



Bachelorarbeit (B.A. Medienproduktion)

3D Facial Rigging im hybriden Stop-Motion Film: *ENOUGH*

Ein Vergleich von Joint- und Blendshape-Systemen

Vorgelegt von:

Jessica Benske

Prüfer: Denis Behnke

Zweitprüfung: Prof. Dr.-Ing. Alexander Kutter

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe

Fachbereich Medienproduktion

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung und Methodik	2
2. Theoretische Grundlagen	3
2.1 Grundlagen der Stop-Motion Animation	3
2.2 Techniken der Stop-Motion Gesichtsanimation.....	4
2.2.1 Claymation.....	4
2.2.2 Mechanische Rigs/ Armaturen	6
2.2.3 Replacement Technik & Rapid Prototyping	8
2.2.4 Hybride Ansätze innerhalb der Gesichtsanimation für Stop-Motion.....	10
2.3 Funktionale Gesichtsanatomie Ausdrucksweise	12
2.3.1 Funktionale Gesichtsanatomie.....	12
2.3.2 Ausdrucksweisen der Gesichter	13
2.4 Topologie.....	14
2.4.1 Edge Flow	14
2.5 CGI Rigging.....	15
2.5.1 Joint-Based Facial Rig	15
2.5.2 Blendshape-Based Facial Rig	17
2.5.3 Controller und die Verbindung mit den Systemen.....	18
2.5.4 Hybridansätze.....	18
3. Stilistische Rahmenbedingungen von ENOUGH.....	20
3.1 Stilistische Einordnung von ENOUGH.....	20
3.2 Gesichtsdesign der Figur Casey	21
3.3 Expression Sheet als funktionale Referenz	22
3.4 Abgeleitete Anforderungen.....	23
4. Methodik & Durchführung	25
4.1 Projekt <i>ENOUGH</i>	25
4.2 Begründung des hybriden Workflows.....	26
4.3 Versuchsdesign.....	26
4.3.1 Versuchsdesign & Vergleichsstrategie	26
4.3.2 Bewertungsparameter & Matrix	27
4.4. Entwicklung der Facial Rigs	29
4.4.1 Joint-Based Rig	32
4.4.2 Blendshape-Based Rig	33

4.5 Test der Systeme	36
4.5.1 Techniktest	36
4.5.2 Expression Test Animation	38
4.5.3 Anwendung auf eine Filmszene.....	41
5. Ergebnisse.....	43
5.1 Ergebnisse des Techniktests.....	43
5.2 Expression Test.....	46
5.3 Anwendung im Film.....	49
6. Diskussion.....	50
6.1 Interpretation der Ergebnisse	50
6.2 Grenzen der Arbeit.....	51
6.3 Implikationen für zukünftige Produktionen	52
7. Fazit	53
8. Literaturverzeichnis.....	55
8.1 Online Quellen.....	56
8.2 Filme	56
8.3 Serien.....	58
9. Anhang.....	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel eines Claymation Projektes	5
Abbildung 3: Beispiel eines Puppenkopfes mit mechanischem Gesichtsrig in einem Film.....	7
Abbildung 2: Beispiel eines Puppenkopfes mit mechanischem Gesichtsrig	7
Abbildung 4: Beispiel von verschiedenen Replacement Köpfen	8
Abbildung 5: Beispiel für Gesichtsreplacements gelagert.....	9
Abbildung 6: Beispiel für Gesichtsreplacements auf einer Puppe	9
Abbildung 7: Verwendung von realen Augenaufnahmen in einem Stop-Motion Kontext	10
Abbildung 8: Verwendung von 2D Gesichtsanimationen in einem Stop-Motion Kontext.....	11
Abbildung 9: Anatomischer Aufbau des Gesichts: Schädel, Muskulatur und Fettgewebe	12
Abbildung 10: Zeichnerische Darstellung der Basis Gesichtsausdrücke	13
Abbildung 11: Verlauf Gesichtsmuskulatur	14
Abbildung 12: Professionelle Gesichtstopologie	14
Abbildung 14: Darstellung eines Joint-Based Facial Rig mit zusehenden Joints	16
Abbildung 13: Darstellung eines Joint-Based Facial Rig ohne zusehende Joints	16
Abbildung 16: Darstellung Deformationsmöglichkeiten eines Ribbons.....	16
Abbildung 15: Darstellung eines Ribbons.....	16
Abbildung 17: Einzelne Blendshapes eines Blendshape-Based Facial Rigs	17
Abbildung 18: Beispiel für eine Facial Rig UI	18
Abbildung 19: Abstraktionsgrad von möglichen Gesichtsdeformationen in verschiedenen Projekten und Einordnung von ENOUGH	20
Abbildung 20: Gesichtsdesign Casey Schilling	21
Abbildung 21: Casey Expression Sheet	23
Abbildung 22: Verlauf der Edge Loops des verwendeten Meshes.....	29
Abbildung 23: UI Layout für beide Facial Rigging Systeme	30
Abbildung 24: Funktionsweise von Mastercontrollern	31
Abbildung 26: Joint Layout innerhalb der Geometrie	32
Abbildung 25: Joint Layout innerhalb einzeln	32
Abbildung 27: Verwendete Ribbon Systeme.....	33
Abbildung 28: Blendshapes des oberen Drittels des Gesichtes	34
Abbildung 29: Blendshapes Mitte des Gesichtes	35
Abbildung 30: Blendshapes des unteren Drittels des Gesichtes.....	35
Abbildung 31: Standbild aus Stop-Motion Testanimation	36
Abbildung 32: Track Geometrie	37
Abbildung 33: Track Geometrie mit Verbindung des Facial Rigs.....	37
Abbildung 34: Erste extreme Position Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts	37
Abbildung 35: Zweite extreme Position Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts	37
Abbildung 36: Darstellung Freude: Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts.....	38
Abbildung 37: Darstellung Überrascht Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts	39
Abbildung 38: Darstellung Ekel Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts.....	39
Abbildung 39: Darstellung Wut Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts	40
Abbildung 40: Darstellung Angst Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts	40
Abbildung 41: Darstellung Trauer Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts.....	41
Abbildung 42: Szene aus dem Film <i>ENOUGH</i> ohne CGI Integration	42
Abbildung 43: Szene aus dem Film <i>ENOUGH</i> mit CGI Integration	42
Abbildung 44: Deformation Augenlider Blendshape-Based Links, Joint-Based Rechts	44
Abbildung 45: Deformation Kiefer Blendshape-Based Links, Joint-Based Rechts.....	45

Abbildung 46: Gegenüberstellung Faltenbildung Augenbrauen Links Blendshape-Based, Rechts Joint-Based	46
Abbildung 47: Gegenüberstellung Faltenbildung Trauer - Links Blendshape-Based, Rechts Joint-Based	47

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Bewertungsmatrix nicht ausgefüllt.....	28
Tabelle 2: Bewertungsmatrix ausgefüllt	48

Abstract

Die vorliegende Arbeit untersucht die Eignung von digitalen 3D Facial Rigging Systemen, für den Einsatz eines hybriden Stop-Motion Workflows. In diesem Workflow werden digitale Gesichtsanimationen mit Stop-Motion animierten Körperbewegungen verbunden. Ziel dieser Arbeit ist es die beiden Systeme, das Joint-Based und das Blendshape-Based System, systematisch miteinander zu vergleichen.

Die Untersuchung besteht aus einer Kombination zwischen theoretischer Analyse von bestehenden Workflows innerhalb des Stop-Motion und CGI Mediums und einer praktischen Umsetzung beider Rigging Systeme.

Die Bewertung der angewendeten Tests basiert auf einer eigenen Bewertungsmatrix die aus Kriterien wie der Ausdrucksstärke, Deformationsqualität, Setup-Aufwand, Bedienbarkeit und Integration in den hybriden Workflow besteht.

Als funktionale Referenz der Facial Rigging Systeme wird das Facial Action Coding System verwendet.

Das besser abschneidende System wird in einem Fallbeispiel, dem Stop-Motion Kurzfilm *ENOUGH*, eingesetzt, um die finale Gesichtsanimationen einer Szene zu erstellen. Der Film hat durch seine dialoglose Erzählform eine hohe Anforderung an die Ausdrucksstärke der Mimik.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass beide Systeme grundlegend für die Nutzung innerhalb eines hybriden Stop-Motion Workflows geeignet sind. Das Joint-Based System erwies sich jedoch aufgrund einer höheren Flexibilität und der Möglichkeit subtiler Veränderungen, als vorteilhafter geeignet für die Anwendung innerhalb des Fallbeispiels. Die Arbeit verdeutlicht anhand der gewonnenen Ergebnisse, das Potenzial digitaler Facial Rigging Systeme als eigenständige Methode für finale Gesichtsanimationen innerhalb hybrider Stop-Motion Produktionen.

Glossar

Blendshape: Eine Blendshape ist eine vordefinierte Zielgeometrie eines 3D-Modells, die eine bestimmte Verformung beschreibt. Durch das Überblenden mehrerer Blendshapes lassen sich unterschiedliche Gesichtsbewegungen und ausdrücke erzeugen.

Computer Generated Imagery (CGI): CGI bezeichnet digital erzeugte Bildinhalte, die mithilfe von 3D-Software erstellt werden.

Facial Action Coding System (FACS): Das Facial Action Coding System ist ein von Paul Ekman entwickeltes System zur systematischen Beschreibung menschlicher Gesichtsausdrücke. Es unterteilt mimische Bewegungen in einzelne Aktionseinheiten (Action Units) ein, ohne diese emotional zu kategorisieren.

Facial Rig: Ein Facial Rig ist ein technisches Steuerungssystem innerhalb eines 3D-Modells, welches eine gezielte Veränderung des 3D-Modells ermöglicht.

Hybrid Workflow: Ein hybrider Workflow beschreibt einen Produktionsansatz, bei dem analoge und digitale Animationsmethoden kombiniert werden

Joint: Ein Joint bezeichnet im digitalen Rigging ein virtuelles Gelenk, welches transformiert und mit einer 3D Geometrie verbunden werden kann.

Keyframe: Ein Keyframe ist ein definierter Zeitpunkt innerhalb einer Animation, an dem bestimmte Parameter eines Objekts festgelegt werden. Zwischen Keyframes berechnet die Software automatisch die Übergänge, wodurch Bewegungen entstehen.

NURBS Curve: Eine NURBS Curve (Non-Uniform Rational B-Spline Curve) ist eine mathematisch definierte Kurve, die häufig als Steuer- oder Kontrollobjekt in Rigging-Systemen verwendet wird

NURBS Surface: Eine NURBS Surface ist eine auf NURBS-Kurven basierende Oberfläche, die in der 3D-Grafik zur Erstellung glatter und kontrollierbarer Flächen verwendet wird. Im Rigging-Kontext kann sie als Deformations- oder Steuerfläche eingesetzt werden.

Rig: Ein Rig ist ein technisches Konstrukt aus Steuerobjekten, Hierarchien und Deformationsmechanismen, das die Animation eines 3D-Modells ermöglicht. Es bildet die Grundlage für kontrollierte Bewegungen und Verformungen.

1. Einleitung

Stop-Motion gehört zu den ältesten Animationsverfahren und zeichnet sich durch eine materialgebundene, physische Ästhetik aus, die mit einem hohen manuellen Produktionsaufwand verbunden ist (Purves 2014).

Trotz des erhöhten Produktionsaufwands hat sich das Medium in den Bereichen der unabhängigen Kurzfilmproduktion wie auch in kostenintensiven Spielfilmproduktionen etabliert.

Im Laufe der Zeit sind zahlreiche Produktionsprozesse technisch weiterentwickelt worden, um den Aufwand während der Produktion zu optimieren. Dennoch sind hybride Workflow-Ansätze innerhalb des Mediums im Vergleich zu anderen Animationsverfahren bisher nur begrenzt untersucht worden.

Die Gesichtsanimation innerhalb des Stop-Motion Workflows zählt zu den herausforderndsten Bereichen, die mithilfe von verschiedenen Methoden umgesetzt werden kann. Diese Methoden besitzen meist einen hohen materiellen Aufwand, um ein realistisches Ergebnis erzielen zu können. In moderneren Produktionen kommt oft die Technik des Rapid-Prototypings zum Einsatz, in der Abstufungen von Gesichtsbewegungen mithilfe eines digitalen Facial Rigs erstellt und anschließend 3D gedruckt werden. Diese Methode beinhaltet ein hohes Maß an Planung, Budget und Materialien, wenn man ein realistisches Ergebnis in den Gesichtsbewegungen anstrebt.

Vor diesem Hintergrund ergibt sich folgende Forschungsfrage:

Inwiefern eignen sich digitale 3D Facial Rigging Systeme für die finale Gesichtsanimation innerhalb eines hybriden Stop-Motion Workflows unter Berücksichtigung technischer, gestalterischer und produktioneller Kriterien?

1.1 Motivation

Die praktische Grundlage dieser Arbeit bildet der Stop-Motion Kurzfilm *ENOUGH*, welcher in Zusammenarbeit mit meinem Kommilitonen Fabian Willgart realisiert wird. Die Handlung des Kurzfilms thematisiert eine innere Auseinandersetzung mit den Traumata des queeren, nicht-binären Protagonisten Casey Schilling. Durch die emotionale Thematik und der dialoglosen Erzählmethode des Kurzfilms müssen die

Inhalte klar über Gestik und Mimik vermittelt werden. Zusätzlich definiert das Storyboard eine Vielzahl an Nah- und Detailaufnahmen der Gesichter.

Aus diesen Punkten erschließt sich ein hoher Anspruch an die schauspielerische Leistung und Ausdrucksstärke des Gesichtes.

Etablierte Methoden der Gesichtsanimation innerhalb des Stop-Motion Mediums, wie mechanische Armaturen oder physische Replacements, erwiesen sich für die Produktion von *ENOUGH* aus zeitlichen, finanziellen und praktischen Gründen als nur bedingt geeignet. Auf dieser Grundlage ist ein hybrider Produktionsansatz entwickelt worden, in der Stop-Motion animierte Körperbewegungen eines Charakters mit digitalen Gesichtsanimationen kombiniert. Anhand dieses Ansatzes ist es möglich, eine hohe Flexibilität während des Animationsprozesses zu erzielen, ohne auf die charakteristische Ästhetik des Stop-Motion Mediums verzichten zu müssen.

1.2 Zielsetzung und Methodik

Diese Arbeit vergleicht systematisch, die beiden etablierten Methoden des digitalen Facial-Riggings innerhalb eines hybriden Stop-Motion-Workflows. Unter diesen etablierten Methoden fallen das Joint-Based System und das Blendshape-Based System.

Um eine geeignete Vergleichsbasis schaffen zu können, wurden folgende Kriterien definiert: die Ausdrucksstärke der Mimik, die Übereinstimmung mit der vorher festgelegten Stilistik des Kurzfilms, die technische Umsetzbarkeit und die Handhabung des Rigs während der Nutzung innerhalb eines digitalen 3D-Animations-Workflows. Um die Gesichtsausdrücke konkret bewerten zu können, wird das Facial Action Coding System (FACS) als Referenz für die Erstellung beider Facial Rigging Systeme verwendet.

Die Methodik dieser Arbeit besteht aus einer Kombination von theoretischer Analyse der bestehenden Stop-Motion und CGI-Workflows und einer praktischen Umsetzung der beiden etablierten Facial Rigging Systeme.

Die Systeme werden innerhalb einer Produktionspipeline getestet und miteinander verglichen. Um die Praxistauglichkeit des besser geeigneten Facial Rigging Systems bestätigen zu können, wird das System genutzt, um eine finale Gesichtsanimation aus einer Szene des Film *ENOUGH* umzusetzen.

2. Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die theoretischen und technischen Grundlagen erläutert, welche relevant für das Verständnis dieser Arbeit sind.

Diese theoretischen Grundlagen beinhalten die spezifischen Themenbereiche der Stop-Motion-Animation und etablierte Gesichtsanimationsmethoden innerhalb des Mediums, ein Grundkonzept der Basisemotionen und die grundlegenden Konzepte des digitalen Facial Riggings.

Aufgrund dieser Basis ist es möglich, die in dieser Arbeit verwendeten Methoden nachvollziehbar einzuordnen, und sie schafft ebenfalls eine Bewertungsgrundlage der erstellten Facial Rigging Systeme innerhalb eines hybriden Stop-Motion Workflows.

2.1 Grundlagen der Stop-Motion Animation

Stop-Motion bezeichnet das Animationsverfahren, in dem physische Objekte zwischen einzeln belichteten Bildern gezielt bewegt und anschließend in einer Bildsequenz wiedergegeben werden. Durch die geringen Positionsveränderungen entsteht eine Illusion von kontinuierlicher Bewegung (Purves, 2014). Aufgrund dieser Basis unterscheidet sich Stop-Motion konkret von anderen Animationsmethoden. Während andere Methoden aus berechneten oder gezeichneten Bewegungen bestehen, basiert Stop-Motion auf real existierenden Objekten, die innerhalb des physischen Raums gezielt manipuliert werden.

Aufgrund der physischen Materialität muss der ganze Produktionsprozess eines Stop-Motion Projektes darauf abgestimmt werden.

Auch wenn laut Purves (2014) diese Materialität dafür sorgt, dass das Medium, im Vergleich zu anderen Animationsmethoden, als besonders greifbar und authentisch wahrgenommen wird, ist dies mit gewissen Einschränkungen verbunden. Diese Einschränkungen sind in den Bereichen wie dem Maß des Detailgrads, der Skalierung und der Flexibilität zu finden.

Ebenfalls sind Änderungen und Korrekturen an Charakteren oder bereits erstellten Animationen in dem Maß, wie man es aus digitalen Animationsproduktionen kennt, nur eingeschränkt möglich (Priebe 2007).

Dies ist auch auf die Herangehensweise während des Animierens selbst zurückzuführen. In Stop-Motion Produktionen wird häufig nach dem Straight-Ahead Prinzip animiert, in dem die Bewegungen kontinuierlich von Bild zu Bild verändert werden, anstatt im Voraus Schlüsselpositionen zu definieren (Priebe, 2007).

Aus diesen Aspekten resultiert ein hoher Planungs- und Produktionsaufwand, der ebenfalls die spezifische Ästhetik des Stop-Motion Mediums prägt.

Diese Art der Produktion und des Animationsprozesses wirkt sich insbesondere auf die Gesichtsanimation aus.

Um ein flüssiges und realistisches Ergebnis von subtilen Gesichtsbewegungen erzielen zu können, wird ein hoher Produktionsaufwand verlangt (Purves 2014).

Im Vergleich dazu ermöglichen digitale Facial Rigging Systeme eine flexible Anpassung von Deformationen sowie das Kombinieren unterschiedlicher Ausdrucksformen in einem nicht destruktiven Workflow.

Anhand dieser strukturellen Einschränkungen während der Stop-Motion Produktion ergibt sich das Potenzial, die jeweiligen Stärken der digitalen Animation mit denen der Stop-Motion Animation gezielt zu verbinden.

Dies verdeutlicht die Möglichkeit für einen hybriden Workflow, der die charakteristische Ästhetik Stop-Motion animierter Körperbewegungen mit digitalen Gesichtsanimationen verbindet.

2.2 Techniken der Stop-Motion Gesichtsanimation

Die Gesichtsanimation zählt zu den technisch anspruchsvollsten Bereichen der Stop-Motion Animation. Während die Körperbewegungen anhand von standardisierten Puppenarmaturen realisiert werden können, erfordert eine glaubhafte mimische Darstellung ein hohes Maß an Präzision und Aufwand in der Produktion. Purves beschreibt, dass mit einem steigenden Detailgrad der Gesichtsanimation auch der Produktionsaufwand immens zunimmt (Purves 2014).

Im Folgenden werden die etablierten Gesichtsanimationsmethoden vorgestellt und in Bezug auf ihre Funktionsweise, gestalterischen Möglichkeiten und ihre Einschränkungen eingeordnet.

2.2.1 Claymation

Claymation beschreibt eine Animationsmethode innerhalb des Stop-Motion Mediums, in welcher die verwendeten Figuren aus Knete bestehen. Um Bewegungen innerhalb des Gesichtes zu erzeugen, wird die Knete Bild für Bild gezielt verformt und daraufhin geglättet (Purves 2014).

Einer der großen Unterschiede zu anderen Gesichtsanimationsmethoden ist, dass für diese Technik nicht nur Animationsfähigkeiten, sondern auch Modellierfähigkeiten benötigt werden (Purves 2014).

Shaw (2007) beschreibt, dass Puppen, welche komplett aus Knete bestehen, die günstigste Möglichkeit sind, eine Puppe zu erstellen, aber dennoch mit viel Planung einhergehen. Während des Animationsprozesses besteht zwar ein hoher Grad an Flexibilität, dennoch muss versichert werden, dass die Figur nicht ihre Form und das dazugehörige Volumen verliert. Ebenfalls weist Shaw (2007) darauf hin, dass während des Animationsprozesses sichergestellt werden muss, dass die Knete sauber bleibt, da sonst Unterschiede in der Farbe auftreten könnten.

Innerhalb dieser Technik ist zwar ein hoher Raum an Flexibilität gegeben, aber aufgrund des hohen manuellen Aufwands ist sie nur eingeschränkt geeignet für das Erstellen von subtilen, wiederholbaren Gesichtsausdrücken. Als Konsequenz daraus kann abgeleitet werden, dass die Claymation Methode für das in dieser Arbeit genutzte Fallbeispiel ungeeignet ist.

Abbildung 1:
Beispiel eines Claymation Projektes



Quelle: Wallace & Gromit: The Curse of the Were Rabbit, Park, 2005

2.2.2 Mechanische Armaturen

Eine alternative Technik innerhalb der Stop-Motion Gesichtsanimation basiert auf mechanischen Konstruktionen, die sich im Kopf der Puppe befinden.

Diese Technik beinhaltet das Einbauen von Drähten, Kugelgelenken oder Hebelsystemen, um bestimmte Bereiche wie Augenbrauen, Lippen oder Mundwinkel gezielt verformen zu können (siehe Abbildung 2 und 3). Über diese Konstruktionen wird ein flexibles Material wie beispielsweise Latex oder Silikon gestülpt, um die menschliche Haut zu imitieren (Priebe 2011).

Diese Methode ermöglicht eine flexible und kontinuierliche Veränderung der Gesichtszüge.

Anhand dieser Mechanik ist eine Flexibilität gegeben, die durch Austauschformen so nicht möglich wäre (Priebe 2011).

Diese Flexibilität innerhalb des Animationsprozesses bringt dennoch gestalterische und technische Einschränkungen mit sich.

Laut Shaw (2007) ist eines der wichtigsten Dinge beim Gestalten einer Puppe, dass diese darauf ausgelegt ist, die verlangten Bewegungen ausführen zu können. Bei einer mechanischen Gesichtsarmatur muss dementsprechend darauf geachtet werden, dass die bestimmten Mechanismen auch innerhalb des Kopfes Platz haben und nicht zu schwer für die Kopfbewegungen sind. Dies in Verbindung mit einer gewollt hohen Flexibilität führt zu einem hohen Aufwand innerhalb der Vorproduktion, der Umsetzung dieser Technik und der Instandhaltung dieser Mechanismen.

Aufgrund des komplexen physischen Aufwands, hat sich diese Methode ebenfalls nicht für den in dieser Arbeit thematisierten Kurzfilm als geeignet dargestellt.

Abbildung 3:
Beispiel eines Puppenkopfes mit
mechanischem Gesichtsrig



Abbildung 2:
Beispiel eines Puppenkopfes mit
mechanischem Gesichtsrig in einem Film



Quelle: Inside the Two Worlds of 'The Corpse Bride', August et al.2006

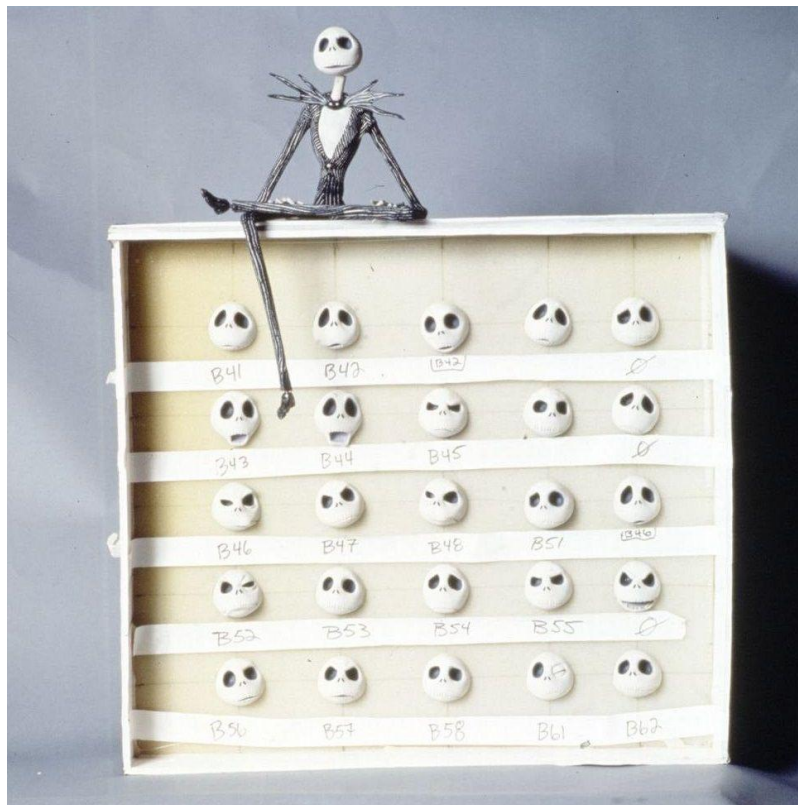
Quelle: Corpse Bride, Burton & Johnson, 2005

2.2.3 Replacement Technik & Rapid Prototyping

Eine der am weitesten verbreiteten Techniken der Stop-Motion Gesichtsanimation ist die sogenannte Replacement Technik. In dieser Methode werden für unterschiedliche Gesichtsausdrücke Austauschelemente gefertigt, die während der Animation ausgetauscht werden (siehe Abbildung 4). Diese Austauschelemente können ganze Köpfe oder nur Platten für jeweils den unteren oder oberen Teil eines Gesichtes sein (siehe Abbildung 5 und 6). Hierbei stellt jedes neue Austauschelement eine Veränderung innerhalb des Gesichtes dar, wodurch ein fließender Übergang erzielt werden kann.

Abbildung 4:

Beispiel von verschiedenen Replacement Köpfen



Quelle: The Making of Tim Burton's 'The Nightmare Before Christmas', Selick, 2003

Durch den Einsatz des 3D Drucks und digitaler Facial Rigs wurde diese Methode zwar effizienter gestaltet, aber sie löste so neue Herausforderungen in Bezug auf Planung, Lagerung und Intakthaltung der gedruckten Elemente aus. In Produktionen wie „Coraline“ (Selick, 2008) und „The Pirates! In an Adventure with Scientists“ (2012, Lord & Newitt) wurde verdeutlicht, dass eine

flexible und realistische Ausdrucksart mit organisatorischem und finanziellem Aufwand verbunden ist (Priebe 2014).

Daraus resultierte, dass die Replacement Technik, auch wenn durch das Rapid Prototyping die gewünschte Realistik erreicht werden könnte, nicht für den in dieser Arbeit thematisierten Film geeignet wäre. Die Produktion des Films hat weder die finanziellen Mittel noch die Kapazitäten, diese Technik im notwendigen Maß anzuwenden.

Abbildung 6:

Beispiel für Gesichtsreplacements
gelagert



Abbildung 5:

Beispiel für Gesichtsreplacements auf einer
Puppe



Quelle: Coraline: The Making of 'Coraline', Gross, 2009

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass die herkömmlichen Methoden der Gesichtsanimation, innerhalb des Stop-Motion Mediums, für den in dieser Arbeit thematisierten Film nicht geeignet sind. Woraus sich die Eignung eines hybriden Workflows ergibt, welcher digitale Gesichtsanimationen mit Stop-Motion animierten Körperbewegungen verbindet. Entsprechend ermöglicht dieser hybride Ansatz, realistische Gesichtsanimationen, ohne den Produktionsaufwand herkömmlicher Stop-Motion Methoden zu haben.

2.2.4 Hybride Ansätze innerhalb der Gesichtsanimation für Stop-Motion

Hybride Ansätze innerhalb des Stop-Motion Mediums beschreiben die gezielte Kombination des Stop-Motion-Mediums mit der Ergänzung eines anderen filmischen oder digitalen Mediums.

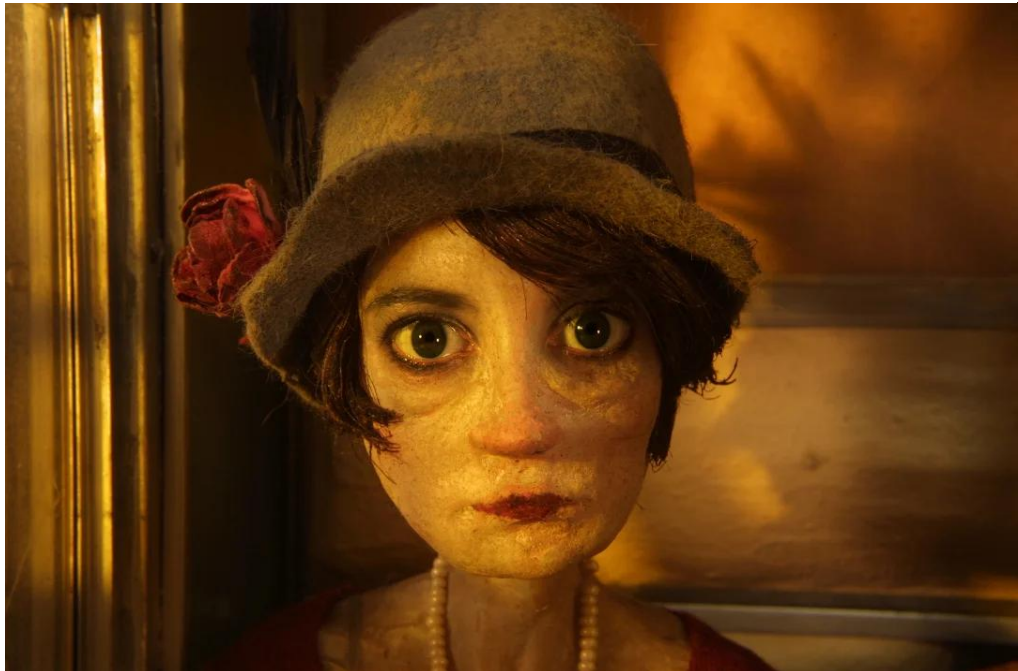
Innerhalb des Bereiches der Gesichtsanimation, des Stop-Motion Mediums, sind bislang nur vereinzelt dokumentiert.

Ein bekanntes Beispiel ist der Kurzfilm „Madam Tutli-Putli“ (2007, *Lavis & Szczerbowski*), der real aufgenommene Menschengesichter mit der Stop-Motion Puppe verbindet (siehe Abbildung 7).

Diese Umsetzung erzeugt eine emotionale Ausdrucksweise der Puppengesichter, beschränkt sich aber nur auf einen Bereich dieser.

Abbildung 7:

Verwendung von realen Augenaufnahmen in einem Stop-Motion Kontext



Quelle: Madame Tutli-Putli, Lavis & Szczerbowski, 2007

Ein weiterer hybrider Ansatz ist in „*Over the Garden Wall: 10th Anniversary Tribute*“ (2014) vertreten, in dem digitale 2D Animation genutzt wurden, um die Gesichtsanimationen für die Augen und Mundpartien zu realisieren (siehe Abbildung 8).

Abbildung 8:

Verwendung von 2D Gesichtsanimationen in einem Stop-Motion Kontext



Quelle: Over the Garden Wall: 10th Anniversary Tribute, McHale et al., 2024

Anhand dieser Beispiele zeigt sich, dass bislang hybride Verfahren innerhalb des Stop-Motion Mediums entweder additiv genutzt oder anhand von digitalen 2D Elementen umgesetzt wurden. Ein vollständiger Einsatz von digitaler 3D Gesichtsanimation ist bislang kaum dokumentiert.

Diese Beobachtung verdeutlicht den Forschungsbedarf nach hybriden 3D Gesichtsanimationsansätzen, den diese Arbeit adressiert.

2.3 Funktionale Gesichts-anatomie Ausdrucksweise

In diesem Kapitel werden relevante Informationen der Gesichts-anatomie thematisiert, die eine Grundlage für die Erstellung von realistischen Facial Rigging Systemen bilden.

2.3.1 Funktionale Gesichts-anatomie

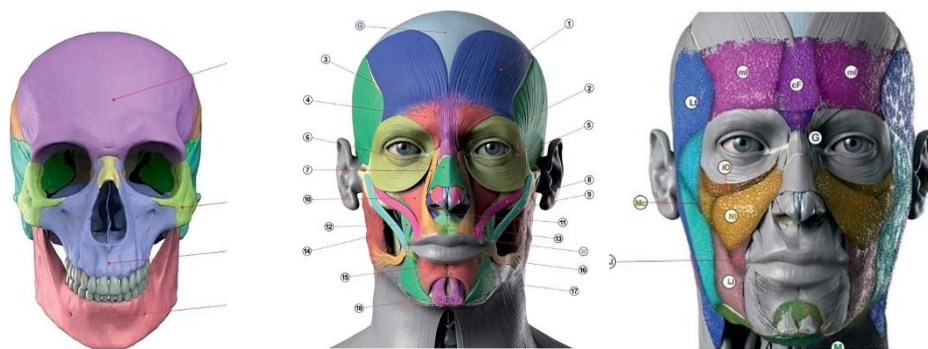
Technisch komplexe Rigging Systeme reichen allein nicht aus, um ein überzeugendes Ergebnis in der digitalen Gesichtsbewegung zu erzielen. Es ist von großer Bedeutung, die anatomische Besonderheit des Gesichtes zu verstehen, um diese erfolgreich nachbilden zu können.

Anatomisch besteht das Gesicht aus drei verschiedenen Ebenen: dem Schädel, der Muskulatur und dem Weichgewebe (siehe Abbildung 9). Die Besonderheit des Gesichtes besteht darin, dass im Gegensatz zum restlichen Körper, die Muskulatur vom Schädel aus direkt mit dem Weichgewebe verbunden ist. Somit beeinflusst die Muskelkontraktion keine Gelenkrotationen, sondern sorgt für eine komplexe Verschiebung der Haut und des Fettgewebes (Winslow 2015).

Auf Basis dieser Besonderheit lässt sich ein hoher Grad an Komplexität, der bei der Erstellung von realistischen digitalen Facial Rigging Systemen erbracht werden muss, ableiten.

Abbildung 9:

Anatomischer Aufbau des Gesichtes: Schädel, Muskulatur, Fettgewebe



Quelle: Anatomy of Facial Expression, Zarins, 2017

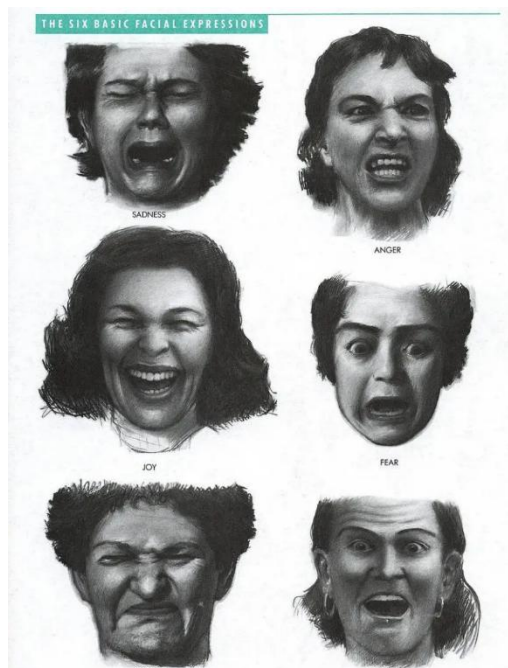
2.3.2 Ausdrucksweisen der Gesichter

Um eine Vergleichsgrundlage der beiden Facial Rigging Systeme schaffen zu können, wird in dieser Arbeit das Facial Action Coding System (FACS) als Referenz verwendet. Das von Ekman und Friesen entwickelte System beschreibt Gesichtsbewegungen anhand der sogenannten Action Units, ohne diese zunächst emotional zu interpretieren (Ekman & Rosenberg, 2005). Diese Action Units dienen als Orientierung bei der Erstellung beider Facial Rigging Systeme. Dies schafft eine gleiche Basis für die notwendigen Funktionen, um realistische Gesichtsbewegungen erzielen zu können. Anhand dessen wird gewährleistet, dass beide Rigging Systeme auf der gleichen Bewegungslogik basieren.

Innerhalb der Emotionserkennung sind sechs Basis-Gesichtsausdrücke vertreten. Darunter fallen die Freude, die Trauer, die Wut, die Überraschung, die Angst und der Ekel (Faigin 1990). Diese Basisemotionen sind die Extreme, die ein Gesicht darstellen kann (siehe Abbildung 10). Aufgrund dessen bieten sich diese als gute Basis für die Bewertung der Facial Rigging Systeme und deren emotionale Reichweite an.

Abbildung 10:

Zeichnerische Darstellung der Basis Gesichtsausdrücke



Quelle: The Artist's Complete Guide to Facial Expression, Faigin, 1990

2.4 Topologie

Die Topologie eines 3D-Modells beschreibt, wie die Vertices und Kanten miteinander verbunden sind, um ein Polygon zu formen (Parke 2008)

Wie diese angeordnet sind, hat einen direkten Einfluss auf die Deformationsqualität eines mit dem Mesh verbundenen Facial Rigs.

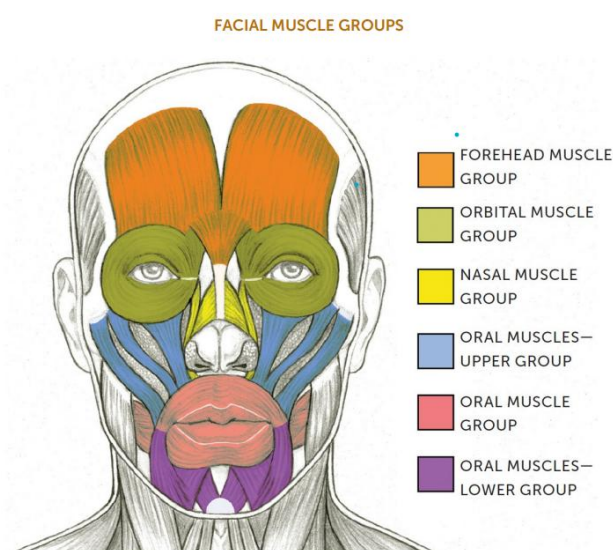
In stark deformierenden Bereichen ist es besonders wichtig, dass auf eine ausreichende Dichte der Vertices geachtet wird, um subtile Bewegungen und Faltenbildungen gewährleisten zu können.

2.4.1 Edge Flow

Der Edge Flow beschreibt die Ausrichtung der Polygonkanten entlang der Kanten eines 3D Modells (Vaughn 2018).

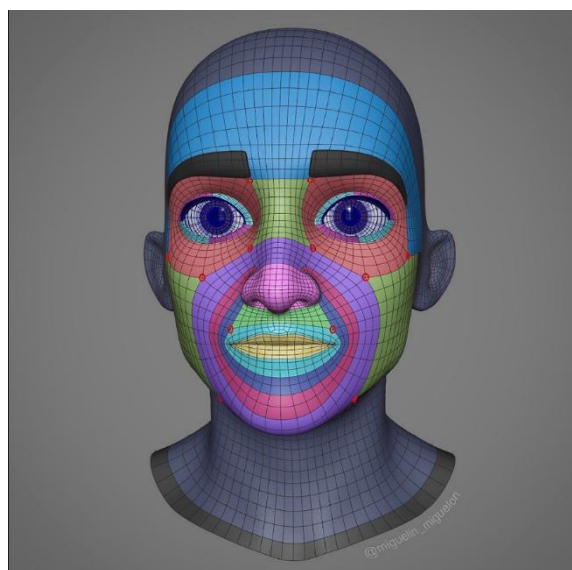
Mit dem Hintergrund der Deformation von einem Gesichtsmodell, ist es von besonderer Bedeutung, dass sich bei dem Verlauf des Edge Flows an der Anatomie des Gesichtes orientiert wird (siehe Abbildung 11 und 12). Dies ermöglicht ein realistisches Deformationsverhalten und erleichtert den Rigging-Prozess allgemein (Vaughn 2018).

Abbildung 11:
Verlauf Gesichtsmuskulatur



Quelle: Classic Human Anatomy In Motion The Artist S Guide To The Dynamics Of Figure Drawing, Winslow, 2015

Abbildung 12:
Professionelle Gesichtstopologie



Quelle: Instagram, https://www.instagram.com/miquelin_miquelon/ , 2019

2.5 CGI Rigging

Rigging bildet die technische Schnittstelle zwischen Modelling und Animation. Dieser Produktionsbereich beinhaltet die Erstellung eines Steuersystems, welches es möglich macht, ein 3D Modell kontrolliert deformieren zu können (O'Hailey, 2018).

Um die komplexen Bewegungen eines Gesichtes realisieren zu können, werden verschiedene Techniken des Facial Riggings genutzt. Unter diese Techniken fallen das Joint-Based System, das Blendshape-Based System sowie hybride Ansätze, die eine Mischung aus den beiden Systemen sind. Diese Systeme unterscheiden sich jeweils in ihrem Aufbau und haben einen anderen Ansatz, die Geometrie eines Modells zu deformieren.

Um die Unterschiede der beiden Systeme zu unterstreichen, werden diese hier ausführlicher thematisiert.

2.5.1 Joint-Based Facial Rig

Die Basis eines Joint-Based Facial Rigs besteht aus Joints oder, zu Deutsch, Knochen. Joints ermöglichen es, die Geometrie eines 3D Modells für Animationen gezielt zu transformieren (*Maya User Guide*, 2013)

Durch ihre meist hierarchische Anordnung entsteht eine Kette, die sich wie in einer Child Parent Verbindung verhält. Um die Deformation der Geometrie möglich zu machen, müssen die Joints mit dieser über das Skinning verbunden werden. Hierbei ist es möglich, mit der Hilfe des Weight Paintings zu bestimmen, wie sich die einzelnen Vertices des 3D Meshes von den Joints beeinflussen lassen (Parke, 2008).

Da Joints die Deformation des Meshes steuern, ist die Platzierung dieser innerhalb des Meshes essenziell (siehe Abbildung 13 und 14). Um ein realistisches Ergebnis in Deformierung zu erlangen, ist es eine gute Herangehensweise, sich an der Anatomie des Gesichtes und des Edge Flows des Modells zu orientieren (O'Hailey, 2018).

Abbildung 13:
Darstellung eines Joint-Based Facial Rig mit zusehenden Joints

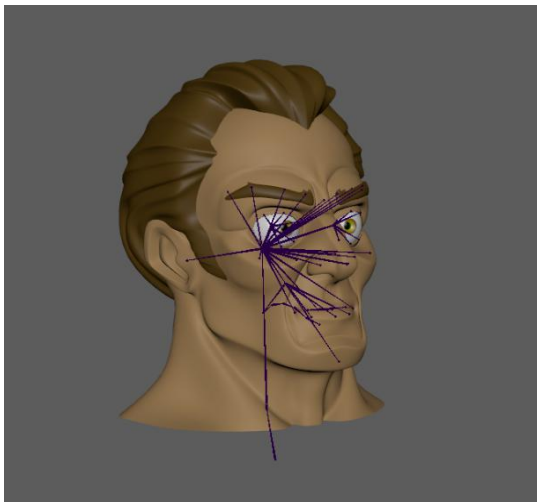


Abbildung 14:
Darstellung eines Joint-Based Facial Rig ohne zusehende Joints



Quelle: YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=oOQliul_d3U , 2019

Quelle: YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=oOQliul_d3U , 2019

Die Verwendung von Ribbonsystemen ermöglicht es, komplexe Bewegungen flexibel animierbar zu machen (siehe Abbildung 15 und 16). Ribbons bestehen aus einer Verbindung von einer NURBS-Surface und Haarfollikeln. Es werden Joints mit den Follikeln verbunden, um so das Verhalten dieser auf die Joints übertragen zu können (Briggs, 2021). Diese Joints werden dann mit der Geometrie verbunden, um die Flexibilität des Ribbonsystems auf die Geometrie übertragen zu können.

Abbildung 16:
Darstellung eines Ribbons

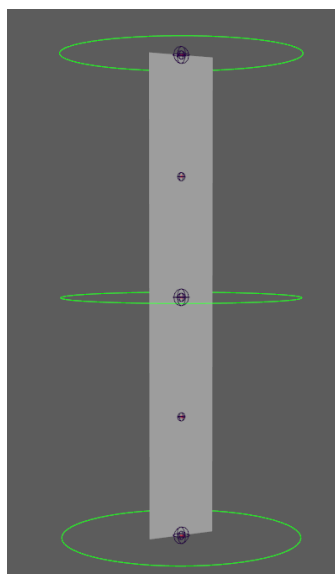
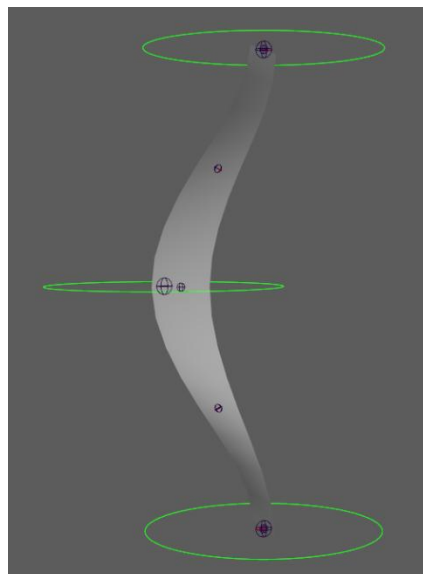


Abbildung 15:
Darstellung Deformationsmöglichkeiten eines Ribbons



Quelle: Eigene Aufnahme

2.5.2 Blendshape-Based Facial Rig

Blendshape-Based Facial Rigs haben den Blendshape Deformer als Grundlage der Deformation eines digitalen 3D Meshes (siehe Abbildung 17). Dieser Deformer ermöglicht das lineare Interpolieren zwischen zwei verschiedenen Meshes, die die gleiche Vertexanordnung haben (Briggs, 2021).

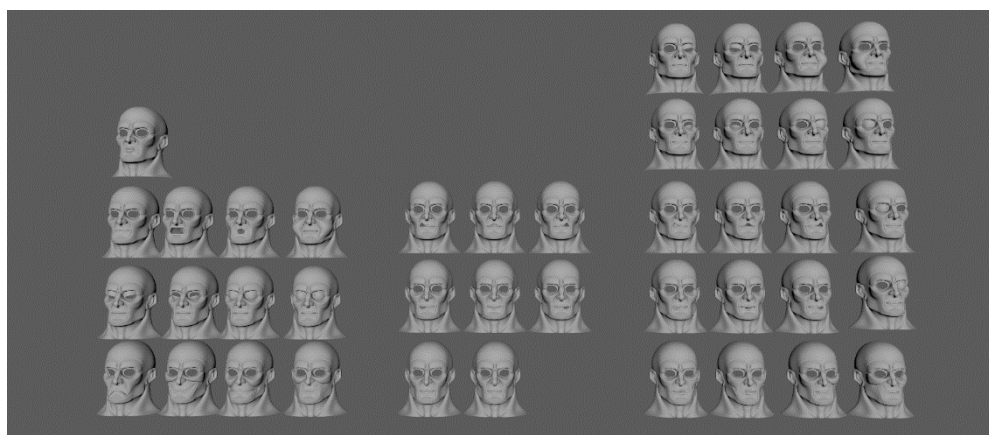
So ist ein simpler Übergang zwischen Emotionen oder einzelnen Bewegungen innerhalb des Gesichtes möglich.

Anhand einer Weight Map ist es möglich zu steuern, welche Vertices von einem Blendshape deformiert werden sollen. Dies ermöglicht eine saubere Einteilung und das schnelle Aufteilen eines Blendshapes in kleine Bereiche des Gesichtes (O’Hailey, 2018). Dadurch, dass Blendshapes linear berechnet werden, ist in manchen Bereichen des Gesichtes ein In-Between-Blendshape notwendig (O’Hailey, 2018). Dieses In-Between-Blendshape definiert eine Form, die während des Interpolationsvorgangs zuerst erzielt werden soll. Dies kann beispielsweise bei der Bewegung der Augenlider notwendig sein, da sich das Augenlid um die Geometrie des Auges bewegen soll.

Aufgrund dessen, dass Blendshapes additiv funktionieren, ist es möglich, verschiedene Blendshapes, die dieselben Vertices manipulieren, miteinander zu kombinieren (Ritchie et al., 2006). Daraus ergibt sich eine weitreichende Flexibilität, um komplexe Bewegungsabläufe bewusst steuern zu können.

Abbildung 17:

Einzelne Blendshapes eines Blendshape-Based Facial Rigs



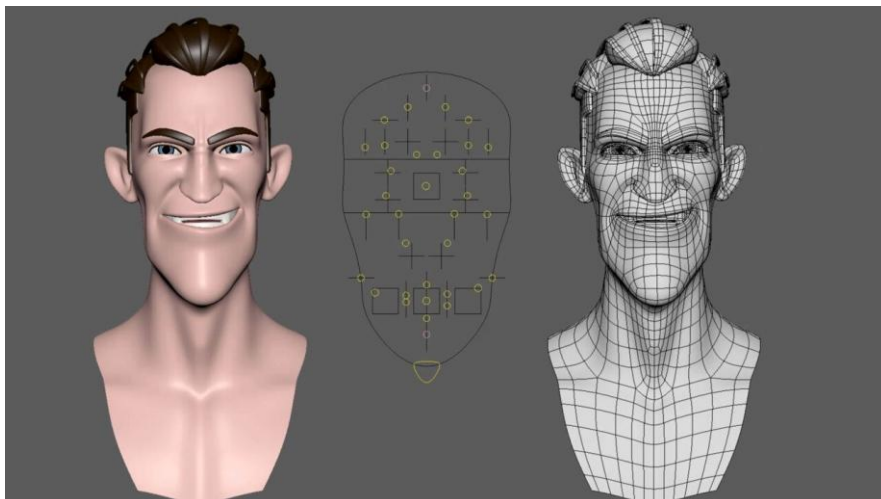
Quelle: YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=oOQliul_d3U , 2019

2.5.3 Controller und die Verbindung mit den Systemen

Um während des Rigging- und Animationsprozesses eine klare Orientierung in Bezug auf die Funktionen eines Facial Rigs zu haben, wird eine Benutzeroberfläche erstellt (Ritchie et al., 2006). Diese Benutzeroberfläche besteht aus verschiedenen NURBS Curves die mit dem Rigging System verbunden sind (siehe Abbildung 18). Dies ist mit mehreren Verbindungen über Constraints oder Driven Keys möglich. Constraints verbinden Transformationsattribute direkt miteinander, während Driven Keys auf einer Abhängigkeit zweier Attribute basieren (Briggs, 2021).

Anhand dieser zwei Verbindungsmöglichkeiten ist es möglich, die verschiedenen Rigging Systeme mit einer Benutzeroberfläche zu verbinden und so den Animationsprozess effizienter und übersichtlicher zu gestalten.

Abbildung 18:
Beispiel für eine Facial Rig UI



Quelle: *Creating Stylized Facial Rigs for Production in Maya*, Torres, o. J.

2.5.4 Hybridansätze

Beide Facial Rigging Systeme haben jeweils ihre Vor- und Nachteile.

Zu den Vorteilen des Joint-Based Systems gehören Aspekte wie, dass durch die Joints eine Flexibilität der Transformationen von kleinen Bereichen möglich ist. Ebenfalls lassen sich durch das hierarchische Child Parent Bewegungsabläufe in Bögen simpel umsetzen. Ein weiterer Vorteil ist die einfache Verbindung des Rigging Systems mit der UI, die über verschiedene Constraints möglich gemacht wird. Nachteile des Systems sind jedoch, dass Deformationsergebnisse nur bedingt kontrolliert werden können. Daraus

resultiert, dass, um glaubwürdige Gesichtsdeformationen erzielen zu können, komplexe Systeme notwendig sind.

Blendshape-Based Systeme haben den Vorteil, dass die Erstellung dieser recht simpel aufgebaut ist. Anhand der erstellten Blendshapes ist es möglich die Deformationen gezielt anpassen zu können. Als Konsequenz daraus ergibt sich jedoch, ein hoher Aufwand in der Abstimmung der verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten der Blendshapes.

In der Praxis haben sich hybride Facial Rigging Ansätze etabliert, die beide Systeme miteinander kombinieren und die jeweiligen Stärken dieser aktiv nutzen können. (Ritchie et al., 2006).

Anhand dieser Herangehensweise ist es möglich, die Nachteile des jeweils anderen Systems gezielt zu umgehen.

Da hybride Facial Rigging Systeme sich bereits als Industriestandard etabliert haben, liegt der Fokus dieser Arbeit bewusst auf einem direkten Vergleich beider Basissysteme.

Anhand dieser theoretischen und technischen Grundlagen kann geschlossen werden, dass es innerhalb des Stop-Motion Mediums ein hohes Potenzial für hybride Produktionen gibt. Die verschiedenen Facial Rigging Systeme werden bereits in Stop-Motion unterstützend genutzt, woraus sich das Dasein, der in dieser Arbeit thematisierten Forschungsfrage, umso mehr rechtfertigt.

3. Stilistische Rahmenbedingungen von ENOUGH

Die Gestaltung von Gesichtsanimationen ist innerhalb des Stop-Motion Mediums nicht nur von den technischen Möglichkeiten abhängig, sondern ebenfalls von der angestrebten Stilistik der Animation. Bereiche wie Design und visuelle Abstraktion bestimmen, welche technischen Lösungen möglich und sinnvoll sind.

Dieses Kapitel dient dazu, die stilistischen Rahmenbedingungen des Filmes *ENOUGH* zu definieren, und leitet aus diesen konkreten Anforderungen für die Entwicklung der Facial Rigging Systeme ab.

3.1 Stilistische Einordnung von ENOUGH

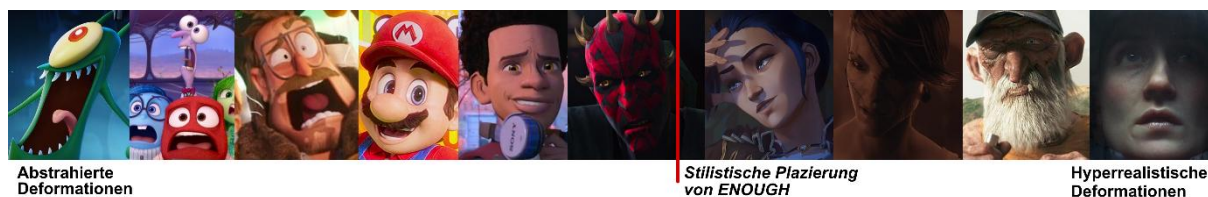
Um *ENOUGH* kategorisch gezielt einordnen zu können, wird folgende Skala verwendet (siehe Abbildung 19), um im Laufe der Arbeit die beiden Facial Rigging Systeme kategorisch bewerten zu können. Es soll eine Orientierung dafür sein, welchen Abstraktionsgrad die finalen Gesichtsanimationen anstreben.

Die Skala stellt einen Abstraktionsgrad der Gesichtsdeformationen der jeweiligen Animationsprojekte dar.

Sie dient nicht nur der stilistischen Einordnung, sondern bildet eine Grundlage welche Art der Komplexität beider Facial Rigging Systeme benötigt wird.

Abbildung 19:

Abstraktionsgrad von möglichen Gesichtsdeformationen in verschiedenen Projekten und Einordnung von ENOUGH



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf: The SpongeBob Movie: Sponge on the Run (Hill, 2020); Inside Out (Carmen & Docter, 2015), The Mitchells vs the Machines (Rianda & Rowe, 2021); The Super Mario Bros. Movie (Horvath et al., 2023); Spider-Man: Into the Spider-Verse (Persichetti et al., 2018); Star Wars: The Clone Wars, S07E10, (Filoni & Filoni & Villanueva, 2020); Arcane, S01E05, (Charrue & Delord, 2021); Love, Death & Robots, S01E01, (Hamilton et al., 2019); Love, Death & Robots, S01E09, (Lansdale et al. 2019); Love, Death & Robots, S01E11, (Griggs et al., 2019)

Im Fall von *ENOUGH* strebt der Film einen realistischen Ansatz der Gesichtsanimation an und ordnet sich in dieser Skala zwischen „Star Wars: The Clone Wars“ (Lucas, 2008) und „Arcane“ (Arcane, 2021) ein.

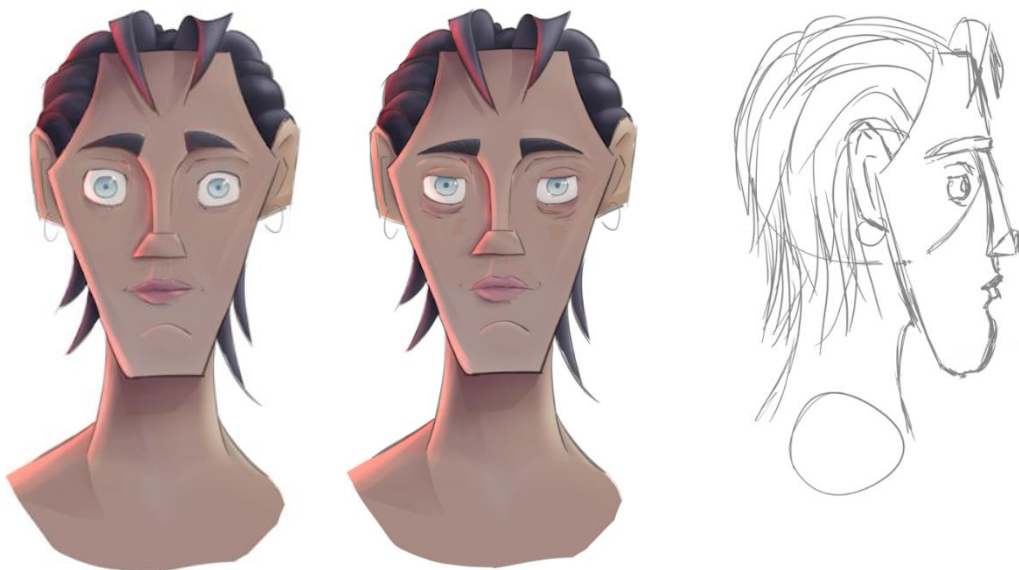
Es soll ein klarer Kontrast zwischen typischer Stop-Motion-Körperanimation und realistischer Gesichtsanimation entstehen, der dennoch keinen starken Bruch in der Stilistik ergibt.

Dies schöpft das Potenzial des hybriden Stop-Motion Workflows komplett aus und macht es möglich, realistische Gesichtsbewegungen zu erzielen, ohne das Budget des Films nur für die gewollte Stilistik zu erhöhen.

3.2 Gesichtsdesign der Figur Casey

Das Gesichtsdesign ist die Basis eines jeden Facial Rigs. Der Grad der Abstraktion beeinflusst, wie komplex ein Facial Rig aufgebaut werden muss, um das Charakterdesign bestmöglich umzusetzen.

Abbildung 20:
Gesichtsdesign Casey Schilling



Quelle: Eigene Aufnahme

Das Gesichtsdesign des Hauptcharakters Casey verfolgt einen abstrahierten Look, der durch Werke innerhalb des Stop-Motion Mediums wie „Peter und der Wolf“ (Templeton, 2008) und „Boxtrolls“ (Annable & Stacchi, 2014) inspiriert wurde (siehe Abbildung 20).

Es zeichnet sich durch die markanten Kanten innerhalb des Gesichtes und der Gesichtsform selbst aus. Die Umrisse des Gesichtes sind, so wie die Nasenpartie, mit harten Kanten versehen, um einen markanten Look zu erzielen. Die Augen des Charakters sollen durch realistische Texturen ein Fokuspunkt sein, sind aber in ihrer Gestaltung ebenfalls abstrahiert. Das Design stellt somit die Anforderungen an flexible Systeme, die die Möglichkeit haben sollen, realistische Gesichtsdeformationen zu realisieren.

3.3 Expression Sheet als funktionale Referenz

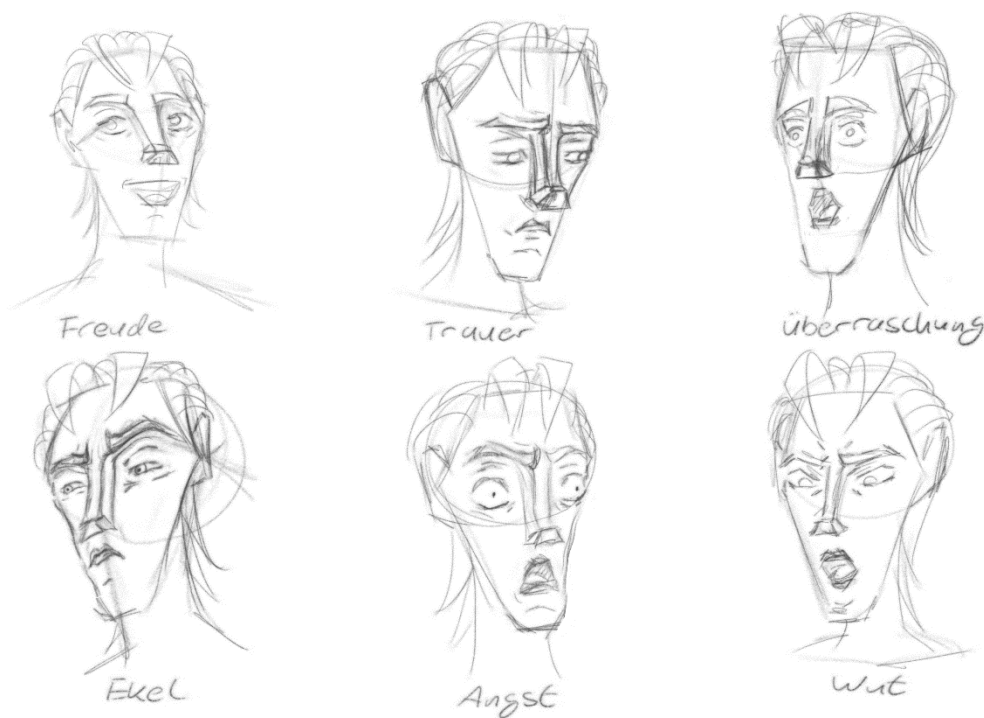
Um die Gesichtsausdrücke auf einer emotionalen Ebene systematisch erfassen zu können, wurde ein Expression Sheet für den Hauptcharakter entwickelt (siehe Abbildung 21). So ist eine visuelle Referenz für die gewollten Gesichtsausdrücke gegeben und bildet somit die Grundlage für die spätere Gegenüberstellung der beiden Facial Rigging Systeme.

Das Expression Sheet orientiert sich an den von Paul Ekkman (Inglis et al., 2005) definierten Grundemotionen.

In der eigenen Darstellung der Grundemotionen wurde bewusst auf realistische Details verzichtet, um so eine stilistisch konsistente Mimik darzustellen.

Durch die Verwendung eines Expression Sheets wird eine Vergleichsbasis erstellt, die es ermöglicht, die Rigging Systeme nicht subjektiv, sondern anhand definierter Ausdrücke zu bewerten.

Abbildung 21:
Casey Expression Sheet



Quelle: Eigene Aufnahme

3.4 Abgeleitete Anforderungen

Aus den stilistischen Überlegungen und dem definierten Charakterdesign lassen sich konkrete Anforderungen an die Facial Rigging Systeme ableiten. Beide Systeme sollen dazu in der Lage sein, die im Expression Sheet dargestellten Gesichtsausdrücke umzusetzen, ohne dabei das Charakterdesign zu missachten.

Dadurch, dass ein Fokus auf der Augenpartie des Charakters liegt, müssen die Rigging Systeme besonders in diesem Bereich flexible Deformationen ermöglichen. Die Augenpartie soll flexibel und formbeständig animiert werden können. Der Mund gehört gleichermaßen zu den Bereichen, die eine hohe Flexibilität und somit ein komplexeres System benötigen.

Grundsätzlich sollen beide Facial Rigging Systeme dazu in der Lage sein, die markanten Kanten des Gesichtsdesigns beizubehalten.

Eine intuitive Bedienbarkeit sowie die Möglichkeit, Ausdrücke genau

darstellen und kontrollieren zu können, gehören ebenfalls zu den aufgestellten Kriterien.

Diese Anforderungen und Prioritäten bilden die Grundlage für den methodischen Aufbau der Facial Rigs in Kapitel 4. Diese sind jeweils für das Joint-Based System und das Blendschape-Based System identisch und dienen als Bewertungsgrundlage im späteren Vergleich.

4. Methodik & Durchführung

In diesem Kapitel werden die methodische Herangehensweise der Arbeit sowie die praktische Umsetzung der beiden digitalen Facial Rigging Systeme beschrieben. Ziel ist es, die zuvor definierten theoretischen und stilistischen Anforderungen kontrolliert miteinander zu vergleichen.

4.1 Projekt *ENOUGH*

In dem Stop-Motion Kurzfilm *ENOUGH* geht es um eine queere, nichtbinäre Person namens Casey Schilling. Casey hat in deren Leben viel mit Ablehnung zu kämpfen und begeht unbeabsichtigt aufgrund dessen eine Reise durch das eigene Unterbewusstsein. In dieser Reise wird Casey Situationen der Ablehnung erneut durchleben müssen, die in Form von Theatersets dargestellt sind. Am Ende dieser Reise, hat Casey eine Gegenüberstellung mit dem eigenen inneren Kind, das Casey durch diese Situationen geführt hat. Anhand dieser Gegenüberstellung zieht Casey den Entschluss, geduldiger mit sich selbst zu sein, und entdeckt so die Liebe zu sich selbst wieder.

Anhand dieser emotionalen, dialoglosen Thematik entstehen hohe Erwartungen an die technischen Möglichkeiten des verwendeten Facial Rigs. Die Emotionen sollen klar erkennbar sein und gleichzeitig in die Stilistik des Filmes passen.

Innerhalb dieser Forschung wird das Rigging System welches bessere Ergebnisse im Vergleich der beiden Systeme erzielt, innerhalb einer Szene aus dem Kurzfilm angewendet.

Dies ist die Szene, in der Casey mit dem eigenen inneren Kind konfrontiert wird. Da diese den Höhepunkt des Filmes darstellt, bietet diese Szene eine geeignete Grundlage, um die Ergebnisse der Forschung zu präsentieren.

Mittels dieser Fallstudie ist es möglich, die beiden Rigging Systeme innerhalb realistischer Produktionsbedingungen auf deren Praxistauglichkeit zu testen und einzuordnen.

4.2 Begründung des hybriden Workflows

Der hybride Workflow dieser Arbeit basiert auf der Kombination der physischen Stop-Motion-Animation des Körpers und digitaler Gesichtsanimation mithilfe von CGI. Ziel dieser Herangehensweise ist es, die spezifischen Stärken beider Medien gezielt zu nutzen. Eine Kombination aus der haptischen Materialität der Stop-Motion-Animation mit der Flexibilität und Ausdruckstärke digitaler Facial-Rigging Systeme.

Anhand dieses Ansatzes ist es möglich, die digitale Mimik präzise zu kontrollieren. Es ergibt sich eine Flexibilität im Bereich des Ausdrucks, des Timings und es bietet ebenfalls Raum für Korrekturen.

Der Kurzfilm *ENOUGH* bietet eine optimale Grundlage für diesen hybriden Ansatz. Nicht nur durch die dialoglose emotionale Handlung des Films entsteht eine hohe Anforderung an die Gesichtsanimation, sondern auch durch die gewählten Kameraeinstellungen. Um die Vorteile des CGI-Gesichtes noch weiter nutzen zu können, ergaben sich oft Nahaufnahmen im Storyboard.

4.3 Versuchsdesign

Die Entwicklung der beiden Facial Rigging Systeme verläuft auf der Basis einer zeitlichen Limitation, die sich auf insgesamt drei Wochen beschränkt. Jedes System wurde innerhalb einer Woche erstellt, wovon sich eine Woche für mögliche Korrekturen ergab. Ziel war es nicht, vollständig optimierte Facial Rigging Systeme zu erstellen, sondern vergleichbare, funktionsfähige Systeme, die die Anforderungen der Arbeit erfüllen können.

4.3.1 Versuchsdesign & Vergleichsstrategie

Das Versuchsdesign dieser Arbeit basiert auf einer gezielten Gegenüberstellung zweier Facial-Rigging-Systeme. Es sollen die Unterschiede in Bezug auf technische Umsetzbarkeit, Deformationsqualität, Ausdruckstärke und Handhabung vereinzelt aufgezeigt werden.

Um eine Vergleichbarkeit sicherzustellen, basieren beide Rigging-Systeme auf derselben CGI-Geometrie. Ebenfalls wurden die beiden Systeme mit den gleichen in Kapitel 3 definierten stilistischen und gestalterischen Vorgaben erstellt.

Der Aufbau der Benutzeroberfläche der Facial-Rigging-Systeme basiert auf der gleichen Controllerstruktur, damit sichergestellt werden kann, dass

aufkommende Unterschiede auf das jeweilige Rigging System zurückzuführen sind.

Die Evaluation der beiden Rigs erfolgt durch zwei Testanimationen. Anhand der ersten Animation wird die technische Umsetzbarkeit innerhalb des hybriden Workflows überprüft. Hierfür wird eine getrackte Stop-Motion-Animation als Grundlage für die Kopfanimationen verwendet und mit den jeweiligen Rigging-Systemen verbunden. So ist es möglich, die beiden Systeme unter realistischen Produktionsbedingungen zu untersuchen. Hinzu werden zwei stark ausgeprägte Gesichtsausdrücke animiert, um mögliche Deformationsprobleme sichtbar zu machen.

Der zweite Test besteht aus einer Expression-Testanimation, welche sich am im 3. Kapitel definierten Expression Sheet orientiert. Anhand dieses Tests ist es möglich, Unterschiede in der Ausdrucksstärke, der stilistischen Umsetzung und der Handhabung der jeweiligen Rigging-Systeme hervorzuheben.

Die Bewertung beider Tests erfolgt vergleichend und nicht absolut. Die einzige unterscheidende Komponente innerhalb des Versuchsdesigns ist das jeweils verwendete Facial Rigging System.

4.3.2 Bewertungsparameter & Matrix

Zur strukturierten Auswertung der beiden Rigging Systeme wurde eine Bewertungsmatrix entwickelt. Diese dient zur vergleichenden Analyse qualitativer sowie workflowbezogener Aspekte.

Die Bewertungsparameter der Matrix beinhalten Punkte wie die Ausdrucksstärke der Gesichtsanimation, die Nähe zu den im Expression Sheet definierten Referenzen, den Aufwand bei der Erstellung der Rigging-Systeme, die Bedienbarkeit während des Animationsprozesses sowie die technische Flexibilität innerhalb des hybriden Workflows.

Anhand der Bewertungsparameter ist es möglich, eine nachvollziehbare und systematische Gegenüberstellung der beiden Rigging-Systeme zu erzielen. Sie bildet ebenfalls die Basis für die Auswertung der Ergebnisse in Kapitel 5 sowie deren Interpretation im anschließenden 6. Kapitel.

Tabelle 1:
Bewertungsmatrix

Kriterium	Beschreibung	Joint-Based System	Blendshape-Based System
Nähe zum Expression Sheet	Von 1 niedrig bis 5 hoch		
Ausdrucksstärke	Von 1 niedrig bis 5 hoch		
Kontrolle einzelner Gesichtsbereiche	Möglichkeit zur gezielten Steuerung der einzelnen Bereiche. Von 1 niedrig bis 5 hoch		
Fehleranfälligkeit Deformationen	Von 1 niedrig bis 5 hoch		
Setup Aufwand	Zeitlicher und technischer Aufwand zur Erstellung des Facial Rigs. Von 1 niedrig bis 5 hoch		
Integration hybrider Workflow	Von 1 niedrig bis 5 hoch		
Fehleranfälligkeit während erstellen des Rigging Systems	Von 1 niedrig bis 5 hoch		
Gesamtbewertung			

4.4. Entwicklung der Facial Rigs

Die Umsetzung der beiden Facial-Rigging-Systeme basiert auf demselben digitalen 3D-Modell, dessen Topologie gezielt auf realistische Gesichtsdeformationen ausgelegt ist (siehe Abbildung 22). Der Edgeflow der Geometrie orientiert sich an dem anatomischen Aufbau der Gesichtsmuskulatur und wurde vor der Entwicklung der Rigs finalisiert.

Abbildung 22:

Verlauf der Edge Loops des verwendeten Meshes

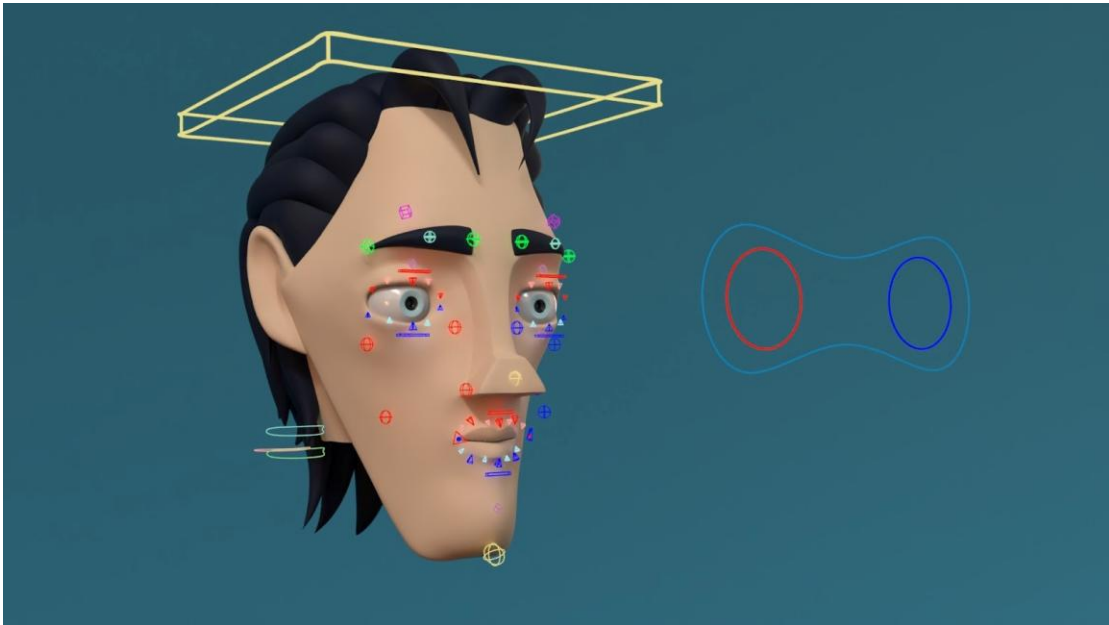


Quelle: Eigene Aufnahme

Um einen gezielten Vergleich in Bezug auf Deformationsergebnisse sicherstellen zu können, wurden alle Funktionen, die nicht aktiv dazu beitragen, identisch umgesetzt. Hierzu zählen die Funktionen der Kopfbewegung, der Augenrotation, der Kieferbewegung und die Möglichkeit, die Zähne und die Zunge bewegen zu können. Diese basieren somit in beiden Systemen auf der gleichen Umsetzungsweise.

Ebenfalls basieren beide Facial Rigs auf der gleichen Controller Struktur, welche ein identisches Layout der Benutzeroberfläche haben (siehe Abbildung 23). Die Funktionalität dieser wurde bewusst gleich gehalten, um Unterschiede in der Handhabung während des Animationsprozesses so gering wie möglich zu halten. Abweichungen des Deformationsergebnisses ergeben sich somit nur anhand der verwendeten Rigging Systeme.

Abbildung 23:
UI Layout für beide Facial Rigging Systeme

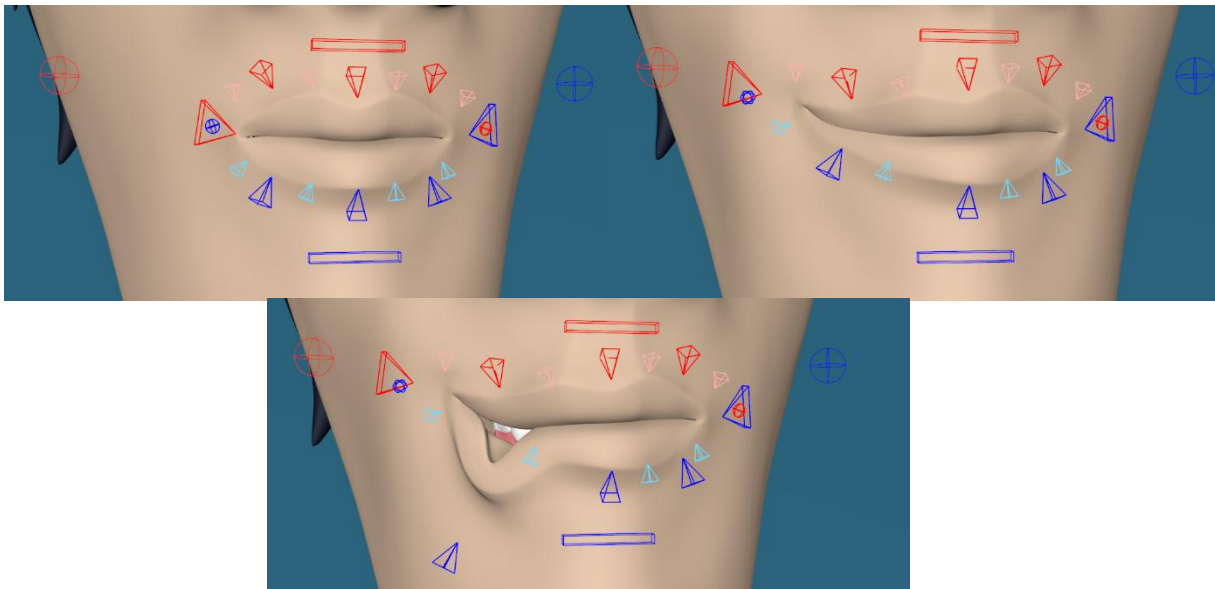


Quelle: Eigene Aufnahme

Zur Vereinfachung wiederkehrender Bewegungsabläufe, die eine Vielzahl an Controllern benötigen würden, wurden diese mithilfe von Mastercontrollern standardisiert (siehe Abbildung 24). Diese ermöglichen es, mehrere Controller gleichzeitig anzusteuern, und versichert ein wiederkehrendes, gleiches Ergebnis in der Deformation, ohne die Möglichkeit zu verlieren, die einzelnen Controller bewegen zu können.

Beide Systeme haben diese Controller-Funktion mit einer passenden Methode der jeweiligen Systeme integriert.

Abbildung 24:
Funktionsweise von Mastercontrollern



Quelle: Eigene Aufnahme

4.4.1 Joint-Based Rig

Das Joint-Based Facial Rig basiert auf einem hierarchischen Joint-System, dessen Joints an den zentralen Bewegungspunkten des menschlichen Gesichtes platziert sind (siehe Abbildung 25 und 26). Die Anordnung dieser orientiert sich an der anatomischen Gesichtsmuskulatur als auch an den Bewegungsmustern, die im Facial Action Coding System beschrieben werden. Ziel dieses Ansatzes ist es, Gesichtsbewegungen primär über Transformationen von Joints zu realisieren, die direkt mit der Geometrie verbunden sind.

Abbildung 25:
Joint Layout innerhalb der Geometrie

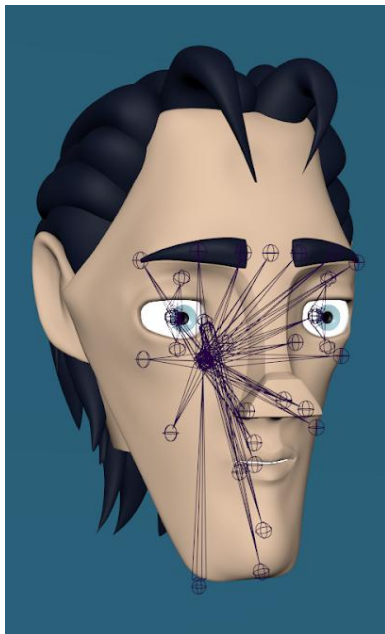
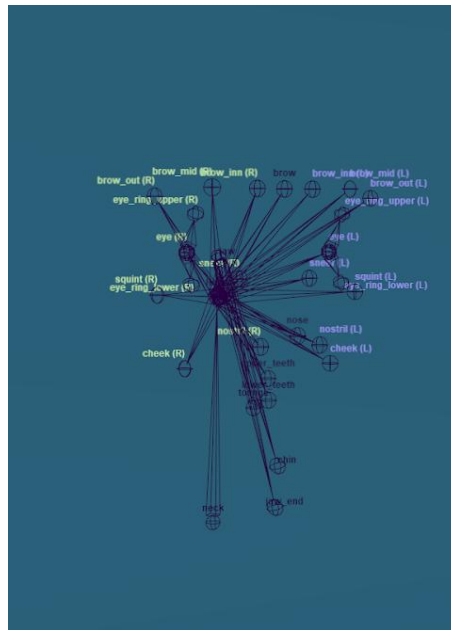


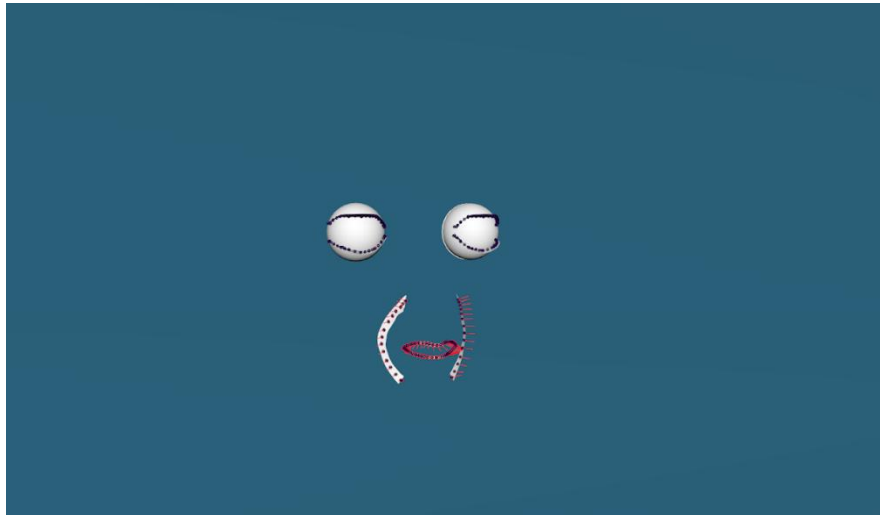
Abbildung 26:
Joint Layout innerhalb einzelner Geometrie



Quelle: Eigene Aufnahme

In den primären Bereichen der Augenlider und des Mundes wurden ergänzend Ribbon basierte Deformationssysteme eingebaut (siehe Abbildung 27). Diese ermöglichen, komplexe Bewegungen flexibel und wiederkehrend gleich zu animieren. Dazu gehören Bewegungen wie das Blinzeln oder gezielte Lippenbewegungen. Anhand des Ribbons entsteht eine intuitive Bedienung dieser Bereiche, als mit einzelnen Joints.

Abbildung 27:
Verwendete Ribbon Systeme



Quelle: Eigene Aufnahme

Das Skinning der Geometrie zu den Joints verfolgte das Ziel, natürliche Übergänge zwischen den verschiedenen Bereichen im Gesicht zu erzeugen. Hierfür wurde eine ausgewogene Gewichtung angestrebt, um Volumenverlust zu minimieren und die charakteristischen Formen des Modells beizubehalten.

4.4.2 Blendshape-Based Rig

Das Blendshape-Based Facial Rig basiert auf einer Sammlung gezielt modellierter Gesichtsformen, die spezifische Bewegungen darstellen (siehe Abbildung 28, 29 und 30). Das Aussehen und die Auswahl der Formen orientieren sich an den Action Units des Facial Action Coding Systems als auch an dem vorher definierten Expression Sheet. Somit wird eine gleichbleibende stilistische Richtung sichergestellt.

Die priorisierten Gesichtsbereiche der Augenlider, der Augenbrauen und des Mundes wurden in mehrere funktionale Blendshapes unterteilt. Dies ermöglicht eine Flexibilität in der Ausdrucksform der jeweiligen Bereiche. Andere Bereiche des Systems wurden hingegen nur mit einzelnen Blendshapes realisiert, um eine Übersichtlichkeit in der Handhabung des Systems beizubehalten.

Ähnlich wie bei dem Joints-Based System wurden für die Mastercontroller extra Funktionen hinterlegt, um Animationsprozesse zu vereinfachen. Hierfür wurden für die Mastercontroller extra Blendshapes erstellt.

Das Ansteuern der Blendshapes erfolgt entweder über eine direkte Verbindung zu den jeweiligen Controller Attributen oder durch das Nutzen von Driven Keys. Die direkte Verbindung ermöglicht mehr Flexibilität und wurde in den primären Bereichen des Gesichts verwendet. Die Driven Keys Verbindung lässt nur einen bestimmten Maximalwert zu und wurde somit an Stellen wie der Nase genutzt, um die Stilistik des Gesichts beizubehalten.

Abbildung 28:
Blendshapes des oberen Drittels des Gesichtes



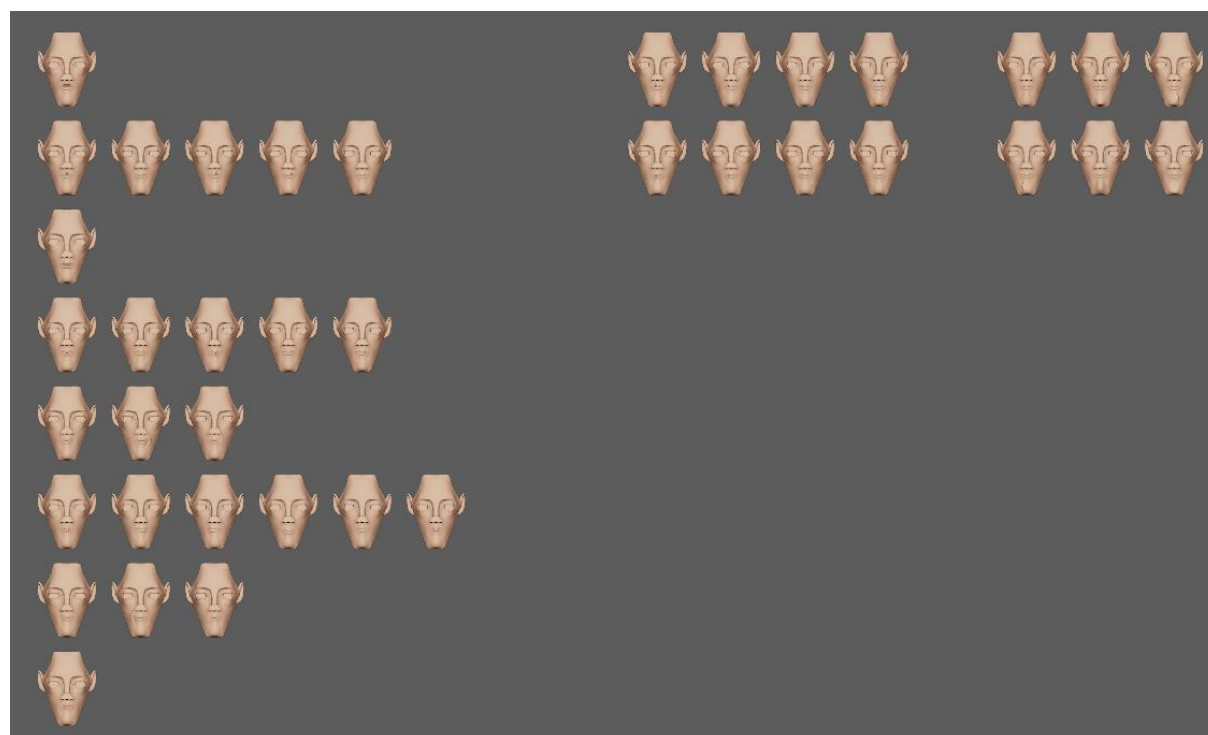
Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 29:
Blendshapes Mitte des Gesichtes



Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 30:
Blendshapes des unteren Drittels des Gesichts



Quelle: Eigene Aufnahme

4.5 Test der Systeme

Nach der Fertigstellung beider Facial-Rigging-Systeme wurden diese anhand der definierten Testszenarien untersucht.

Ziel der Tests ist es, die Systeme unter denselben Bedingungen gegenüberzustellen und eine vergleichbare Grundlage für die folgende Auswertung in Kapitel 5 zu schaffen.

4.5.1 Techniktest

Der Techniktest dient zur Überprüfung der grundsätzlichen technischen Umsetzbarkeit des hybriden Workflows. Als Grundlage dieses Tests dient eine Stop-Motion Animation, in der der Puppenkopf in verschiedenen Extrempositionen bewegt wird (siehe Abbildung 31). Diese Bewegung wurde digital von Fabian Willgart erfasst und daraufhin von mir mit den jeweiligen Facial-Rigging Systemen verbunden (siehe Abbildung 32 und 33). Dies ermöglicht identische Kopfbewegungen sowohl zu dem physischen Kopf als auch unter den jeweils unterschiedlichen Rigging Systemen. In der Postproduktion wurden beide Animationen mit der Stop-Motion Animation von Fabian Willgart verbunden.

Abbildung 31:
Standbild aus Stop-Motion Testanimation



Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 32:

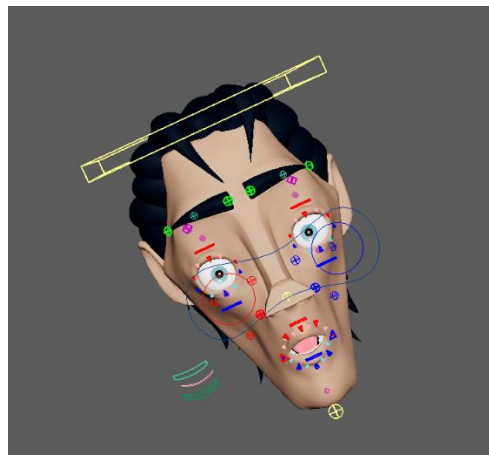
Track Geometrie



Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 33:

Track Geometrie und Verbindung mit dem Facial Rig



Quelle: Eigene Aufnahme

Um in diesem Schritt bereits mögliche Probleme innerhalb der Deformationen zu erkennen, wurden zwei stark ausgeprägte Gesichtsausdrücke animiert (siehe Abbildung 34 und 35).

Nach der Fertigstellung der Animation, wurden diese als Alembic-Datei exportiert und an die Postproduktion weitergegeben.

Abbildung 34:

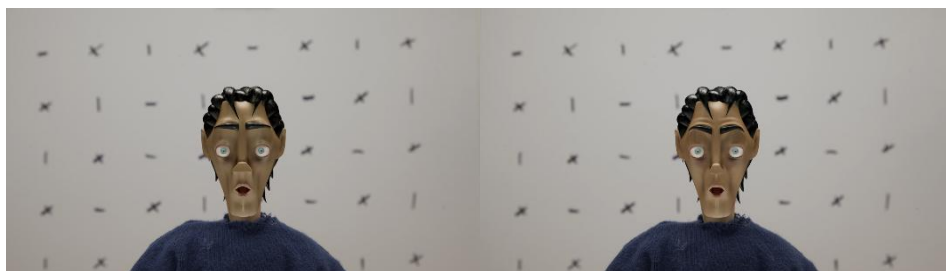
Erste extreme Position Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts



Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 35:

Zweite extreme Position Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts



Quelle: Eigene Aufnahme

4.5.2 Expression Test Animation

Der Expression Test dient ausschließlich dazu, die Ausdrucksmöglichkeiten der beiden Facial Rigging Systeme zu testen und gegenüberzustellen. Hierfür wurden als Grundlage der dargestellten Gesichtsausdrücke, die von Paul Ekkman definierten Basisemotionen verwendet (siehe Abbildung 36 bis 41). Diese wurden dann mit fließenden Übergängen innerhalb der Animation miteinander verbunden. Die Animation erfolgt ohne eine Verbindung mit einer zuvor animierten Stop-Motion Animation, um so den Einfluss äußerer Eindrücke ausschließen zu können.

Der Animationsprozess gliedert sich in mehrere Phasen. Zuerst entstand ein grobes Blocking, um die zentralen Gesichtsausdrücke zu definieren. Daraufhin folgte eine verfeinerte Blocking-Phase, um das Timing und die Übergänge festzulegen. Anschließend wurden die Animationen weiter ausgearbeitet und final verfeinert.

Um eine hohe Vergleichbarkeit zu schaffen, wurde dieselbe Kopfanimation auf die beiden Systeme übertragen, die in der Bewegung und im Timing identisch ist. Das Timing der Joint-Based Gesichtsanimation diente allgemein als zeitliche Referenz. Die Keyframes wurden nach der 2. Phase des Animationsprozesses auf das Blendshape-Based-System übertragen und von hier an individuell angepasst.

Abbildung 36:

Darstellung Freude: Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts



Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 37:

Darstellung Überrascht Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts



Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 38:

Darstellung Ekel Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts



Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 39:

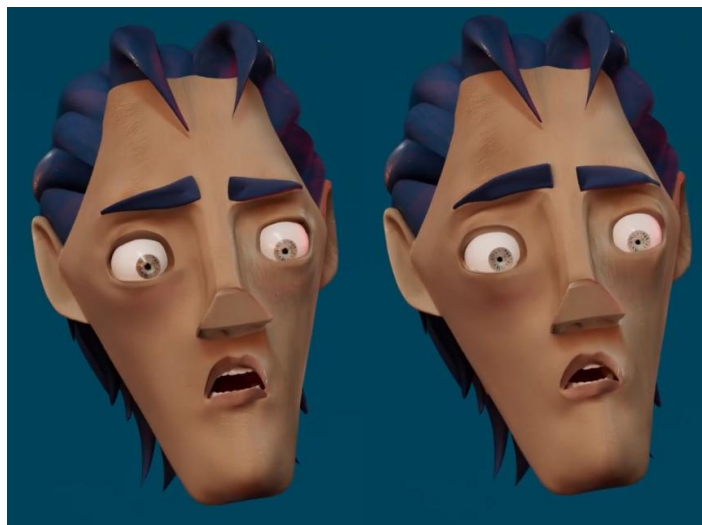
Darstellung Wut Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts



Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 40:

Darstellung Angst Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts



Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 41:

Darstellung Trauer Joint-Based Links, Blendshape-Based Rechts



Quelle: Eigene Aufnahme

4.5.3 Anwendung auf eine Filmszene

Nach Vollendung und Auswertung der Tests wurde das besser abschneidende Rigging System ausgewählt und exemplarisch auf eine Szene des Kurzfilms *ENOUGH* angewendet (siehe Abbildung 42).

Die hier vorher digital erfasste Kopfbewegung der Stop-Motion Animation dieser Szene diente hier ebenfalls als Basis der Kopfbewegungen für das digitale Facial Rigging System (siehe Abbildung 43).

Zur Unterstützung und Orientierung des Animationsprozesses wurde eine selbst aufgenommene Referenz verwendet. Diese dient als Grundlage des Timings der Gesichtsausdrücke. Diese Referenz ist dieselbe, die ebenfalls für die Stop-Motion Körperanimation verwendet wurde, um so ein Timing angepasstes Ergebnis zu erlangen.

Die Herangehensweise des Animationsprozesses folgte dabei einem etablierten Vorgehen in verschiedenen Phasen. Anfangs sind Schlüsselposen definiert worden, die dann durch ein grobes Blocking verfeinert wurden. Daraufhin folgte ein genaueres Blocking, das bis hin zur finalen Animation ausgearbeitet wurde.

Abbildung 42:

Szene aus dem Film *ENOUGH* ohne CGI Integration



Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 43:

Szene aus dem Film *ENOUGH* mit CGI Integration



Quelle: Fabian Willgart

5. Ergebnisse

Dieses Kapitel stellt die Ergebnisse der im Kapitel 4 beschriebenen Untersuchungen dar. Die Auswertung erfolgt anhand der zuvor definierten Bewertungsmatrix und teilt sich in einen Techniktest und einen Expression Test auf. Anschließend wird die Anwendung des ausgewählten Systems innerhalb einer Filmszene des Kurzfilms *ENOUGH* betrachtet.

Ziel der Ergebnisdarstellung ist es, die beiden untersuchten Facial Rigging Systeme systematisch miteinander zu vergleichen und Unterschiede in technischer Umsetzbarkeit, Ausdrucksstärke sowie Handhabung während des Animationsprozesses transparent darzustellen. Die Bewertung beider Facial Rigging Systeme erfolgt vergleichend und dient als Grundlage für die in Kapitel 6 vorgenommene Interpretation.

5.1 Ergebnisse des Techniktests

Der Techniktest diente als Proof of Concept für den in dieser Arbeit untersuchten hybriden Workflow und hat das Ziel, die grundlegende technische Umsetzbarkeit der beiden Rigging-Systeme unter realistischen Produktionsbedingungen zu überprüfen. Bewertet wurden die Kriterien des Setup-Aufwands, der Fehleranfälligkeit während des Erstellens der beiden Rigging Systeme, der Deformationsqualität erster Extreimbewegungen und der Integrationsfähigkeit in die Produktionspipeline (siehe Tabelle 2).

In Bezug auf den Setup-Aufwand wurde deutlich, dass beide Facial Rigging Systeme einen ähnlichen zeitlichen Aufwand bei deren Erstellung benötigen. Trotz des hohen Aufwands während der Erstellung der verschiedenen Blendshapes für das Blendshape-Based System, wies das Joint-Based System einen erhöhten Planungsaufwand. Im weiteren Verlauf der Tests erwies sich dieser erhöhte Aufwand als vorteilhaft, da so ein organisches Deformationsergebnis erzielt werden konnte.

Die Fehleranfälligkeit während der Erstellung der beiden Facial Rigging Systeme unterschied sich deutlich. Dadurch, dass das Joint-Based System mit viel Planung in Bezug auf Jointplatzierung und Skinning Gewichtung einhergeht, mussten verschiedene Ansätze getestet werden, bis ein funktionierendes Ergebnis zustande gekommen ist. Das Blendshape-Based

System wies während des Erstellens weniger Fehler auf, aber zeigte im weiteren Verlauf der Tests, beim Kombinieren der verschiedenen Blendshapes Deformationsfehler auf. Dies ist auf das additive Verhalten der Blendshapes zurückzuführen. Diese Fehler konnten nur bis zu einem bestimmten Grad, aufgrund von zeitlichen Beschränkungen, behoben werden.

Bei der Untersuchung der Deformationsqualität innerhalb der Extreimbewegungen waren leichte Unterschiede erkennbar. Im Bereich der Augenlider gab es wesentliche Unterschiede darin, wie sich diese deformieren. Das Joint-Based System ermöglicht saubere Kurven in der Darstellung, während das Blendshape-Based System Probleme damit hat (siehe Abbildung 44).

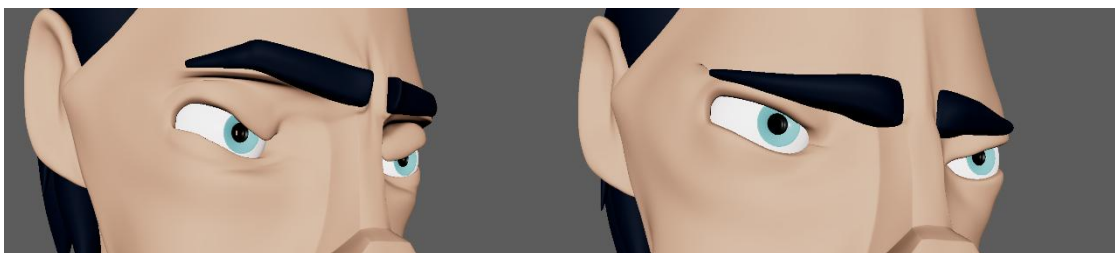
Im Bereich der Augenbrauen gab es gleichermaßen klare Deformationsprobleme. Das Joint-Based System hat beim Herunterbewegen der Augenbraue am Ende dieser eine harte Kante erzeugt, die beim Blendshape-Based System so nicht zu sehen ist. Ebenso schaut die Augenbrauengeometrie bei dieser Bewegung heraus, was beim Blendshape-Based System gezielt umgangen werden konnte (siehe Abbildung 44). Diese Probleme im Joint-Based System wurden in der Korrekturphase erfolgreich behoben.

Innerhalb der Mundpartie sind ebenfalls kleine Unterschiede aufzuzeichnen. Bei einer starken Kieferöffnung hat die Geometrie der oberen Zähne bei dem Joint-Based System herausgeschaut, was beim Blendshape-Based System nicht der Fall war (siehe Abbildung 45). Dies konnte jedoch durch eine Anpassung innerhalb des Skinings behoben werden.

Ein Link zum kompletten Video des Techniktests ist im ersten Teil des Anhangs dieser Arbeit zu finden (siehe Anhang 1).

Abbildung 44:

Deformation Augenlider Blendshape-Based Links, Joint-Based Rechts



Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 45:
Deformation Kiefer Blendshape-Based Links, Joint-Based **Rechts**



Quelle: Eigene Aufnahme

Im Kontext der Integration des hier verwendeten hybriden Workflows erwiesen sich beide Systeme als kompatibel. Notwendige Anpassungen, wie das Implementieren einer globalen Skalierung, um die Skalierung des Rig mit der Geometrie der Tracking Datei abzustimmen, ließen sich ohne Probleme integrieren.

Zusammenfassend zeigte der Techniktest, dass beide Systeme für den Einsatz innerhalb eines hybriden Workflows geeignet sind. Das Joint-Based System zeigt jedoch, trotz erhöhtem Setup-Aufwand, ein höheres Maß an Flexibilität, was sich positiv auf die spätere Animationsphase auswirkt.

5.2 Expression Test

Der Expression Test verfolgte das Ziel, die gestalterischen Möglichkeiten beider Facial Rigging Systeme anhand definierter Gesichtsausdrücke zu evaluieren.

Die Auswertung erfolgt auf der Basis der Kriterien Nähe zum Expression Sheet, Ausdrucksstärke, Kontrolle einzelner Gesichtsbereiche sowie Fehleranfälligkeit der Deformationen (siehe Tabelle 2).

In Bezug auf die Nähe zum Expression Sheet wiesen beide Facial Rigging Systeme vergleichbare Ergebnisse auf. Die definierten Basisemotionen konnten von beiden Systemen reproduziert werden. Unterschiede traten jedoch in der Abstimmung einzelner Ausdruckselemente auf. Während das Blendshape-Based System eine gezielte Steuerung der Faltenbildung ermöglicht (siehe Abbildung 46), führte dies in bestimmten Emotionen zu Darstellungsproblemen innerhalb bestimmter Emotionen. Im Fall der Darstellung der Trauer hat dies zu ungewollt starken Deformationen in der Mundpartie geführt (siehe Abbildung 47).

Abbildung 46:

Gegenüberstellung Faltenbildung Augenbrauen Links Blendshape-Based, Rechts Joint-Based



Quelle: Eigene Aufnahme

Abbildung 47:

Gegenüberstellung Faltenbildung Trauer - Links Blendshape-Based, Rechts Joint-Based



Quelle: Eigene Aufnahme

Deutliche Unterschiede traten in der Ausdrucksstärke und der Kontrolle einzelner Gesichtsbereiche auf. Das Joint-Based System ermöglichte durch die Transformationsmöglichkeiten der Joints eine flexible und präzise Steuerung der Mimik. Dies erlaubt es, klare Übergänge zwischen den Emotionen präzise umzusetzen.

Das Blendshape-Based System war in seiner Ausdrucksstärke stärker an die vorher erstellten Blendshapes gebunden. Entsprechend führten die Übergänge zwischen den Emotionen teilweise zu unerwünschten Deformationen. Dies ist auf das additive Verhalten der Blendshapes zurückzuführen und konnte nur eingeschränkt korrigiert werden. Daraus resultierte eine geringere Flexibilität während des Animationsprozesses.

Im Hinblick auf die Fehleranfälligkeit der Deformationen zeigte sich, dass das Joint-Based System nach der Korrektur stabilere Ergebnisse lieferte, während das Blendshape-Based System bei der Kombination von verschiedenen Bewegungen zu sichtbaren Artefakten neigte.

Insgesamt verdeutlicht der Expression Test, dass das Joint-Based System besonders in Bezug auf Flexibilität während des Animationsprozesses Vorteile bietet, während das Blendshape-Based System bei der Darstellung der Basisemotionen konsistente, aber weniger anpassungsfähige Ergebnisse liefert.

Ein Link zum kompletten Video des Expression Tests ist im zweiten Teil des Anhangs dieser Arbeit zu finden (siehe Anhang 1).

Tabelle 2

Ergebnisse der Tests in der Bewertungsmatrix

Kriterium	Beschreibung	Joint-Based System	Blendshape-Based System
Nähe zum Expression Sheet	Von 1 niedrig bis 5 hoch	3	4
Ausdrucksstärke	Von 1 niedrig bis 5 hoch	5	4
Kontrolle einzelner Gesichtsbereiche	Möglichkeit zur gezielten Steuerung der einzelnen Bereiche. Von 1 niedrig bis 5 hoch	5	3
Fehleranfälligkeit Deformationen	Von 5 niedrig bis 1 hoch	4	3
Setup Aufwand	Zeitlicher und technischer Aufwand zur Erstellung des Facial Rigs Von 1 niedrig bis 5 hoch	4	3,5
Integration hybrider Workflow	Von 1 niedrig bis 5 hoch	5	5
Fehleranfälligkeit während erstellen des Rigging Systems	Von 1 niedrig bis 5 hoch	4	3
Gesamtbewertung		30	25,5

5.3 Anwendung im Film

Auf Basis der Ergebnisse des Techniktests und des Expression Tests wurde das Joint-Based Facial Rigging System für die Anwendung in einer Filmszene des Kurzfilms *ENOUGH* ausgewählt.

Die Anwendung erfolgte innerhalb der vorher definierten hybriden Produktionspipeline und basierte auf einer im Voraus animierten Stop-Motion Körperanimation. Die digital erfassten Kopfbewegungen der Stop-Motion Animation wurden mit dem Joint- Based System Rig verbunden, um eine gleiche Bewegungsbasis zu schaffen.

Ziel dieser Anwendung war es, konkret die Praxistauglichkeit des Systems unter realistischen Produktionsbedingungen zu überprüfen und die zuvor erlangten Ergebnisse in einem konkreten Filmbeispiel zu kontrollieren.

Während der Umsetzung zeigte sich, dass das Joint-Based System eine flexible Anpassungsmöglichkeit aufweist, die sich konkret in den Partien der Augen und des Mundes äußerte. Anhand des Joint-Based Systems ließ sich die gewünschte Ausdrucksstärke umsetzen, ohne dabei die charakteristischen Formen des Charakterdesigns zu verlieren.

Die Möglichkeit, mimische Bewegungen subtil und flexibel nachjustieren zu können, erwies sich als klarer Vorteil innerhalb des hier verwendeten hybriden Workflows. Anpassungen konnten konkret auf die Stop-Motion Animation angepasst und während des Animationsprozesses flexibel korrigiert werden.

Aus der erfolgreichen Anwendung des Joint-Based Systems in der genutzten Filmszene resultiert die Eignung des Systems für das Erstellen finaler Gesichtsanimationen in einer hybriden Stop-Motion Produktion.

Ein Link zum kompletten Video der Animation ist im dritten Teil des Anhangs dieser Arbeit zu finden (siehe Anhang 1).

6. Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Untersuchung interpretiert, reflektiert und in einen fachlichen Kontext eingeordnet. Ebenfalls werden die Grenzen der Arbeit aufgezeigt und Implikationen für zukünftige Produktionen diskutiert.

6.1 Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass sowohl Joint-Based als auch Blendshape-Based Facial Rigging Systeme grundsätzlich für den Einsatz innerhalb eines hybriden Stop-Motion Workflows geeignet sind. Dennoch zeigen beide Systeme konkrete Unterschiede in Bezug auf Ausdrucksstärke, Flexibilität und Produktionspraxis.

Das Joint-Based System erwies sich in Bezug auf subtile und kombinierbare Gesichtsausdrücke als vorteilhaft. Die Transformationseigenschaften der Joints und der verwendeten Ribbon Systeme bieten eine flexible Basis, auch wenn dies mit einem hohen Planungsaufwand verbunden ist. Dies ist auf die Platzierung der Joints und der Systeme zurückzuführen, ermöglichen dennoch eine präzise Anpassung der Mimik ermöglicht. Dies hat im Kontext für den Kurzfilm *ENOUGH* eine besondere Relevanz, da so die Möglichkeit gewährleistet wird, Emotionen klar ohne Dialog vermitteln zu können.

Das Blendshape-Based System zeigte hingegen Stärken in der konsistenten Darstellung der vorher definierten Gesichtsausdrücke. Es bietet die Möglichkeit, die Deformationen klar zu steuern, benötigt aber ein hohes Maß an Abstimmung mit verschiedenen Blendshape Kombinationen. Aufgrund dessen traten Deformationsprobleme auf, die nur mit einem erhöhten Korrekturaufwand behoben werden konnten.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Wahl des geeigneten Facial Rigging Systems stark von den stilistischen und produktionstechnischen Anforderungen eines Projektes abhängt. Blendshape-Based Systeme können durch die Kontrolle der erlangten Deformationen im stärker stilistischen Kontext Vorteile bieten, während das Joint-Based System durch die transformativen Möglichkeiten der Joints eine Flexibilität ermöglicht, um subtile Gesichtsanimationen erzielen zu können.

Im Kontext des untersuchten hybriden Workflows zeigt sich, dass das Joint-Based System die Stärken der digitalen Gesichtsanimation effektiv mit der Ästhetik der Stop-Motion Animation verbindet und somit einen praktischen Ansatz für zukünftige hybride Produktionen darstellt.

6.2 Grenzen der Arbeit

Die hier vorliegende Arbeit weist mehrere Einschränkungen auf. Die Ergebnisse sind stark projektbezogen und lassen sich somit nicht konkret auf andere Projekte übertragen. Unterschiede in der Stilistik, der Gestaltung des Charakterdesigns oder im Produktionsumfang können abweichende Ergebnisse erzielen.

Eine wesentliche Einschränkung dieser Arbeit liegt in der zeitlichen Limitation der Entwicklung beider Facial Rigging Systeme. In professionellen Produktionskontexten werden Facial Rigging Systeme gezielt über längere Zeiträume entwickelt, getestet und optimiert, um eine höchstmögliche Ausdrucksstärke zu erreichen.

Im Rahmen dieser Arbeit standen zur Umsetzung der Facial Rigging Systeme jeweils eine Woche zur Verfügung und eine zusätzliche Woche für Korrekturen. So konnten die Systeme zwar auf die Stilistik und Anforderungen des Kurzfilms abgestimmt werden, sind aber nicht in dem Umfang verfeinert, wie es in produktionsreifen Rigs üblich wäre.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind daher nicht als absolut zu betrachten, sondern als vergleichende Untersuchung ihrer allgemeinen Eignung innerhalb eines hybriden Stop-Motion Workflows.

Unabhängig davon wurden beide Rigging-Systeme von derselben Person erstellt und animiert. Subjektive Präferenzen oder Erfahrungen könnten die Bewertung beeinflusst haben. Eine Bewertung von mehreren Animator*innen könnte zu einem anderen Ergebnis führen.

6.3 Implikationen für zukünftige Produktionen

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass digitale Facial Rigging Systeme ein hohes Potenzial besitzen, sie in einem hybriden Workflow für finale Gesichtsanimationen zu nutzen. Dies trifft besonders auf Projekte zu, die eine hohe Anforderung an die emotionale Ausdruckstärke haben und realistische Bewegungsabläufe innerhalb des Gesichts anstreben.

Für zukünftige Produktionen lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass bereits früh in der Projektplanung entschieden werden sollte, ob digitale Gesichtsanimation als Lösung in Betracht kommen würden. Insbesondere bei stark emotional geprägten Erzählformen kann ein hybrider Ansatz die Möglichkeiten innerhalb der Animation erweitern, ohne die Ästhetik des Stop-Motion Mediums komplett zu verlieren.

Abseits davon zeigen die Ergebnisse, dass digitale Facial Rigging Systeme bei begrenzten Produktionsressourcen eine flexible Lösung sein können. Sie bieten einen hohen Grad an Flexibilität und realistischen Deformationsergebnissen, ohne ein hohes Maß an Materialkosten zu beanspruchen. Die Möglichkeit, die Gesichtsanimation während des Prozesses anpassen zu können, reduziert den Planungsdruck während des Animierens der Stop-Motion-Animation und während des Umsetzens der digitalen Gesichtsanimation.

Die hier gewonnenen Erkenntnisse können dementsprechend als Orientierung für vergleichbare Produktionen verwendet werden, ersetzen dennoch keine projektspezifische Einschätzung der gestalterischen und technischen Anforderungen eines individuellen Projektes.

7. Fazit

Ziel dieser Arbeit war es, die Eignung digitaler 3D Facial Rigging Systeme für die finale Gesichtsanimation innerhalb eines hybriden Stop-Motion Workflows zu untersuchen. Im Fokus der Untersuchungen stand der systematische Vergleich des Joint-Based Systems und des Blendshape-Based Systems. Diese Systeme wurden unter Berücksichtigung technischer, gestalterischer und produktioneller Kriterien untersucht. Das besser geeignete System wurde anschließend für die Umsetzung finaler Gesichtsanimationen, aus einer Szene des Kurzfilms *ENOUGH*, genutzt.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass beide Systeme grundsätzlich für die Nutzung innerhalb des hier getesteten hybriden Workflows geeignet sind, dennoch aber klare Unterschiede zu verzeichnen sind. Gerade in den Bereichen der Ausdrucksstärke, Deformationsergebnissen, Flexibilität und Handhabung während des Animationsprozesses.

Das Blendshape-Based System zeigte seine Stärken, in der Möglichkeit, die Deformationen der Geometrie gezielt steuern zu können und so nah am Charakterdesign zu bleiben. Daraus ergab sich aber ein erhöhter Produktionsaufwand, da die einzelnen Blendshapes in der Kombination mit anderen aufeinander abgestimmt werden müssen.

Das Joint-Based System erwies sich in der Gegenüberstellung als besonders flexibel und anpassungsfähig. Anhand der Transformationsmöglichkeiten der Joints und der Erweiterung durch die Ribbonsysteme konnte die Deformation der 3D Geometrie präzise gesteuert werden. Dieser Vorteil wurde vor allem während des Animationsprozesses deutlich. Entsprechend hat sich das Joint-Based System in der Verwendung für die Filmszene von *ENOUGH* als besonders geeignet erwiesen. Es konnte in die Szene integriert werden und erzielte den gewünschten Grad des Deformationsverhaltens. Die Integration in den Workflow bestätigt nochmals die Praxistauglichkeit der Joint-Based Systems innerhalb hybrider Stop-Motion Produktionen.

Die Arbeit verdeutlicht, dass digitale Facial Rigging Systeme nicht ausschließlich als Vorstufe für die Replacement Technik, sondern auch als eigenständige Methode zur Umsetzung von finalen Gesichtsanimationen genutzt werden können. Gerade das Joint-Based System bietet sich für die Kombination von realistischen Gesichtsdeformationen in Verbindung mit Stop-Motion animierten Körperbewegungen an.

Parallel dazu muss auch berücksichtigt werden, dass die erlangten Ergebnisse dieser Arbeit, auf einem zeitlich und stilistisch begrenzten Versuchdesign basieren.

Zukünftige Untersuchungen könnten hybride Rigging Ansätze oder optimierte Produktionspipelines einbeziehen, um weitere Erkenntnisse gewinnen zu können.

Zusammenfassend leistet diese Arbeit einen Beitrag zur Erforschung hybrider Animationsworkflows und zeigt eine praxisnahe Möglichkeit für den Einsatz digitaler Gesichtsanimation im Stop-Motion Kontext auf.

8. Literaturverzeichnis

Briggs, C. (2021). *An essential introduction to Maya character rigging* (2nd edition). CRC Press.

Classic Human Anatomy In Motion The Artist S Guide To The Dynamics Of Figure Drawing. (2015). <http://archive.org/details/classic-human-anatomy-in-motion-the-artist-s-guide-to-the-dynamics-of-figure-drawing>

Ekman, P., & Rosenberg, E. L. (2005). *What the Face Reveals: Basic and Applied Studies of Spontaneous Expression Using the Facial Action Coding System*. Oxford University Press.

Faigin, G. (1990). *The Artist's Complete Guide to Facial Expression by Gary Faigin*(1990-10-01). Watson-Guption.

Inglis, D., Bone, J., & Wilkie, R. (2005). *Nature: The nature of human nature*. Taylor & Francis.

O'Hailey, T. (2018). *Rig it right! Maya animation rigging concepts* (Second edition). CRC Press / Taylor & Francis Group.

Priebe, K. A. (2011). *The advanced art of stop-motion animation*. Course Technology Cengage Learning.

Priebe, K. A. (with Internet Archive). (2007). *The art of stop-motion animation*. Boston, MA : Thomson Course Technology PTR. <http://archive.org/details/artofstopmotiona0000prie>

Purves, B. J. (2014). *Stop-motion Animation: Frame by Frame Film-making with Puppets and Models*. A&C Black.

Ritchie, K., Callery, J., & Biri, K. (2006). *The Art of Rigging Volume 1 (A Definitive Guide to Chara... Book*. CG Toolkit www.cgtoolkit.com.

Shaw, S. (2012). *Stop Motion: Craft Skills for Model Animation*. Focal Press.

8.1 Online Quellen

antCGi (Regisseur). (2019, Januar 8). *Face Rigging in Maya—Part 2* [Video recording].

https://www.youtube.com/watch?v=oOQliul_d3U

Creating Stylized Facial Rigs for Production in Maya. (o. J.). [Video recording]. Abgerufen 9.

Januar 2026, <https://www.thegnomonworkshop.com/workshops/creating-stylized-facial-rigs-for-production-in-maya>

Joints and bones. (o. J.). Abgerufen 9. Januar 2026, von

http://download.autodesk.com/global/docs/maya2014/en_us/files/CSS_Joints_and_bones.htm

8.2 Filme

Annable, G., & Stacchi, A. (Regisseure). (2014, Oktober 23). *The Boxtrolls* [Video recording]. Focus Features, Laika Entertainment.

Box, S., & Park, N. (Regisseure). (2005, Oktober 13). *The Curse of the Were-Rabbit* [Video recording]. DreamWorks Animation, Aardman Animations.

Burton, T., & Johnson, M. (Regisseure). (2005, November 3). *Corpse Bride* [Video recording]. Warner Bros., Tim Burton Productions, Laika Entertainment.

Carmen, R. D., & Docter, P. (Regisseure). (2015, Oktober 1). *Inside Out* [Video recording]. Walt Disney Pictures, Pixar Animation Studios.

Gross, L. (Regisseur). (2009, Juli 21). *Coraline: The Making of „Coraline“* [Video recording]. L.E.G. Productions Inc.

Hill, T. (Regisseur). (2020, November 5). *The SpongeBob Movie: Sponge on the Run* [Video recording]. Paramount Animation, Nickelodeon Movies, Media Rights Capital (MRC).

Horvath, A., Jelenic, M., & Leduc, P. (Regisseure). (2023, April 5). *The Super Mario Bros. Movie* [Video recording]. Universal Pictures, Nintendo, Illumination Entertainment.

Inside the Two Worlds of „The Corpse Bride“. (2006, Januar 31). [Video recording]. Hurwitz Creative.

Lavis, C., & Szczerbowski, M. (Regisseure). (o. J.). *Madame Tutli-Putli* [Video recording]. National Film Board of Canada (NFB).

Lord, P., & Newitt, J. (Regisseure). (2012, März 29). *The Pirates! In an Adventure with Scientists!* [Video recording]. Columbia Pictures, Sony Pictures Animation, Aardman Animations.

Overton, A., Linke, C., & Yee, A. (Writers)Charrue, P., & Delord, A. (Regisseure). (2021, November 13). Everybody Wants to Be My Enemy [Broadcast]. In *Arcane*.

Persichetti, B., Ramsey, P., & Rothman, R. (Regisseure). (2018, Dezember 13). *Spider-Man: Into the Spider-Verse* [Video recording]. Columbia Pictures, Marvel Entertainment, Avi Arad Productions.

Rianda, M., & Rowe, J. (Regisseure). (2021, April 30). *The Mitchells vs the Machines* [Video recording]. Columbia Pictures, Lord Miller, One Cool Film Production.

Selick, H. (Regisseur). (1994, Dezember 8). *Tim Burton's the Nightmare Before Christmas* [Video recording]. Walt Disney Pictures, Touchstone Pictures, Tim Burton Productions.

Selick, H. (Regisseur). (2009, August 13). *Coraline* [Video recording]. Focus Features, Laika Entertainment, Pandemonium.

Templeton, S. (Regisseur). (2008, Februar 15). *Peter & the Wolf* [Video recording]. Breakthru Films, Se-ma-for Studios, Channel 4 Television Corporation.

The Making of Tim Burton's 'The Nightmare Before Christmas' (2003, Oktober 15). [Video recording]. TV is OK Productions, Buena Vista Home Entertainment.

8.3 Serien

Filoni, D. (Writer) Filoni, D., & Villanueva, N. (Regisseure). (2020, April 24). The Phantom Apprentice [Broadcast]. In *Star Wars: The Clone Wars*.

Griggs, C., & Gelatt, P. (Writers) Pennacchioli, G., & Yeo, J. (Regisseure). (2019, März 15). Helping Hand [Broadcast]. In *Love, Death & Robots*.

Lansdale, J. R., & Gelatt, P. (Writers) Pennacchioli, G., & Gracia, J. R. (Regisseure). (2019, März 15). The Dump [Broadcast]. In *Love, Death & Robots*.

McHale, P., Ojari, D., & Please, M. (Regisseure). (2024, November 3). *Over the Garden Wall: 10th Anniversary Tribute* [Video recording]. Aardman Animations, Cartoon Network.

Overton, A., Linke, C., & Yee, A. (Writers) Charrue, P., & Delord, A. (Regisseure). (2021, November 13). Everybody Wants to Be My Enemy [Broadcast]. In *Arcane*.

9. Anhang

Anhang 1: Facial Rig Animationen

Link zum YouTube Video: <https://youtu.be/Emgkx9cOQSI>

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst habe. Wörtliche übernommene Sätze oder Satzteile sind als Zitat belegt, andere Anlehnungen, hinsichtlich Aussage und Umfang, unter Quellenangabe kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen und ist nicht veröffentlicht. Zudem versichere ich, dass die von mir abgegebenen Versionen der vorliegenden Arbeit mit der abgegebenen elektronischen Version inhaltlich übereinstimmen wird.

Detmold, 13.01.2026

Ort, Datum

Unterschrift (Jessica Benske)