. Dies ist nur ein wichtiger Punkt, um im Viewport flüssiger zu arbeiten.

Die Bearbeitung und Anpassung der Guides beanspruchen viel Zeit, die man nicht vorhersieht. Jede kleine Veränderung der Guides, sehen mit der Dichte wiederum verschieden aus. Haare überlagern sich nicht natürlich oder gehen ineinander über, die in Wirklichkeit nicht stimmen. Diese umzugehen erfordern Zeit und Geduld. Da in dieser praktischen Phase mehrere Haar Versionen entstanden und verbessert wurden, kam zu dem Entschluss die kürzeren Haare zum Teil leichter sind als längere. Längere Haare müssen viel weicher verlaufen, die in kurzer Zeit nicht erreicht werden konnten. So wurde der Haar Stil zu einem kurzen Haar Look versucht anzupassen. Ein Referenzfoto war eine türkische Schauspielerin Tuba Büyüküstün, die einen lässigen kurzen Haarschnitt hat.



Abbildung 50: Tuba Büyüküstün  
(Magazin 2017)

Darauffolgend spielt das Shading hier eine große Rolle. An dieser Stelle müssen für das Verständnis weitere wichtige Punkte geklärt werden. Die Haare werden mit einem aiStandard Hair Shader zugewiesen, die aber diesmal nicht einfach mit der Kombination aus Base Color und Melanin Werten korrigiert werden. Hier spielen, vor allem bei Haaren, viele Faktoren eine wichtige Rolle.

Einer dieser Faktoren ist das Anisotropic Roughness. Diese Einstellung findet man unter dem aiStandard Hair Shader in dem Specular Input. Aktiviert man diese Einstellung wird der Azimuthal Roughness aktiviert (vgl. Griggs 2018).

Ein kleiner Azimuthal Roughness Wert lässt die Strahlen gerade gehen, aber eine größere Rauheit ermöglicht es, dass mehr Strahlen in das Haar gelangen. Die Intensität wird mit zunehmender Azimuthal Roughness geringer (vgl. ebenda).

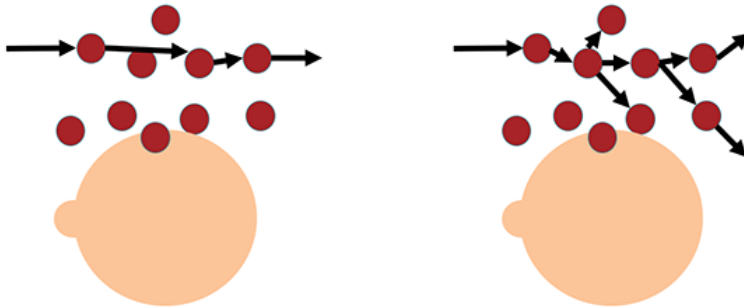


Abbildung 51: Low vs high Azimuthal Roughness (Griggs 2018)

Durch diese Information wurde diese Eigenschaft eingeschaltet. Ein Wert von 0.5 lieferte ein besseres Ergebnis.

Hier ist anzusprechen, dass die begrenzte Zeit das Fine Tuning des Haares verhindert hat. Es entstanden viele gute Haarversionen, die noch Zeit gebraucht hätten, um sie visuell realistischer zu erzielen. Hier ist es gut zu vermerken, dass allein XGen ein weiteres Bachelorthema zum Analysieren wären.

Ergebnis:

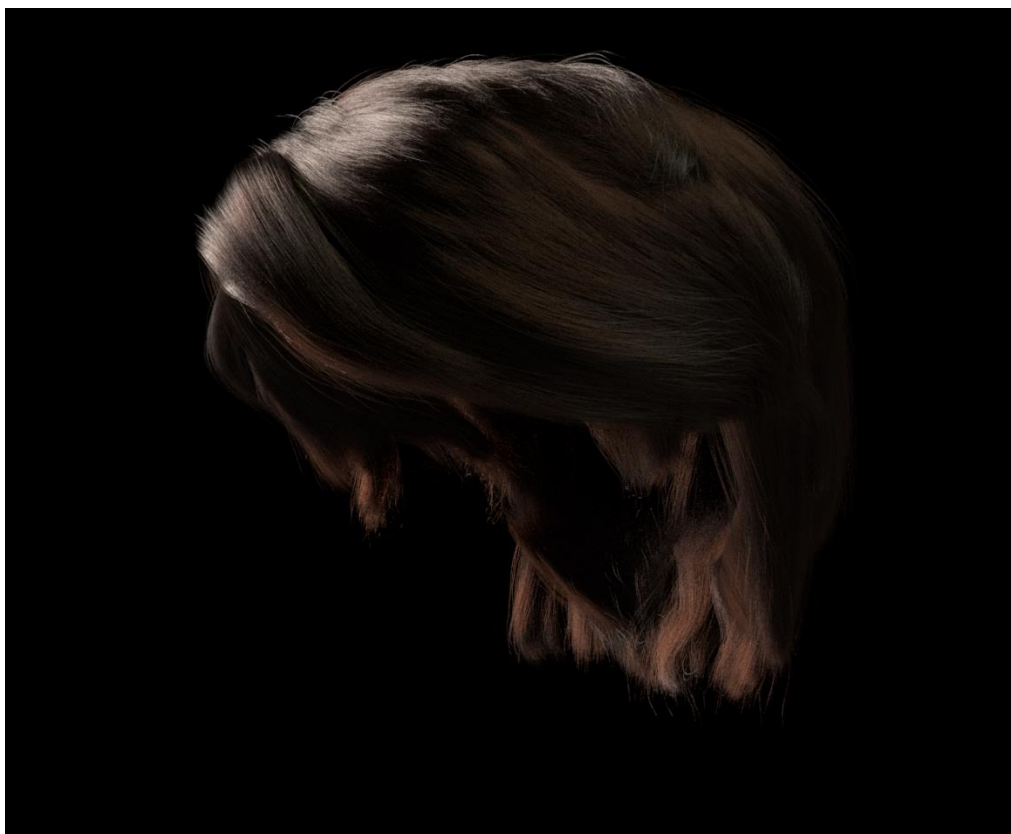


Abbildung 52: Haare Rendering (eigene Darstellung)



*Abbildung 53: Haaransatz Rendering (eigene Darstellung)*

### 8.11. Finale Anpassungen

Für die finalen Anpassungen werden die Einstellungen in den Render Settings angepasst, damit ein rauschfreies Bild erzeugt wird. Die Auflösung des Bildes wurde auf 4K eingestellt, da sehr viel Detail im Nachhinein noch bearbeitet werden kann und die detaillierten Bereiche im Bild vorhanden sind. Dadurch, dass 8K Texturen verwendet wurden, sieht man bei Naheinstellungen des Gesichtes, die detaillierten Ergebnisse. Korrekturen wurden vorgenommen, jeweils an der Geometrie und somit auch an den Texturen. So wurde der jeweilige Workflow nochmals bearbeitet. Nach den letzten Einstellungen wurden die Perspektiven in den Render geschickt. Die Renderzeiten betrugen zwischen 55-100 Minuten pro Frame. Es wurden in Nuke Korrekturen wie Tiefenunschärfe, Vignette und Farbkorrekturen vorgenommen, die in jedem Prozess der Industrie mit enthalten ist. Nuke ist ein Node basierter Compositing Software, die ursprünglich von Digital Domain entwickelt wurde und für die Postproduktion von Fernsehen und Film verwendet wird. The Foundry hat nachdem es 2007 verkauft wurde weiterentwickelt und ist mittlerweile ein Industriestandard für die VFX und Film Branche (vgl. Foundry 2019b).

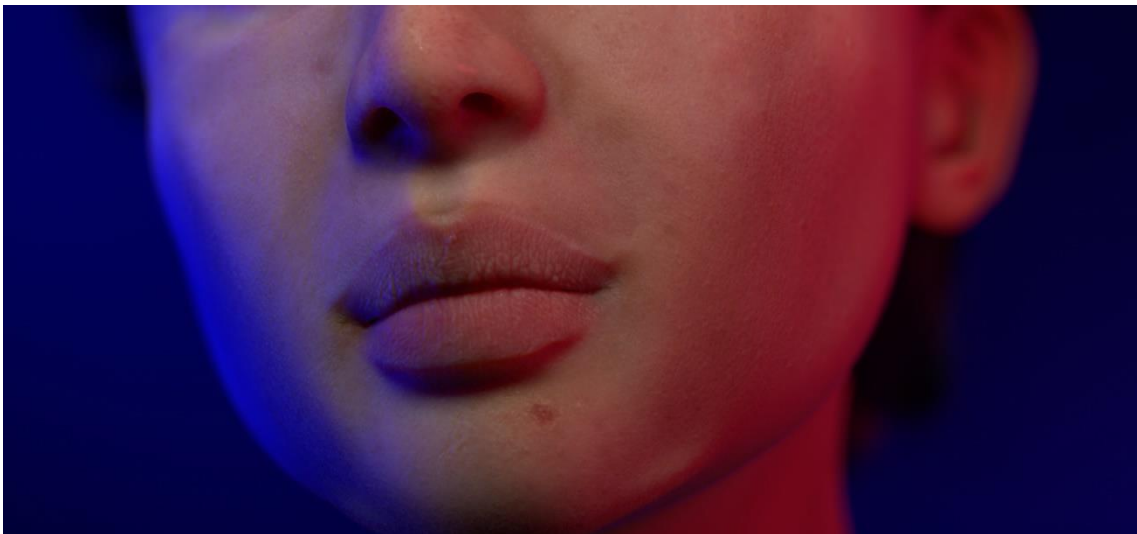
Es wurden insgesamt für praktische Arbeit dieser Bachelorarbeit 967 Stunden investiert. Zu bemerken ist, dass ein Update des Arnold Renderers, zu großen Veränderungen verursacht. Wichtig ist, von den Versionen einen Backup zu erstellen, um vermeintlichen technischen Problemen zu entgehen.



Im Folgenden sind die Resultate zu sehen. Größere Versionen finden Sie im Anhang 1, 2, 3 und 4.



*Abbildung 54: Haut Rendering (eigene Darstellung)*



*Abbildung 55: Neonlichter Rendering (eigene Darstellung)*



*Abbildung 56: Full Face (eigene Darstellung)*



*Abbildung 57: Augen-Rendering (eigene Darstellung)*

## 9. Analyse der Ergebnisse

Durch die Fertigstellung des praktischen Teils in der wissenschaftlichen Arbeit, ist es interessant, einen Überblick über die Reaktion der Betrachter auf die Endergebnisse zu sammeln. Mit Hilfe einer Umfrage soll die Wirkung der Endergebnisse in Kombination mit anderen realistischen Bildern verglichen und bewertet werden. Ein weiteres Ziel war es auch, herauszufinden, ab welchem Detailgrad das Gesicht nicht mehr funktioniert. Dazu wurden Nahaufnahmen bis hin zu Totalen des Gesichts gerendert, damit jeder Schritt beinhaltet ist. Hier ist anzufügen, dass für die Umfrage aus zeitlicher Begrenzung keine Referenzbilder verschiedener Models durchgeführt werden konnte. Dies hätte den Vorteil, dass der Vergleich schwieriger auseinander haltbar wäre und Lichtsituationen mit dem digitalen Gesicht übereinstimmen würden. Hierzu wurden 100 Personen befragt, die unabhängig von Alter, Beschäftigungsstand oder den Kenntnissen die Umfrage bearbeitet haben. Die Auswahl der Fragen beschränkt sich nur auf die Analyse der praktischen Arbeit.

Durchgeführt wurde die Umfrage mit Hilfe der Website [surveyMonkey.com](https://surveyMonkey.com). Zusätzlich wurden Mitarbeiter, Studenten, Freunde und Familienangehörige auf die Umfrage aufmerksam gemacht und eine Zeitspanne von zwei Tagen gegeben. Innerhalb von 1,5 Tagen nahmen 100 Teilnehmer an der Umfrage teil. Durch die Verfügbarkeit der Umfrage im Netz erreicht man in kurzer Zeit mehr Teilnehmer, da es schnell und leicht durchgeführt werden kann ohne an einem bestimmten Ort gebunden zu bleiben.

Das Ausfüllen der Umfrage nahm eine Zeitspanne von circa 3 Minuten in Anspruch. Die Analyse der Ergebnisse beschränkt sich auf eine deskriptive Beschreibung. Antworten werden in einem Balkendiagramm dargestellt. Bei offenen Kommentaren werden die Antworten zusammengefasst und in einer quantitativen Analyse ausgewertet.

### 9.1. Auswertung

An der Umfrage waren 46 Prozent der gesamten Teilnehmer junge Studenten, die im Alter von 18-25 Jahren sind. Darauf folgend vom Beschäftigungsstand folgen Angestellte mit 38 Prozent an Teilnahme. Dies ist ein erwarteter Anteil an Beteiligung, da die Umfrage durch Hochschulen gesendet und nochmals privat an Mitarbeiter unterschiedlicher Firmen geschickt wurde. Die nächste wichtige Analyse und Wichtigkeit für die Umfrage ist die Frage, ob die Teilnehmer im Bereich Computergraphik oder VFX Vorkenntnisse haben. Die Verteilung liegt bei dieser Frage bei 49% „ja“ und 51% „nein“. Dies erweckt für die nachfolgenden Fragen das Interesse der Auswertungen für die Analyse der Bilder.



Im Anschluss wurden die Teilnehmer auf vier Bilder weitergeleitet, bei der sie die Information bekamen, dass darunter digitale und auch reale Bilder vorhanden sind. Sie sollten die unecht oder unreal wirkenden Bilder auswählen. Hierfür war eine Mehrfachauswahl möglich.

\* 4. Im folgenden Abschnitt finden Sie eine Reihe von digital erstellten Gesichtern und realen Gesichtern. Kreuzen Sie im Folgenden die Bilder an, die für Sie unecht/unglaubwürdig aussehen.

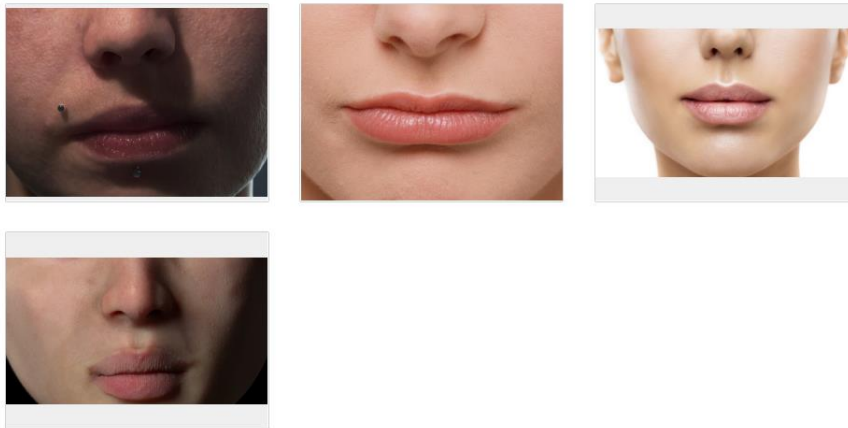


Abbildung 58: Umfrage Frage 4 (eigene Darstellung)

Die Ergebnisse zu dieser Frage sahen wie folgt aus:

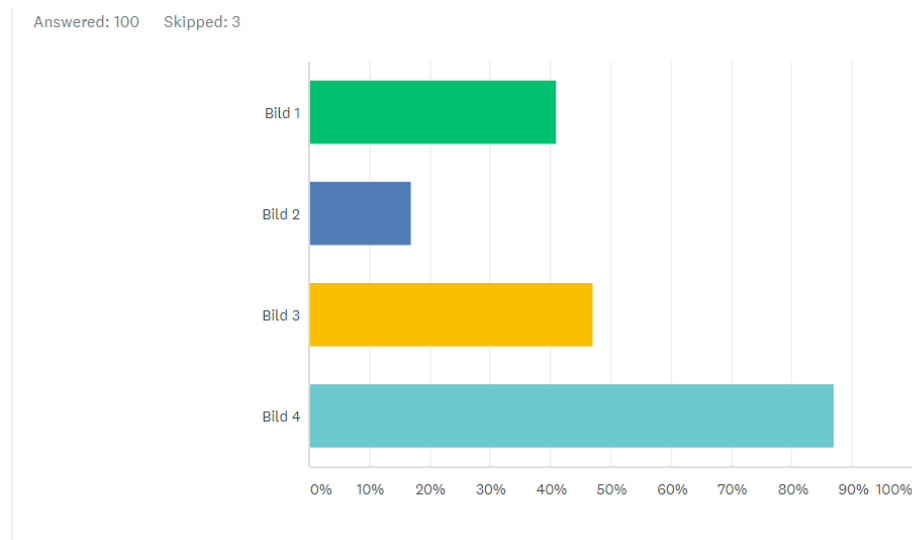


Abbildung 59: Auswertung Frage 4 (eigene Darstellung)

An dieser Stelle ist anzufügen, dass das erste und letzte Bild ein digitales Gesicht ist. 87% der Teilnehmer fanden den von dieser praktischen Arbeit erstellten Gesicht unecht/unreal. Kommentare dazu waren, dass die Schatten ins Extreme gehen und die fleckige aber auch symmetrische Form es unreal machen. Deutlich viele Kommentare hierzu waren aber auch, dass man nichts erkennen kann, was unreal wäre, aber das Gefühl einem sagt, dass es unecht wirkt. Diese Beschreibung des Gefühls deutet darauf,

dass wir Menschen so fokussiert und trainiert sind, sodass wir jedes kleine Detail erkennen. Weitere Kommentare waren wie folgt:

*„Die Haut wirkt vlt ein wenig zu trocken oder nicht "weich" genug. Es kann aber auch daran liegen, dass die Bilder sehr scharf sind und technisch eher Richtung CGI gehen... Die Unterschiede sind hier wirklich sehr sehr klein und ich bin mir nicht sicher ob ich richtig getippt habe.“*

*„Alle Gesichter sehen sehr realistisch aus. Bei den Mündern fiel mir die Auswahl definitiv schwerer als bei den Augen. Ich habe meine Auswahl stark nach Lichtsetzung getroffen, die bei gerenderten Bildern oft kontrastreicher ist, als bei realen Fotografien (damit z.B. die Hauttextur besser hervorsticht, die man bei Fotografie oft versucht, zu vertuschen“*

Diese Kommentare wurden aus mehreren Kommentaren herausgefiltert. Viele Meinungen waren in dieser Richtung und gaben das Feedback, dass das Ergebnis deutlich gut war, jedoch spielt Licht und die Details im Bild eine große Rolle. Auch die Hintergrundfarbe oder Hintergrundbild macht aus, dass das Bild im Gesamten unreal wirkt.

Darauffolgend ist es interessant, dass sie das dritte Bild, eine reale Fotografie, mit 47% als unecht empfanden. Hier werden die Kommentare ins Spiel gebracht. Viele Kommentare beschrieben, dass dieses Bild zu makellos aussah. Perfekte Konturen, die Symmetrie im Gesicht oder die Reinheit dieses Bildes wirkten auf den Teilnehmer unreal. Für das Bild mit dem Piercing, das im Anschluss folgt, fanden viele es deshalb unecht, da keine kleinen Details wie Härchen erkennbar waren und dazu das Piercing „platziert“ wirkte.

In der nächsten Frage wurden die Augen analysiert.

5. Im folgenden Abschnitt finden Sie eine Reihe aus Close-Ups von digitalen Gesichtern und realen Gesichtern.

Kreuzen Sie im Folgenden die Bilder an, die für Sie unecht/unglaublich aussehen.

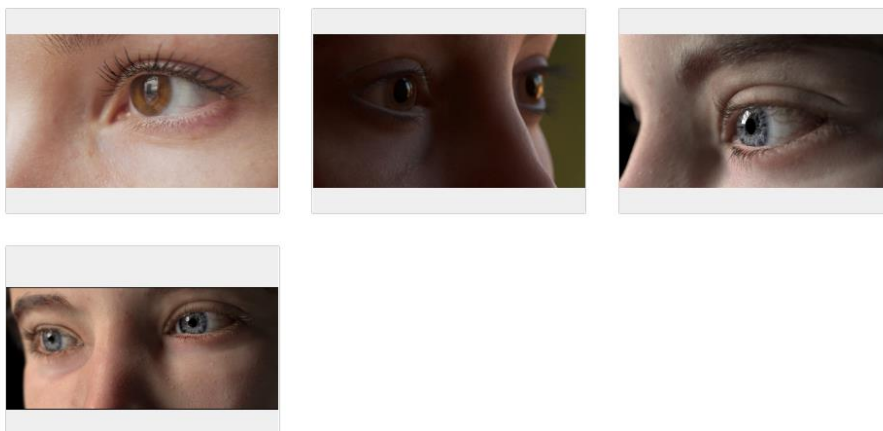


Abbildung 60: Umfrage Frage 5 (eigene Darstellung)

Hiervon waren drei der vier Bilder digital erstellt. Die Ergebnisse zeigen, dass das vierte Bild mit den meisten Stimmen auf unreaale Merkmale hinweisen. Mit 80 Prozent stimmen wirkt das vierte Bild unecht und darauffolgend das dritte Bild mit 65,33 %. Gründe hierfür waren die detailreichen Adern in den Augen bei Bild 3. In realen Zuständen würde man so viele Details nicht sehen. Der Rest wirke in Bild 3 real. Bei Bild 4 kamen Kommentare wie „Blick wirkte starr und leer“ oder „Speculars in den Augen zu hart und zu hell“. Die Mehrheit der Kommentare spielten auf die toten Augen hinzu, was zum Uncanny Valley spielt. Ein interessanter Punkt war auch, dass die Augenfältchen fehlen würden. Diese Kommentare werden für den weiteren Verlauf berücksichtigt.

Als nächstes wurde der Charakter auf verschiedene Lichtsituationen getestet. Wirkt der Charakter besser, in verschiedenen Lichtsituationen? Mit diesen Hintergrundgedanken wurde die darauffolgende Frage gestellt. Zu sehen sind Bilder beleuchtet mit Neonlichtern. Und genauso wurde im Anschluss das gesamte Gesicht auch getestet.

\* 7. Im folgenden Abschnitt finden Sie eine Reihe aus Close-Ups von digitalen Gesichtern und realen Gesichtern.

Kreuzen Sie im Folgenden die Bilder an, die für Sie unecht/unglaubwürdig aussehen.

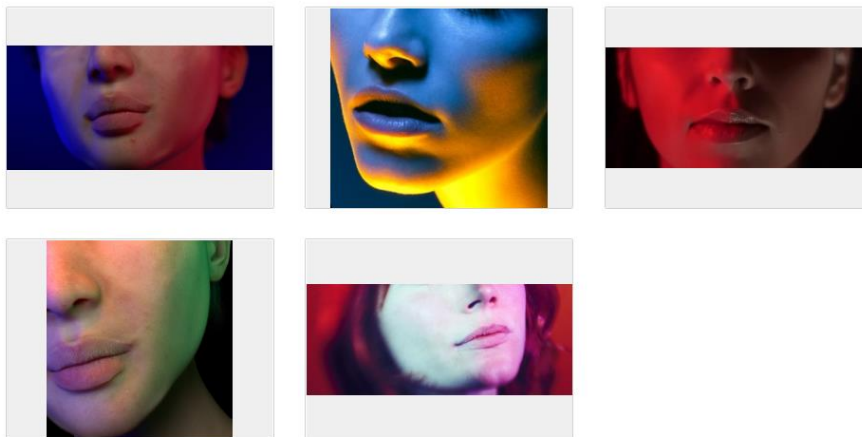


Abbildung 61: Umfrage- Frage 7 (eigene Darstellung)

8. Kreuzen Sie im Folgenden die Bilder an, die für Sie unecht/unglaubwürdig aussehen.

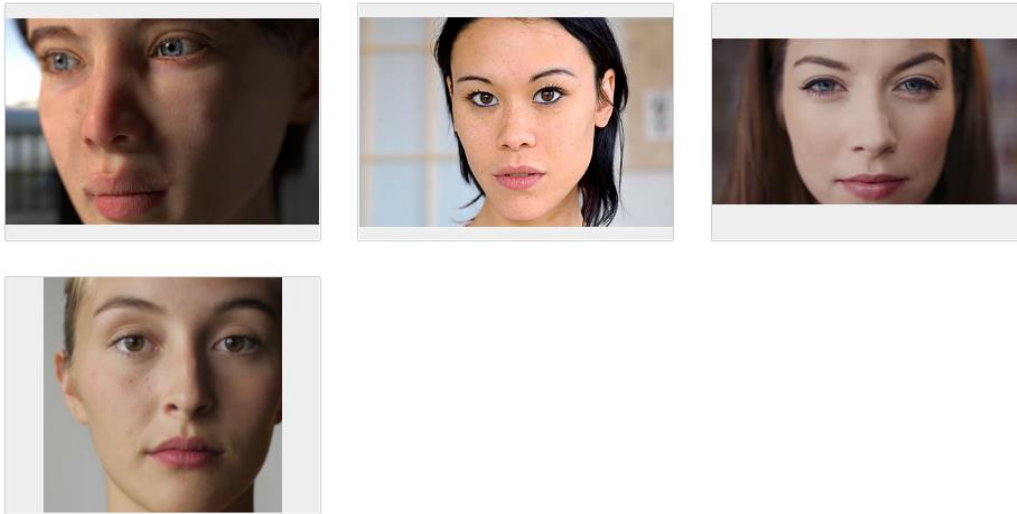


Abbildung 62: Umfrage- Frage 8 (eigene Darstellung)

Die Auswertung für beide Fragen lag bei dem selbst erstellten Charakter, was zu erwarten war. Gründe für die Wahl lag bei den Augen. „Augen haben gegruselt“ und „gefühllose Blicke“ waren die Mehrheit an Kommentaren dazu. Bei den verschiedenen Lichtsituationen war zum Teil Gründe, dass die Lichter zu gleichmäßig belichtet und somit, die Haut nicht fettig genug aussah. Lippen seien zu trocken und der Schärfeverlauf stimme nicht.

Aus diesen Ergebnissen wurde herausgezogen, dass die Fotografie eine große Rolle in der Art und Weise der Darstellung des Gesichtes liegt. Licht, Tiefenschärfe oder Brennweite machen ein Bild aus. Sobald ein Parameter davon nicht korrekt aussieht, wirkt es für uns unnatürlich. Die Ergebnisse der Umfrage zeigen auch, dass ein gewisser Maß an Realismus erreicht worden ist, jedoch kleine Parameter noch korrigiert werden müssen. Trotz zeitlich begrenzter Produktion können diese Bilder an die Öffentlichkeit gehen.

## 10. Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Erstellung eines Charakters mit sehr vielen Details verbunden ist. Es ist möglich einen realistischen Charakter zu erstellen, jedoch benötigt dies mehr Zeit und Erfahrung in den jeweiligen Bereichen. Als Studentin, die sich bisher noch nicht detailliert mit Fotorealismus auseinandergesetzt hat, sind dafür sehr gute Resultate entstanden. Zudem sollten der Prozess und der Schwierigkeitsgrad der Arbeit nicht unterschätzt werden, da sehr viel Vorarbeit und Tests geleistet werden muss, damit ein bestimmter Vorgang durchgegangen wird.

Von dem Arbeitsverlauf beginnend ist zu nennen, dass bei dem Kauf eines Models vieles beachtet werden sollte. Eines der Nachteile war, dass es anatomisch nicht korrekt war, sodass Änderungen vorgenommen werden musste, die Zeit genommen hat. Proportionen stimmten somit nicht überein und somit war das einer der größten Schwierigkeiten das Model so abzuverkaufen, dass alles übereinstimmte (Augenform, Augenbrauen und Wangen). So sind Edge Loops wichtig, wenn weitere Feinheiten am Model vorgenommen werden.

Die Texturierung des Charakters mit Texturen von Texturing.xyz war nur zu empfehlen. Hochaufgelöste Texturen bieten in Kombination mit den Displacement Maps eine sehr gute Basis. Auch die Bedienung und die Verarbeitung von Mari mit sehr großen Texturen erfolgte einwandfrei. Die Bedienung und Einarbeitung in Mari erfordert Zeit, da nicht viele Tutorials online verfügbar sind. Mari ist für die Texturierung von Gesichtern sehr optimal meiner Meinung nach.

Als nächstes möchte ich auf das Shading der Haut eingehen. Das Shading der Haut war sehr komplex. Viele Iterationen mussten durchgegangen werden, damit die Haut besser aussah. Subsurface Scattering, Licht, Specular Werte, alles hat einen großen Einfluss auf die Struktur der Haut. Kleine Details wie Falten, Flecken oder eine unreine Haut sind wichtige Punkte um einen Realismus zu erlangen. Diese müssen mit Hilfe von Referenzen gut verglichen werden, was in diesem Arbeitsablauf fehlte. Ein Vorteil von einem Model wären, dass Lichtverhältnisse auf der Haut besser beobachtet und verglichen werden könnte, was die Arbeit des Shadings erleichtern würde. Aus zeitlich begrenzten Tagen wurde dieser Punkt aus der Vorgehensweise herausgenommen.

Des Weiteren sind die Augen die größte Hürde gewesen. Das Texturieren und Shading der Augen beanspruchte die meiste Zeit. Aber auch die Blickführung für den gesamten Charakter ist ein großes Problem. Wie in der Umfrage sich herausstellte, war die Blickführung zu leblos, was dazu führte, dass der Charakter unreal wirkte. Ich denke, dass ein Model mit einer Mimik viel glaubwürdiger wirkt, als ein gefühlsloser Blick.

Diese Einwürfe funktionieren nur für ein Still Frame natürlich, mit der Animation können bestimmte Bereiche durch den Motion Blur vertuscht werden. Aber es entstehen dadurch natürlich auch andere Problemzonen.

Die Erstellung der Haare wiederum in XGen waren die schwierigste Aufgabe in der begrenzten Zeit. Einen weichen und soften Verlauf zu erstellen, ist nicht leicht und benötigt viele Tests. XGen bietet viele unterschiedliche Herangehensweisen an, die für einen Einsteiger verwirrend wirken. Es ist auch hier zu nennen, dass das Thema XGen und Haare ein weiteres Thema für eine Bachelorarbeit wären.

Im Gesamten soll nochmals hervorgehoben werden, dass für diese praktische Arbeit 967 Student investiert wurde, was die enorme Zeit und Arbeit an solchen Figuren darstellen soll.

Für die Klärung der wissenschaftlichen Frage kann man sagen, dass allein durch die Benutzung von Maya und Mari an einen Realismus gelangen kann. Mit Hilfe von mehr Erfahrung oder mehr Zeit können Problemzonen beseitigt werden. Es ist möglich mit Hilfe von wenig Budget und Zeit einen realistischen Charakter zu erzeugen. Jedoch ist es dennoch schwer das Uncanny Valley zu überwinden.

Die Benutzung der Software ist dadurch geklärt, dass man einen Charakter auch nur mit wenigen Programmen erstellen kann. Die Entscheidung für die Auswahl der Programme hängt natürlich von persönlichen Präferenzen ab - gute und realistische Ergebnisse lassen sich mit diesen zwei Programmen erzielen. Die Frage, für welches Programm sich ein Student oder Anfänger entscheiden soll, kann damit nicht eindeutig beantwortet werden.

## Anhang 1

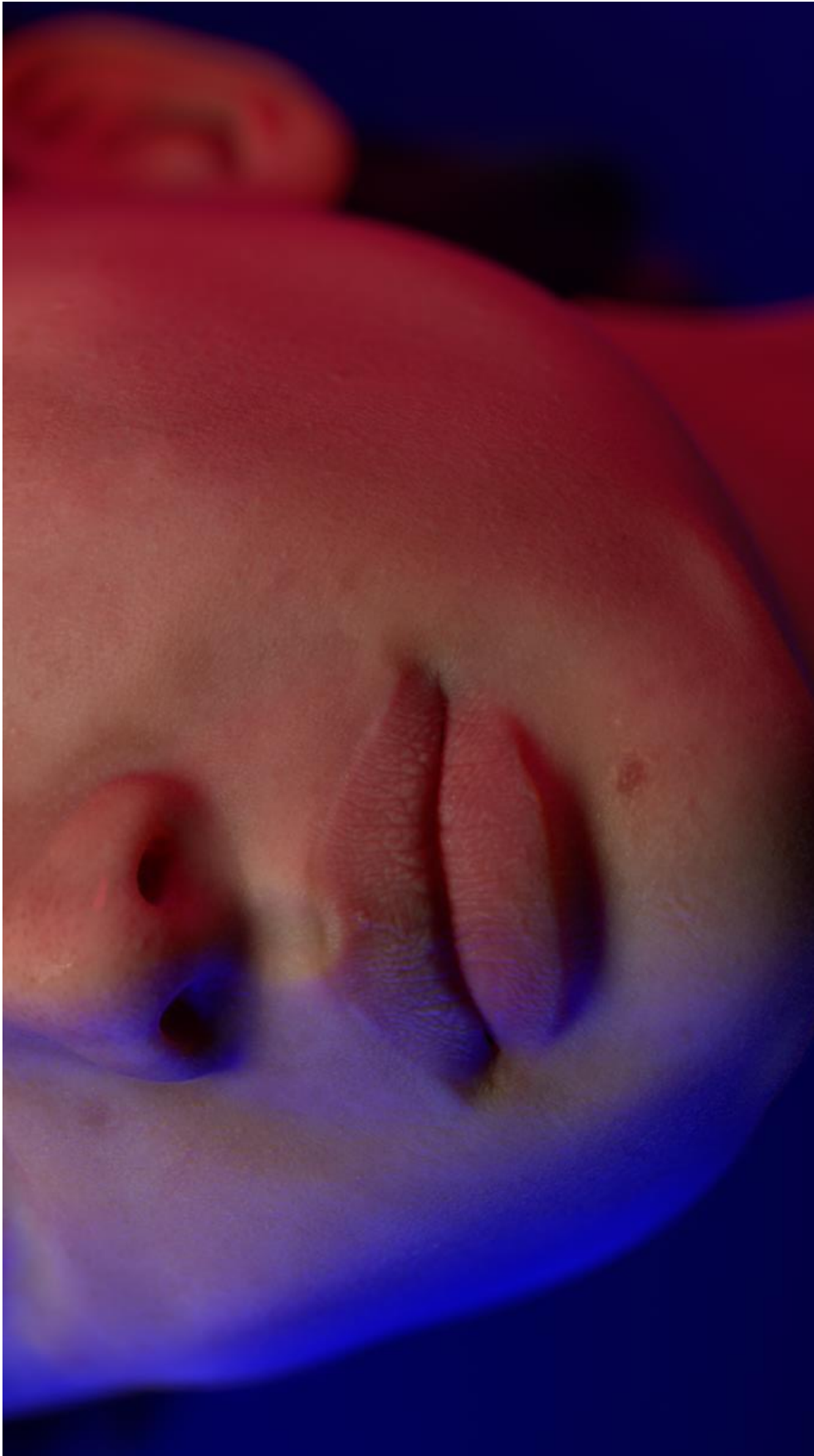


Abbildung 63: (eigene Darstellung)



## Anhang 2

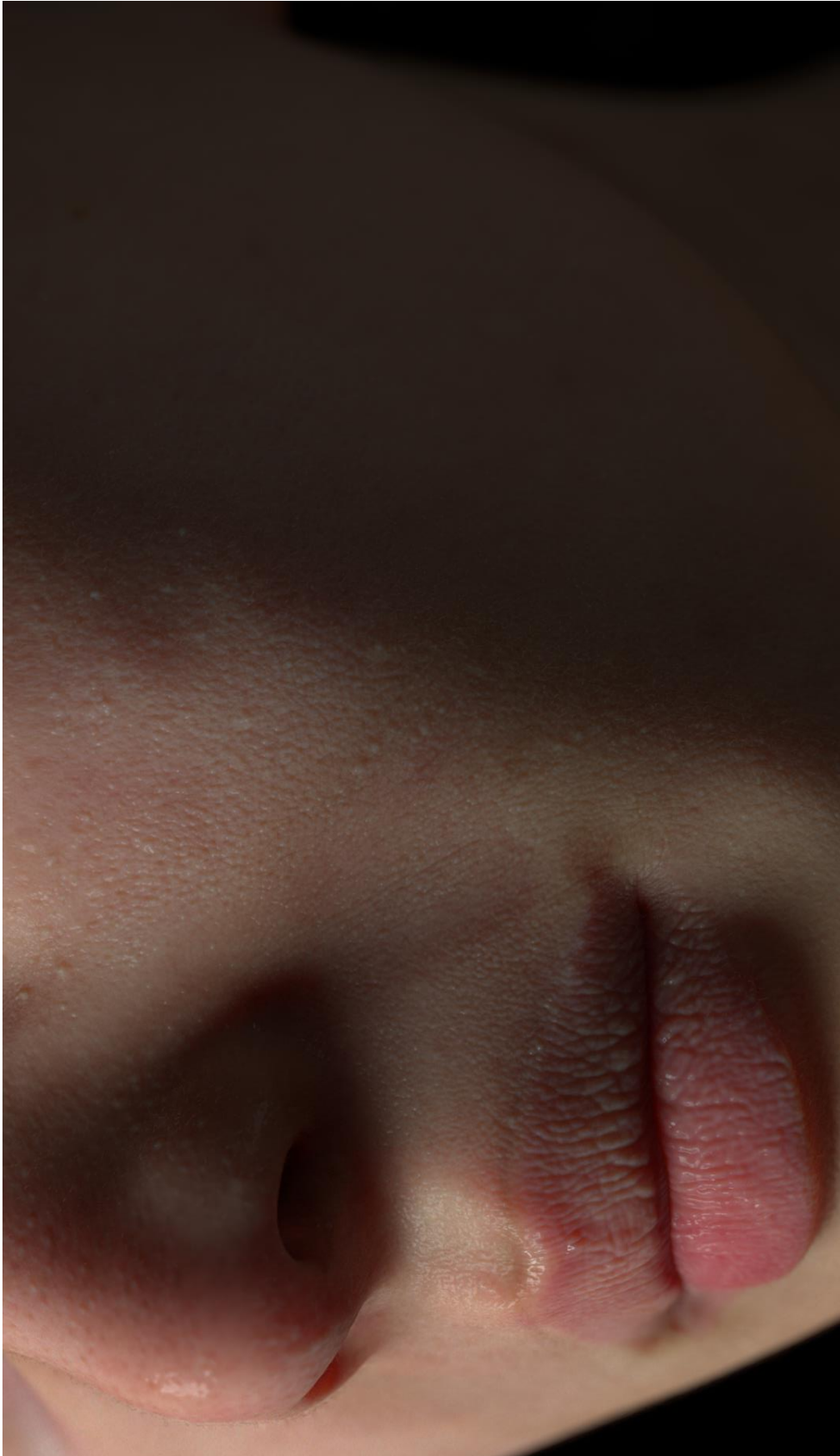


Abbildung 64: (eigene Darstellung)



### Anhang 3



Abbildung 65: (eigene Darstellung)

## Anhang 4



Abbildung 66: (eigene Darstellung)

## Literaturverzeichnis

1st BoxOffice (2018): VFX, CGI Digital Characters beyond 'Human'/ Making of Rachel in Blade Runner 2049 and The Last Jedi - YouTube. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=9I5UCAMNBOA>, zuletzt geprüft am 28.07.2019.

Agarwal, Aviral (2018): Hinter den Kulissen. Fotorealistische CG-Charaktere mit Arnold und Maya. Online verfügbar unter <https://www.autodesk.de/campaigns/arnold/article-cg-character>, zuletzt aktualisiert am 23.07.2019, zuletzt geprüft am 23.07.2019.

Anderson, Martin (2009): Ed Ulbrich: Behind the extraordinary visual effects of Benjamin Button. Online verfügbar unter <https://www.denofgeek.com/us/movies/14593/ed-ulbrich-behind-the-extraordinary-visual-effects-of-benjamin-button>, zuletzt geprüft am 22.07.2019.

Autodesk.Help (2014): XGen Overview | Maya | Autodesk Knowledge Network. Online verfügbar unter <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/Maya/files/GUID-47644337-40F0-4766-BD3B-4104F9F9B7E2-htm.html>, zuletzt aktualisiert am 09.07.2019, zuletzt geprüft am 15.07.2019.

Autodesk.Help (2016): XGen Spline attributes | Maya 2016 | Autodesk Knowledge Network. Online verfügbar unter <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Maya/files/GUID-1BD26788-CF93-41A3-AE9F-5FE89E57A483-htm.html>, zuletzt aktualisiert am 19.07.2019, zuletzt geprüft am 20.07.2019.

Autodesk.Help (2017): Shading | Maya 2017 | Autodesk Knowledge Network. Online verfügbar unter <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/Maya/files/GUID-3A13FF6B-DCBE-4EB1-A5BE-7C2345268980-htm.html>, zuletzt geprüft am 28.07.2019.

Autodesk.Help (2018): MASH Nodes Overview | Maya 2018 | Autodesk Knowledge Network. Online verfügbar unter <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Maya-MotionGraphics/files/GUID-D4FECFDC-F91A-4BDC-A1B0-A24EB087B2DD-htm.html>, zuletzt aktualisiert am 15.07.2019, zuletzt geprüft am 16.07.2019.

- Bartneck, Christoph; Kanda, Takayuki; Ishiguro, Hiroshi; Hagita, Norihiro (2007): Is The Uncanny Valley An Uncanny Cliff? In: The 16th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2007. RO-MAN 2007 ; Jeju, Korea, 26 - 29 Aug. 2007. RO-MAN 2007 - The 16th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. Jeju, South Korea, 8/26/2007 - 8/29/2007. Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication; RO-MAN 2007. Piscataway, NJ: IEEE Service Center, S. 368–373.
- Beck, Mat (2010): The Future of Previs: Advanced Techniques. In: Jeffrey A. Okun und Susan Zwerman (Hg.): The VES handbook of visual effects. Industry standard VFX practices and procedures. Burlington MA: Focal Press/Elsevier, S. 72–75, zuletzt geprüft am 07.05.2019.
- Blankenship, Todd (2017): What Is Motion Blur and Why Do Filmmakers Use It? Online verfügbar unter <https://www.rocketstock.com/blog/when-to-use-motion-blur/>, zuletzt geprüft am 23.07.2019.
- cg\_oglu (2019): The xgen utilities tab is empty. Online verfügbar unter <https://forums.autodesk.com/t5/maya-forum/the-xgen-utilities-tab-is-empty/td-p/8530991>, zuletzt geprüft am 16.07.2019.
- Chacksfield, Marc (2015): Framestore: the future of filmmaking is digital humans. Long-gone actors may get their chance to shine once more. <https://www.facebook.com/TechRadar>. Online verfügbar unter <https://www.techradar.com/news/home-cinema/framestore-the-future-of-filmmaking-is-digital-humans-1308067>, zuletzt geprüft am 13.04.2019.
- Dambrot, Stuart Mason (2011): Social robotics: Beyond the uncanny valley. Online verfügbar unter <https://phys.org/news/2011-12-social-robotics-uncanny-valley.html>, zuletzt geprüft am 22.07.2019.
- Debevec, Paul (2001): Light Stages. Online verfügbar unter <http://ict.usc.edu/prototypes/light-stages/>, zuletzt geprüft am 28.07.2019.
- Desowitz, Bill (2017): 'Blade Runner 2049': How VFX Masters Replicated Sean Young as Rachael. Online verfügbar unter <https://www.indiewire.com/2017/10/blade-runner-2049-vfx-replicant-sean-young-rachael-1201889072/>, zuletzt geprüft am 02.06.2019.

Discovery (2010): Avatar: Interview with James Cameron - YouTube. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=Vt-XCDjyDNs>, zuletzt geprüft am 28.07.2019.

Fitzgerald, Ryan (2018): What is Compositing? | CG Spectrum. Online verfügbar unter <https://www.cgspectrum.edu.au/blog/what-is-compositing/>, zuletzt aktualisiert am 23.07.2019, zuletzt geprüft am 23.07.2019.

Foundry (2019a): Mari | 3D Texture Painting Software | Foundry. Online verfügbar unter <https://www.foundry.com/products/mari>, zuletzt geprüft am 20.07.2019.

Foundry (2019b): Nuke, NukeX & Nuke Studio | VFX Software | Foundry. Online verfügbar unter <https://www.foundry.com/products/nuke>, zuletzt geprüft am 19.07.2019.

Foundry.Modo (o.D.): Working with UV Maps. Online verfügbar unter [https://learn.foundry.com/modo/content/help/pages/uvmap/working\\_with\\_uvmaps.html](https://learn.foundry.com/modo/content/help/pages/uvmap/working_with_uvmaps.html), zuletzt aktualisiert am 17.04.2019, zuletzt geprüft am 23.07.2019.

Genetics Home Reference (2019): Coloboma. Online verfügbar unter <https://ghr.nlm.nih.gov/condition/coloboma>, zuletzt aktualisiert am 16.07.2019, zuletzt geprüft am 23.07.2019.

Götz, Kai (2018): Einstein Lebt. In: *Digital Production 3/18- Magazin für Digitale Medienproduktion*, S. 96–103.

Griggs, Lee (o.D.): Standard Surface - Arnold for Maya User Guide 5 - Arnold Renderer. Online verfügbar unter <https://docs.arnoldrenderer.com/display/A5AFMUG/Standard+Surface>, zuletzt geprüft am 28.07.2019.

Griggs, Lee (2018): Standard Hair - Arnold for Maya User Guide 5 - Arnold Renderer. Online verfügbar unter <https://docs.arnoldrenderer.com/display/A5AFMUG/Standard+Hair>, zuletzt geprüft am 16.07.2019.

Gurney, James (2008): Color Zones of the Face. Online verfügbar unter <http://gurneyjourney.blogspot.com/2008/05/color-zones-of-face.html>, zuletzt aktualisiert am 30.06.2019, zuletzt geprüft am 30.06.2019.

Harris, Hunter (2018): Alita: Battle Angel Designers Created Eyes More Vivid Than Gollum's. <https://www.facebook.com/Vulture>. Online verfügbar unter

<https://www.vulture.com/2018/12/alita-battle-angels-cgi-eyes-behind-the-design.html>, zuletzt geprüft am 03.07.2019.

Hodgkinson, Gray (2009): The Seduction of Realism: ACM. Online verfügbar unter [http://dl.acm.org/ft\\_gateway.cfm?id=1666615&type=pdf](http://dl.acm.org/ft_gateway.cfm?id=1666615&type=pdf).

Igarashi, Takanori; Nishino, Ko; Nayar, Shree K. (2007): The Appearance of Human Skin: A Survey. In: *FNT in Computer Graphics and Vision* 3 (1), S. 1–95. DOI: 10.1561/06000000013.

Kidd, Richard (2010): Digital production workflow. In: Jeffrey A. Okun und Susan Zwerman (Hg.): The VES handbook of visual effects. Industry standard VFX practices and procedures. Burlington MA: Focal Press/Elsevier, S. 697–706.

Meroz, Morr (2013): 4 Blinks Every Animator Should Know. How to animate blinks and eye darts. <https://www.facebook.com/bloopenimation>. Online verfügbar unter <https://www.bloopenimation.com/blinking-animation/>, zuletzt geprüft am 02.06.2019.

Mücher, Michael (2011): Fotorealistisch. Online verfügbar unter <https://www.bet.de/lexikon/fotorealistisch/>, zuletzt aktualisiert am 23.03.2019, zuletzt geprüft am 14.04.2019.

Nagano, Koki; Fyffe, Graham; Alexander, Oleg; Barbic, Jerney; Li, Hao; Gosh, Abhijeet; Debevec, Paul (2015): Skin Microstructure Deformation with Displacement Map Convolution. Online verfügbar unter <http://gl.ict.usc.edu/Research/SkinStretch/>, zuletzt geprüft am 23.07.2019.

Newbury, Tom (2016): XGen Hair for Charakters. Online verfügbar unter <https://gumroad.com/tomnewbury#avAxQ>, zuletzt geprüft am 23.07.2019.

Newbury, Tom (2019): Tutorial: Creating Realistic Eye in CG 2.0. Online verfügbar unter <https://gumroad.com/tomnewbury#sMMxU>, zuletzt geprüft am 23.07.2019.

NikZava284 (2017): Angelica - Download Free 3D model by NikZava284 (@niki284). Online verfügbar unter <https://sketchfab.com/3d-models/angelica-27f75fa94c384000bb6a79a3000f8e80>, zuletzt geprüft am 23.07.2019.

o.a. (2017): Top Ten Most Realistic CGI Humans in Movies - TheTopTens®. Online verfügbar unter <https://www.thetoptens.com/realistic-cgi-humans-movies/>, zuletzt geprüft am 13.04.2019.

Pennington, Adrian (2018): How Rachael was brought back to life in 'Blade Runner 2049'. Online verfügbar unter <https://www.screendaily.com/features/how-rachael->

was-brought-back-to-life-in-blade-runner-2049/5125274.article, zuletzt geprüft am 15.05.2019.

Pluralsight (2019): Techniques for Creating Realistic Eyes for Another Level of Believability. Online verfügbar unter <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/techniques-creating-realistic-eyes-another-level-believability>, zuletzt aktualisiert am 03.07.2019, zuletzt geprüft am 03.07.2019.

Preeg, Steve (2010): Rigging and Animation Rigging-Deformation Rigging. In: Jeffrey A. Okun und Susan Zwerman (Hg.): The VES handbook of visual effects. Industry standard VFX practices and procedures. Burlington MA: Focal Press/Elsevier, S. 601–607.

Root, John (2010a): Preparing for Motion Capture. In: Jeffrey A. Okun und Susan Zwerman (Hg.): The VES handbook of visual effects. Industry standard VFX practices and procedures. Burlington MA: Focal Press/Elsevier, S. 341–353.

Root, John (2010b): Preparing for Motion Capture- The Face Model. In: Jeffrey A. Okun und Susan Zwerman (Hg.): The VES handbook of visual effects. Industry standard VFX practices and procedures. Burlington MA: Focal Press/Elsevier, S. 370–384.

Rosenhahn, Bodo (2008): Markerfreies Motion Capture : Neue Wege zur Analyse menschlicher Bewegungen. Online verfügbar unter <https://www.mpg.de/417219/forschungsSchwerpunkt1>, zuletzt geprüft am 02.06.2019.

Solid Angle S.L: Subsurface - Arnold for Maya User Guide 5 - Arnold Renderer. Online verfügbar unter <https://docs.arnoldrenderer.com/display/A5AFMUG/Subsurface>, zuletzt geprüft am 30.06.2019.

Strathearn, Micheal; Griggs, Lee (2016): Skin - Arnold for Maya User Guide 4 - Arnold Renderer. Online verfügbar unter <https://docs.arnoldrenderer.com/display/AFMUG/Skin>, zuletzt geprüft am 23.07.2019.

Sydell, Laura (2009): Building The Curious Faces Of 'Benjamin Button'. Online verfügbar unter <https://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=100668766&t=1555878735177>, zuletzt aktualisiert am 17.02.2009, zuletzt geprüft am 05.05.2019.



Unbekannt (2009): Ed Ulbrich: Behind the extraordinary visual effects of Benjamin Button. Online verfügbar unter <https://www.denofgeek.com/us/movies/14593/ed-ulbrich-behind-the-extraordinary-visual-effects-of-benjamin-button>, zuletzt geprüft am 15.05.2019.

Wikipedia (2018): Rigging (Animation). Hg. v. Wikipedia. Online verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=179264609>, zuletzt aktualisiert am 09.07.2019, zuletzt geprüft am 24.07.2019.