





Volker Helzle Kai Götz

Digitale Darsteller in dokumentarischen Filmproduktionen

Berichte aus dem Karl-Steinbuch-Forschungsprogramm Nr. 11





Digitale Darsteller in dokumentarischen Filmproduktionen

11

Impressum

Herausgeber: MFG Stiftung Baden-Württemberg Breitscheidstraße 4 70174 Stuttgart Tel. +49 711.90 715 300 Fax +49 711.90 715 350

Ansprechpartnerin: Dr. Andrea Buchholz buchholz@mfg.de

© MFG Stiftung Baden-Württemberg 2018 – http://stiftung.mfg.de

Gestaltung: Ingo Juergens, Südgrafik

Zusammenfassung

Die Forschungsabteilung des Animationsinstituts an der Filmakademie Baden-Württemberg produzierte eine Web-Serie, in der Albert Einstein als digitale Figur mit überzeugender menschlicher Mimik zu sehen ist. Auch wenn computergenerierte Kreaturen heutzutage allgegenwärtig sind, gilt die Erstellung digitaler Figuren für dokumentarische Inhalte als wenig praktikabel, geht doch die Produktion vor allem bei menschlichen Abbildern mit einem erheblichen Aufwand einher. Unser Projekt erforscht moderne technische Ansätze zur Generierung digitaler Gesichter und stellt eine Produktionspipeline vor, durch die es möglich ist, in kurzer Produktionszeit und mit überschaubaren Ressourcen fotorealistische menschliche Gesichter anhand historischer Vorbilder zu erschaffen. In einer umfangreichen Kurzfilmproduktion konnte diese Pipeline zum Einsatz gebracht und eingehend getestet werden. Eine abschließende quantitative Analyse der produzierten Inhalte unterstreicht die Tauglichkeit und das Potential unseres Ansatzes, zeigt aber auch Limitationen auf.

Inhalt

	Zusar	mmenfassung	3
1	Einleitung		
2	Projel	ktziel	7
3	Digita 3. 1 3. 2	ale Darsteller Beispiele ———————————————————————————————————	8 10
4	Vorpr 4.1 4.2 4.3	roduktion Auswahl der passenden menschlichen Figur Drehbuchentwicklung für einen 60-Sekünder Initiale Testphase und Festlegung auf Produktionsweise	
5	Produ 5.1 5.2 5.3	Erstellung der virtuellen Figur als haptische Büste Erstellung des virtuellen Abbildes Digitaler Bewegungsapparat (Rig) 5. 3. 1 AFS Rig 5. 3. 2 Individuelle Masken 5. 3. 3 Haut Simulation (Skin Sliding) 5. 3. 4 Augenlider 5. 3. 5 Realistische Lippen 5. 3. 6 Zunge und Mund-Innenraum	—— 15 —— 16 —— 18 19 23 24 25 26 27

	5.4	Dreh —	28
	5. 5	Shot-Produktion ————————————————————————————————————	
		5. 5. 1 Erfassen der Kopfbewegung5. 5. 2 Animation5. 5. 3 Compositing	31 32 34
0	Evalu	uation	
	6.1	Quantitative Evaluation	37
	6.2	Weiteres Feedback	39
7	Orga	anisation und Dissemination	
	7. 1	Projektmanagement —	40
	7. 2	Dissemination	41
Q			
O	Ausb	plick	43
	Litera	aturverzeichnis	44
	Dank	ksagung	45

Einleitung

Digital erstellte Charaktere begegnen uns in Filmen und Serien immer häufiger und übertreffen sich dabei ständig in Qualität und Screen-Time. Während computergenerierte, nicht-menschliche Kreaturen besonders aus Filmen mit einem hohen Anteil visueller Effekte schon längst nicht mehr wegzudenken sind, erlauben moderne Scan-, Rendering- und Capture-Verfahren erstmals die Erstellung fotorealistischer menschlicher Figuren. Diese digitalen Darsteller verdeutlichen nicht nur das Potential moderner Produktionsverfahren, sondern können tatsächlich einen wichtigen narrativen Beitrag leisten, Tote zum Leben erwecken und Menschen altern lassen oder verjüngen. Imitieren sie ein reales Konterfei, erreichen sie dabei schon lange nicht mehr nur einen gewissen Grad an Ähnlichkeit, sondern erschaffen lebensechte Ebenbilder (Seymour, MPC Replicating Rachael in Blade Runner 2049, 2017).

Projektziel

Das Ziel unseres Projekts war eine exemplarische Kurzfilmproduktion in Serienform, eine Art Video Blog, in dem Albert Einstein als historische Persönlichkeit mit digital erstellter, aber überzeugender Mimik auftaucht und sich regelmäßig mit universellen Weisheiten, berühmten Zitaten und gelegentlichen Kommentaren zum aktuellen Weltgeschehen zurückmeldet.

Ein solcher Einsatz in einem eher dokumentarischen Format erschien uns besonders reizvoll. Doku-fiktionale Inhalte oder Re-Enactments erfreuen sich großer Beliebtheit (Genius, 2018) und erreichen durch den Einsatz digitaler Abbilder historischer Persönlichkeiten einen neuen Grad an Authentizität. Zudem verlangen sie nach einer Produktionsweise, die sich deutlich von der Arbeit an einem Spielfilm unterscheidet. Das Budget ist hier vergleichsweise gering und somit sind Produktionszeit und Ressourcen reduziert. Wir wollten herausfinden wie weit ein kleines Team mit beschränkten finanziellen Mitteln in einem überschaubaren Zeitraum beim Erstellen digitaler Gesichter und deren Kombination mit Live-Action-Material kommt.

Darüber hinaus sollte eine Pipeline entwickelt werden, die es erlaubt, in schneller Folge neue Episoden dieser Kurzfilmserie zu produzieren. Wir umgingen einen reinen Capturing-Ansatz, in dem das Schauspiel vom Set unmittelbar auf die digitale Figur übertragen oder die Mimik aus den Scan-Daten bezogen wird, und verfolgten einen halbautomatischen Prozess, der gestalterische und künstlerische Eingriffe nicht nur erlaubt sondern explizit vorsieht. Da es im Fall von Albert Einstein an Bewegtbild-Referenzen mangelt, eignete sich ein solcher, eher kreativer Ansatz besonders.

Digitale Darsteller

Digital erstellte Charaktere begegnen uns in Filmen und Serien immer häufiger und übertreffen sich dabei ständig in Qualität und Screen-Time. Während computergenerierte, nicht-menschliche Kreaturen besonders aus Filmen mit einem hohen Anteil visueller Effekte schon längst nicht mehr wegzudenken sind, erlauben moderne Scan-, Rendering- und Capture-Verfahren erstmals die Erstellung fotorealistischer menschlicher Figuren. Diese digitalen Darsteller verdeutlichen nicht nur das Potential moderner Produktionsverfahren, sondern können tatsächlich einen wichtigen narrativen Beitrag leisten, Tote zum Leben erwecken und Menschen altern lassen oder verjüngen. Imitieren sie ein reales Konterfei, erreichen sie dabei schon lange nicht mehr nur einen gewissen Grad an Ähnlichkeit, sondern erschaffen lebensechte Ebenbilder (Seymour, MPC Replicating Rachael in Blade Runner 2049, 2017).

3.1 **Beispiele**

Ein wichtiger Meilenstein bei der Etablierung digitaler Darsteller war der Film "Final Fantasy: Die Mächte in Dir' (Wikipedia, Final Fantasy: Die Mächte in dir, 2001) aus dem Jahr 2001. In dem abendfüllenden Science-Fiction Film agierten erstmals, durch Computergrafik realisiert, menschliche digitale Figuren. Die Reaktionen auf den Film waren sehr geteilt. Bei Produktionskosten von 130 Millionen US-Dollar und Einnahmen von rund 85 Millionen US-Dollar wurde der Film ein kommerzieller Misserfolg. In diesem Zusammenhang wurde auch erstmals der aus der Robotik stammende Begriff Uncanny Valley (Wikipedia, Uncanny Valley, 2018) in Verbindung mit computergenerierten Inhalten verwendet. Vor allem Standbilder der menschlichen Akteure wirkten durchaus glaubhaft. In Bewegung konnten diese digitalen Darsteller, vor allem in der Mimik, jedoch noch nicht vollständig überzeugen. "Final Fantasy: Die Mächte in Dir' stellt dennoch einen wichtigen Meilenstein dar, realistische künstliche Darsteller in filmischen Produktionen zu inszenieren.

Der US-amerikanische Regisseur und Filmproduzent Robert Zemeckis ist bekannt durch Filme wie 'Zurück in die Zukunft' oder 'Forrest Gump'. Zu seinen neueren Werken zählen auch einige vollständig computeranimierte Filme, in denen sehr realistische Menschen die Hauptrollen spielen. 'Der Polarexpress' (Wikipedia, Der Polarexpress, 2004) wurde per Motion Capture komplett computeranimiert hergestellt. Die Hauptrolle und alle Nebenfiguren wurden von Tom Hanks gespielt. Nach 'Die Legende von Beowulf' (Wikipedia, Die Legende von Beowulf, 2007) entstand 'Charles Dickens' Disneys Eine Weihnachtsgeschichte' (Wikipedia, Charles

Dickens' Disneys Eine Weihnachtsgeschichte, 2009) ebenfalls in reiner Computerarbeit mit gleicher Technik. In diesem Film fungierte Jim Carrey als menschliches Vorbild für die künstlich generierte Computerfigur. Auch diese Reihe von Filmen konnte die Erwartungen des Fachpublikums an realistische humanoide CG-Dar-

steller nicht vollständig erfüllen.



ABB.1 Gollum aus ,Herr der Ringe' (Foto: New Line. All rights reserved)

Ein großer Meilenstein in der Umsetzung einer menschenähnlichen Figur war die Kreatur Gollum in 'Der Herr der Ringe: Die zwei Türme' (Wikipedia, Der Herr der Ringe: Die zwei Türme (Film), 2002) und 'Der Herr der Ringe: Die Rückkehr des Königs' (Wikipedia, Der Herr der Ringe: Die Rückkehr des Königs (Film), 2003). Gollum ist zwar nicht vollständig menschlich, bedient sich aber bei Mimik und Emotionen eindeutig menschlichen Vorbildern und erreichte so das Publikum auf bis dahin nicht gekannte Weise. Die Proportionen von Gollum erinnern etwas an das Kindchenschema (Wikipedia, Kindchenschema, 2018), welches bei Menschenkindern und bei Jungtieren vorkommende kindliche Proportionen, vor allem auch bestimmte Gesichtszüge beschreibt. Die großen Augen und die hohe Stirn (Abbildung 1) sind Beispiele hierfür.

Als weiteren wichtigen Meilenstein bei der Umsetzung realistischer digitaler Schauspieler setzte 2008 der Film 'Der seltsame Fall des Benjamin Button' (Wikipedia, Der seltsame Fall des Benjamin Button, 2008) neue Maßstäbe. Die digital gealterte Erscheinung des Benjamin Button, gespielt vom US-amerikanischen Schauspieler Brad Pitt, überzeugte selbst die letzten Kritiker, die den prinzipiellen Einsatz von Technologie zur Umsetzung einer nichtexistierenden Person grundsätzlich anzweifelten. Bei dieser Produktion mag der Umstand vorteilhaft gewesen sein, dass keine exakte Vorlage als Vergleich für die gealterte Version existierte. Dieser Spielraum zur Interpretation mag die allgemeine Akzeptanz steigern (Abbildung 2).



ABB. 2 Der gealterte Brad Pitt in ,Der seltsame Fall des Benjamin Button' (Foto: Warner. All rights reserved)

2017 wurden die "Star Wars' Filme um die Episode "Rouge One' (Wikipedia, Rogue One: A Star Wars Story, 2016) erweitert. Darin spielte auch die Figur Grand Moff Tarkin, im ersten "Star Wars' Film von 1977 durch Peter Cushing verkörpert, eine Nebenrolle. Die digitale Figur wurde auf der Grundlage von bestehendem Bildmaterial angefertigt, da Peter Cushing bereits 1994 verstarb. Zusätzlich wurde für die Schlussszene Prinzessin Lea in der Anmutung des ersten "Star Wars' Films inszeniert. Auch hier war das Gesicht vollständig digital zu erstellen. Die Umsetzung dieser Figuren hat eine recht kontroverse Diskussion angeregt. Sie zeigt außerdem, dass auch knapp 10 Jahre nach Benjamin Button noch kein vollständig zufriedenstellender Ansatz zur Erstellung von digitalen Akteuren vorliegt.

Der 2017 erschienene Film "Blade Runner 2049" (Wikipedia, Blade Runner 2049, 2018) beinhaltet eine in Fachkreisen als sehr gut gelungen geltende Umsetzung der digitalen Figur Rachael. Man bediente sich Vorlagen aus dem ersten "Blade Runner" Film von 1982. Hier wurde Rachael durch Sean Young verkörpert. Es bleibt jedoch zu erwähnen, dass es sich um eine sehr begrenzte Anzahl von Einstellungen handelt, in der diese digitale Rachael in Erscheinung tritt. Auch die Lichtstimmung – sehr dunkel und in Sepia Tönen – kommt der Integration der digitalen Bildanteile entgegen.

3.2 **Wichtigste Techniken**

Die immer häufiger verwendeten digital erstellten Kreaturen und Charaktere werden gleichzeitig qualitativ immer hochwertiger. Von einigen Ausnahmen, in denen Filme nicht dem aktuellen Stand der Technik gerecht werden konnten, abgesehen, hat sich die Produktionsweise in den letzten Jahren nur wenig geändert. Die VFX-oder Animationsstudios haben mittlerweile eine funktionierende Pipeline entwickelt, auf die sie zurückgreifen, sobald es digitale Charaktere zu erstellen gilt. Viele Arbeitsschritte und Techniken in dieser Pipeline basieren auf Tools, die in der Branche bereits etabliert sind und deren Verwendung naheliegend und logisch ist.

Ist in einer Produktion Photorealismus gefragt, empfiehlt es sich, den digital nachzubildenden Schauspieler mittels Photogrammetrie, Laser Scanning oder Structured Light zu digitalisieren. Diese Scans liefern nicht nur hochauflösende 3D-Geometrien sondern erlauben auch das gleichzeitige Erfassen von Oberflächeneigenschaften, wie Glanzlicht- und Reflexionsverhalten oder Objektfarben. Ist die digitale Figur entweder kein Mensch oder, wie in unserem Fall, schon verstorben, können solche Scan-Daten zumindest als Ausgangspunkt für eine spätere künstlerische Überarbeitung dienen.

Der zweite essentielle Bestandteil eines digitalen Charakters ist ein funktionstüchtiger Bewegungsapparat, der die Grundgeometrie so verformt, dass sowohl Körperbewegungen als auch Mimik möglich sind und plausibel erscheinen. Während dem Körper in aller Regel ein Skelett aus animierbaren Knochen eingezogen wird, gibt es bei Gesichtern außerdem die Möglichkeit, statische Gesichtsausrücke zu überblenden und so ein Minenspiel zu synthetisieren. Zusätzliche Muskel-, Fett oder Hautsimulationen tragen maßgeblich zur Glaubwürdigkeit der Animation bei.

Gilt es, die digitale Figur in einer natürlichen Bewegung zu zeigen, ist es ratsam, sich auch hierbei an lebendigen Vorbildern zu orientieren und deren Bewegung einzufangen. Für dieses sogenannte Motion Capturing haben sich verschiedene technische Herangehensweisen etabliert, zum einen das optische Tracking mit aktiven oder passiven über den Körper des Schauspielers verteilten Markern, zum anderen das inertiale Capturing unter Verwendung von Beschleunigungs-, Rotationsund Magnetfeldsensoren. Soll zum Körper zusätzlich das Gesicht erfasst werden, spricht man von Performance Capturing. Hierfür gibt es Marker-basierte und Marker-lose Ansätze, sowie Offline und Real-Time Versionen. Allen Verfahren gemein ist das Analysieren eines hochaufgelösten Videobilds des Gesichts, um die Bewegung der Gesichtspartien in Relation zur Ruheposition zu messen. Die resultierenden Daten werden dann auf den Bewegungsapparat des Gesichts übertragen.

Alle erwähnten Herangehensweisen gestalten sich bei der Erstellung digitaler Charaktere entweder besonders aufwändig oder bedürfen spezieller Hardware und Software. Daneben sind aber auch Workflows notwendig, die Teil jeder 3D- oder VFX-Pipeline sind, wie beispielsweise Shading, Lighting, Rendering oder Compositing. Auch in unserem Projekt waren diese Standardschritte unumgänglicher Bestandteil der Produktion, standen jedoch nicht im Fokus der Forschung.

Vorproduktion

Bevor mit der eigentlichen Produktion der Einstein-Clips begonnen werden konnte, galt es, das Projekt in einer ausführlichen Vorproduktionsphase konzeptionell und technisch auf eine solide Basis zu stellen.

4.1 Auswahl der passenden menschlichen Figur

Zur Auswahl standen mehrere historische Persönlichkeiten, deren Tauglichkeit für eine digitale Inszenierung wir abzuwägen hatten. Diskutiert wurden Personen wie Gandhi, John F. Kennedy, Elvis Presley, Horst Tappert (Derrick), Alfred Hitchcock, James Dean, der Dalai Lama oder Franz Josef Strauß.

Letztlich haben wir uns für Albert Einstein entschieden. Das Leben und Wirken des in Deutschland geborenen, jüdischen Physikers erschien uns ideal, um aktuelle und dokumentarische Aspekte zu vereinen. Einstein ist schon zu Lebzeiten aber insbesondere nach seinem Tod zu einer Pop-Ikone avanciert und gilt gemeinhin als der Archetyp des schrulligen Professors, was in erster Linie seinem Erscheinungsbild in den letzten Lebensjahren geschuldet ist. Durch seine außergewöhnliche Biographie, die mit gegenwärtigen Themen, wie dem nachhaltigen und verantwortungsbewussten Einsatz von Technologie oder Flucht vor Unterdrückung, nichts an Aktualität verloren hat, erschienen er uns als passender Kandidat für die angestrebte dokumentarische Kurzfilmreihe. Die in diesem Projekt entstandene Arbeit ist dabei als Interpretation der Person Einstein zu verstehen. Sämtliche Bestandteile der virtuellen, digitalen Figur sind vollständig in diesem Projekt entstanden.

4.2 Drehbuchentwicklung für einen 60-Sekünder

Zunächst wurden inhaltliche Überlegungen zu Elvis Presley angestellt. Durch die Entscheidung für Albert Einstein als zentrale Person, mussten diese ersten Ideen jedoch verworfen werden. Mehrere Skripte für Kurzfilme entstanden und gemeinschaftlich wählten wir die für eine Umsetzung am besten geeigneten Konzepte. Bei der Drehbuchentwicklung galt es einige Besonderheiten zu berücksichtigen. So war geplant, die kurzen Clips einzeln und nacheinander auf dem YouTube-Kanal der Forschungsabteilung zu veröffentlichen, was implizierte, dass die Episoden auch alleinstehend funktionieren sollten und folglich nicht aufeinander aufbauten.

Das Projekt sollte außerdem Einsteins humanistischer Gesinnung gerecht werden, sowie Bezug auf das aktuelle Zeitgeschehen oder Leserbriefe nehmen.

Vier Episoden der geplanten Web-Serie wurden zunächst in schriftlicher Form ausgearbeitet, bevor sich das Team mit Storyboards und einer 3D-Previs auseinandersetzte. Im Gegensatz zu einem klassischen Storyboard, das lediglich über Einstellungsgrößen und Anzahl der Shots Aufschluss gibt, erlaubte die 3D-Previs zusätzlich eine Bewertung der geplanten Kamerafahrten und Einstellungslängen. Unter zahlreichen Ideen wählten wir vier mit möglichst unterschiedlichen Stimmungen aus, um alle Facetten der digitalen Mimik zur Geltung bringen zu können. Die erste Folge etabliert den Raum und zeigt Einstein in ausgelassener Laune, während die zweite Episode eher nachdenkliche Töne anstimmt. Hier nutzten wir die Gelegenheit, auf die Parallelen zwischen Einsteins Lebensweg und dem Schicksal heutiger Flüchtlinge anzuspielen. In der dritten Episode, die am Drehtag leider aus Zeitgründen kurzfristig gestrichen werden musste, erinnert uns Einstein mithilfe eines Smileys scherzhaft daran, dass es Dinge gibt die partout nicht weiter vereinfacht werden können. Im letzten Clip sehen wir ihn verzweifelt und wütend, angesichts seiner eigenen Ungeschicklichkeit im Umgang mit moderner Technik. Während in den ersten beiden Episoden inhaltlich nichts auf die heutige Zeit schließen lässt, wird der Anachronismus in den letzten zwei Folgen augenscheinlich.

- 1 http://optitrack.com/ products/motive/
- 2 http://facewaretech.com/
- 3 https://www.autodesk.de/ products/maya
- 4 http://www.thepixelfarm. co.uk/pftrack/

4.3 Initiale Testphase und Festlegung auf Produktionsweise

Für die zu erstellenden Albert Einstein Clips erschien es praktikabel, einen realen Schauspieler in einer bestehenden Kulisse zu filmen. Das reale Gesicht sollte dann in der Postproduktion durch die digitale Maske ersetzt werden. Um schon vor Beginn der eigentlichen Produktion diese Pipeline auf ihre Tauglichkeit hin untersuchen zu können, initiierten wir ein Vorprojekt, für das wir die Digital Emily Daten (Wikihuman, 2017) und eigenes Video- und Motion-Capture-Material heranzogen. So kamen neben dem hauseigenen Adaptable Facial Setup (Volker Helzle, 2004) Face-Rig auch Software-Pakete wie Motive¹ und Faceware² für die Erfassung der Mimik (Facial Motion Capture), Maya³ für Retargeting und PFTrack⁴ für Geo-Tracking auf den Prüfstand. Weiterhin evaluierten wir Shader, loteten Strategien für ein Stretch- und Compression-Setup aus und unterzogen Emilys Gesicht einem Deformationstest mit generischen Animationen.

Als mögliche Technologie für das Facial Motion Capture war ursprünglich die Software FaceShift angedacht. In der Zwischenzeit wurde diese Firma leider von Apple gekauft und unsere Kooperationsvereinbarung aufgekündigt. Eine Alternative musste gefunden werden. Das optische Motion Capturing mit der Software Motive und den Optitrack Kameras erwies sich in unserem Aufbau als zu unpräzise, um damit nuancierte Gesichtsausdrücke erfassen zu können. Grund dafür war wohl weniger die generelle Unzulänglichkeit des Ansatzes – dass Facial Capturing

mittels optischer Marker möglich ist, wurde bereits hinreichend unter Beweis gestellt – als die zu geringe Auflösung der uns zur Verfügung stehenden Kameras. Faceware wiederum als 2D Tracking Tool, das die natürlich vorkommenden Features im Gesicht verfolgt und mittels eines Retargeting-Plugins in Maya auf das Rig überträgt, schien prinzipiell geeignet. Der Test lieferte selbst dann einigermaßen brauchbare Ergebnisse, als wir Videomaterial aus der Sicht einer statischen Kamera einspeisten, anstatt eine Helmkamera zu verwenden. Zumindest als Startpunkt für eine spätere Animation erschienen die Daten ausreichend. Da geplant war, in erster Linie mit statischen Kameras zu arbeiten, wurde der Einsatz eines Systems zur Erfassung der Kamerabewegung (z. B. Ncam) nicht notwendig.

Beim Überblenden von Displacement-Maps zeigte der Vergleich von dynamischen Stretch- und Compression-Maps mit händisch gezeichneten Masken nur geringfügige Unterschiede. Da erstere zudem wenig performant waren, wählten wir für unser Projekt die einfachere Methode mit Masken. Das Erfassen der Kopfposition und -rotation mittels PFTrack funktionierte tadellos. Auch erste Renderings mit den Vray Subsurface-Scattering Materialien in Maya stimmten uns zuversichtlich. Für das Testen des Gesichts-Bewegungsapparats galt es zunächst, ein grundlegendes Bewegungsmodell für die Mimik zu erstellen. Der von uns gewählte Ansatz sah die Simulation der menschlichen Haut unter Zuhilfenahme eines Knochenmodells des menschlichen Schädels vor. Das grundlegende Deformationsmodell wurde dabei mit dem Simulationssystem kombiniert. Damit war es möglich, den Erhalt des Volumens in den Unterkiefer-, Kinn- und Stirnpartien zu garantieren. Die digitale Haut kann in diesen Bereichen über sogenannte Hilfsgeometrien rutschen (Skin Sliding). Wir führten eine Reihe von Deformations- und Animationstests durch und passten das Setup iterativ an (Abbildung 3).

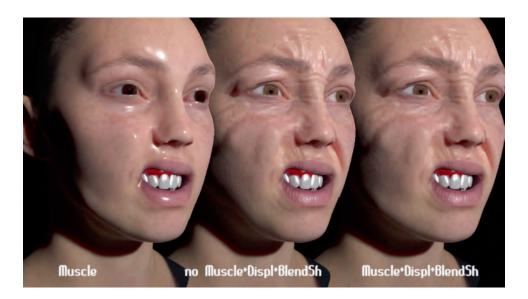


ABB. 3 Rendertests unterschiedlicher Deformationskombinationen

Produktion



Nachdem die umfangreichen Tests die Machbarkeit des Unterfangens bestätigten und die Idee konzeptionell und bildgestalterisch ausgereift war, konnte mit der Produktion der Clips begonnen werden.

5.1 Erstellung der virtuellen Figur als haptische Büste

Während sich das Kernteam den Tests widmete, fertigte Bildhauer Jan Ptassek eine Büste Einsteins aus PVC an. Zunächst wurde er mit einem Referenzsheet (Abbildung 4) versorgt, das als Collage die Physiognomie und Mimik Albert Einsteins zusammenfasste. Die mit ,01' gekennzeichnete Fotografie legten wir dabei als Hauptreferenz für das digitale Abbild fest. Es handelt sich um eine nachträglich kolorierte Fotografie aus dem Jahr 1947. Damals war Einstein 68 Jahre alt und lebte bereits in den USA.



ABB. 4 Bildreferenzen Albert Einstein als Vorlage für Büsten

In den darauffolgenden Wochen wurde eine aus Plastilin gefertigte Büste erstellt. Anhand von Referenzfotos und Filmaufnahmen näherte sich der Bildhauer der Physiognomie des Physikers an, ein iterativer Prozess, in dem allmählich die vertrauten Gesichtsmerkmale von Albert Einstein herausgearbeitet wurden. Die Haare und der Schnurbart sind in der finalen PVC-Büste nicht enthalten (Abbildung 5 links), da auch die darunter liegenden Hautbereiche später durch einen digitalen Scan-Prozess erfasst werden sollten. Um zusätzliche Referenzdaten zu erhalten, fertigte der Bildhauer außerdem eine weitere Büste aus Silikon an (Abbildung 5 rechts).

Dafür musste zunächst ein Negativ der PVC-Büste gegossen werden, in das dann das Silikon in mehreren Schichten und unterschiedlichen farblichen Nuancen eingesetzt wurde. Die finale Silikonbüste bietet den Vorteil, dass sie ähnliche Reflexionseigenschaften wie menschliche Haut aufweist und somit als realistische Texturreferenz dienen kann, was für die nachfolgende Arbeit am digitalen Abbild eine wichtige Grundlage darstellte.



ABB. 5 PVC- und Silikon-Büste

5.2 Erstellung des virtuellen Abbildes

Digitalisiert wurde die Büste unter Verwendung von Photogrammetrie bei Disney Research in Zürich und diente als Basis für das darauf folgende Sculpting. Eine Erfassung der Texturen und Reflexionseigenschaften in der Lightstage der Hochschule der Medien war leider nicht möglich, da der Aufbau dort zum damaligen Zeitpunkt noch mit nur einer Kamera auskommen musste, für das Generieren einer vollständigen Textur sind jedoch mehrere Blickwinkel erforderlich.

Durch das Scannen der Büste erhielten wir eine hochaufgelöste Punktwolke. Die eigentliche Animationsgeometrie musste sehr viel niedriger aufgelöst werden, um interaktive Modifikationen zu ermöglichen, sich dabei aber so präzise wie möglich an den ursprüngliche Scan annähern. Nach sorgfältiger Vereinfachung, also Retopologisierung, verfeinerten wir das Modell auf der Grundlage von Fotos, glichen die Geometrie weiter an die Kopfform Einsteins an und widmeten uns danach Details wie Falten und Poren. Dank der hochaufgelösten Scans, war es möglich, eine initiale Höhenkarte, eine sogenannte Displacement Map, zu errechnen, die feinste Strukturen, wie Falten und Poren, in Form einer Textur beinhaltete.

Ähnlich wie beim Digital Emily Modell wurde nun ein Bewegungsapparat erstellt. Mithilfe des in der Forschungsabteilung des Animationsinstituts entwickelten Facial Animation Toolsets war es in kurzer Zeit möglich, ein erstes grobes, aber voll funktionsfähiges FACS-basiertes Gesichtsrig (Ekman & Friesen, 1978) aufzusetzen, das in der folgenden Produktionszeit stetig verbessert, angepasst und um ein Augen- und Zungenrig erweitert wurde. Da unser AFS-Ansatz (Volker Helzle, 2004) standardmäßig nur eine limitierte Anzahl vordefinierter Ausdrücke zur Verfügung

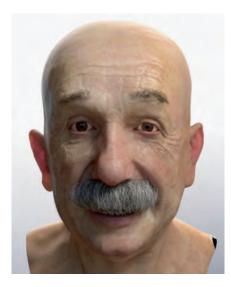


ABB. 6 Stand Albert Einstein im Februar 2017

5 http://pixologic.com

stellt, dadurch aber nicht alle charakteristischen Mimiken Einsteins abgedeckt werden konnten, war es notwendig einige neue Kombinationen von Muskelgruppenbewegungen als zusätzliche Action Units zu definieren und mittels Schieberegler kontrollierbar zu machen. Das Hinzufügen solcher Controls in das Rig ist im AFS bereits vorgesehen und einfach zu bewerkstelligen. Außerdem war es notwendig, einige Action Units mit zusätzlichen Korrekturen zu versehen. Insgesamt 19 in ZBrush⁵ modellierte Corrective Shapes sorgten für die gewünschte Nähe zum Original. Um den Gesichtsbewegungen einen zusätzlichen Grad an Realismus zu verleihen, fügten wir dem Kopf einen Schädelknochen und einen Muskelapparat hinzu, die als Kollisionsobjekte für die Haut dienten und gewährleisteten, dass in den Bereichen von Stirn, Kinn und Nase durch Deformationen kein Volumen eingebüßt wurde. Die eigentliche Kopfgeometrie rutscht also wie elastischer Stoff über das darunterliegende Gebilde aus Knochen und Muskeln. Eine weitere Rig-Komponente bescherte zu guter Letzt dem Mund ein realistisches Aussehen, indem sie mithilfe von Kurven simulierte, wie Lippen aufeinander haften, auch wenn der Kieferknochen bereits im sich öffnen begriffen ist - ein Effekt, der als Sticky Lips bezeichnet wird.

Erste generische Testanimationen erlaubten die Evaluation der Deformationen. Abbildung 6 verdeutlicht den Stand im Februar 2017. In den darauffolgenden Monaten wurden die Deformationen weiter angepasst und für bestimmte Ausdrücke mit individuellen Faltentexturen versehen. Diese bringen sogenannte Signaturfalten zur Geltung, die bei der Aktivierung bestimmter Muskelgruppen in Erscheinung treten. Das Resultat war eine dynamische Höhenkarte, die abhängig von der Animation dafür sorgte, dass sich in definierten Gesichtspartien Falten ausbildeten oder glätteten. Das dazugehörige Shading-Netzwerk nahm zwar aufgrund der Anzahl unterschiedlicher Ausdrücke ungeahnte Ausmaße an, die Qualität der ersten Bilder unterstrich jedoch den Mehrwert dieser Herangehensweise.

Feinste Muster der Epidermis erzielten wir über eine dynamische Mikrostruktur-Textur. Diese Map wurde entsprechend der Stauchung oder Dehnung der

Haut scharf- oder weichgezeichnet, um die Verformung der Hautoberfläche durch die darunter stattfindenden Knochen- und Muskelbewegungen zu simulieren. Das filtern geschah nicht unmittelbar in Maya, sondern wurde vorberechnet und auf die Mikrostruktur, die schließlich in Form einer Textur als Bildsequenz vorlag, angewandt. Inwieweit dieser Ansatz das Reflexionsverhalten der Haut änderte, geschweige denn im fertigen Clip wahrnehmbar war, ist derzeit Gegenstand weiterführender Untersuchungen.

Während das Haupthaar dank der Perücke zu unserer aller Erleichterung nicht digital erstellt werden musste, generierten wir die Gesichtsbehaarung, also Augenbrauen, Wimpern, Bartstoppeln und natürlich den markanten Schnurrbart, mit dem Maya-Plugin Yeti, wodurch unser bis dahin noch recht generisch aussehender Kahlkopf endlich Einstein ähnelte. Weiterhin stellten wir fest, dass der ausladende Oberlippenbart die Animation der Lippen erheblich vereinfachen oder zumindest Unsauberkeiten verdecken würde.

Das Hautmaterial setzte sich aus einem VrayFastSSS-Material als Basis und zwei standardmäßigen Vray-Materialien für die Reflexionen zusammen, die allesamt in einem Blend-Material zusammengeführt wurden. Dieser Aufbau erlaubte ein Höchstmaß an Flexibilität, da so die Reflexionsparameter für jedes Untermaterial individuell eingestellt werden konnten. Sowohl für die einzelnen Hautschichten, als auch für die Reflexionen wurden hochauflösende Texturen in ZBrush und Mudbox⁶ vorbereitet, für die wir erneut die Scans der Silikonbüste zusammen mit Archivfotos von Einstein und Stock-Material als Referenz heranzogen. Bei Augen, Zähnen und Zunge wurde in gleicher Weise verfahren.

Im nächsten Schritt etablierten wir einen effizienten Workflow, in dem die unterschiedlichen Maya-Szenen über Referenzierungen nahtlos ineinandergriffen, wodurch gewährleistet werden konnte, dass Änderungen am Modell, dem Bewegungsapparat, der Oberflächenbeschreibung oder der Animation stets in allen Projekten automatisch synchronisiert wurden.

5.3 **Digitaler Bewegungsapparat (Rig)**

In den folgenden Kapiteln wird ausführlich auf die verschiedenen Komponenten des digitalen Bewegungsapparates eingegangen. Dabei wurden unterschiedliche Strategien angewandt, um die menschliche Mimik so realistisch wie möglich durch ein polygonal-geometrisches Abbild dazustellen. Zur Renderzeit wurde diese Geometrie dann nochmals erheblich in ihrer Auflösung erhöht (Subdivision) um dadurch eine maximal ebenförmige, nicht polygonal eckige, Oberflächenbeschaffenheit zu garantieren.

Als Anwendersoftware für das Rigging und die Animation kam die Software Maya zum Einsatz. Bei der Erstellung sogenannter Rigging-Komponenten bestand eine große Herausforderung darin, stets ein interaktives Feedback für den Animator zu garantieren. Ein Beispiel für eine derartige Optimierung in einem

6 https://www.autodesk.com/ products/mudbox Blendshape-basierten Rig wurde 2011 bei der Siggraph Asia vorgestellt (Jaewoo Seo, 2011). Da in unserem Rigging-Ansatz Blendshapes aber nur eine untergeordnete Rolle spielen, mussten andere Lösungen gefunden werden. Dafür kamen unterschiedliche Strategien in Frage. Zum einen kann durch die konsequente Verwendung direkter Verbindungen der einzelnen Berechnungsknoten die Kalkulationszeit für Deformationen reduziert werden. Eine weitere Möglichkeit bestand in der Optimierung der Szene und entsprechender Referenz Objekte. So waren der digitale Bart und die Stoppeln für die Animation von untergeordneter Relevanz. Diese Objekte jedoch als zusätzlichen Schritt in der Deformation zu berechnen, brachte massive Einbußen bei der Effizienz und angestrebten Interaktivität mit sich. Durch die beschriebenen Verbesserungen konnte so eine Bildberechnungsrate von durchschnittlich 20 Bildern pro Sekunde erreicht werden. Dadurch war ein flüssiger Arbeitsablauf in der Umsetzung der Animation gewährleistet.

5.3.1 **AFS Rig**

Im vorangegangenen Abschnitt wurde bereits der Begriff Blendshapes erwähnt. Es handelt sich dabei um einen Quasi-Standard der Animations- und VFX-Industrie für die Erstellung eines Bewegungsapparates zur Steuerung der menschlichen Mimik. Blendshapes bilden einen statischen Zustand der Geometrie eines menschlichen Gesichtes ab. Die einzelnen Eckpunkte der mit neutralem Gesichtsausdruck modellierten Geometrie werden dann linear zum jeweiligen Ausdruck (dem Shape) interpoliert. Diese Vorgehensweise bringt eine Reihe von Problemen mit sich.

Zunächst sei auf das Facial Action Coding System (FACS) Standardwerk (Ekman & Friesen, 1978) für menschliche Mimik verwiesen in dem die Bewegung von Muskelgruppen detailliert, in sogenannte Action Units, kategorisiert wurde. Das FACS eignet sich sehr gut um die Basiskomponenten für ein realistisches Gesichtsrig digital zu erstellen. Die einzelnen Bestandteile lassen sich dann ähnlich einer Klaviatur aktivieren um komplexe Mimikabläufe zu erstellen. In der Kategorisierung und Beschreibung der Muskelgruppenbewegungen liegt allerdings die erste Hürde wenn versucht wird den Blendshape Ansatz anzuwenden. Da es sich bei den Ausdrücken nur um statische Abbildungen handelt wird die Bewegung in den Bereichen dazwischen, der Ausprägung einer Muskelgruppenaktivierung, linear interpoliert. Dies entspricht jedoch nicht den tatsächlichen Umständen bei der Aktivierung besagter Muskelgruppen. Bestimmte Bereiche werden zeitlich versetzt aktiviert, was die eigentliche Charakteristik eines Ausdrucks ausmacht. Es wurden verschiedene Erweiterungen zum Blendshape Ansatz entwickelt, die dieser Einschränkung entgegenwirken sollen. So kann Beispielsweise ein zusätzliches Shape, auch als Inbetween bezeichnet, diese zeitlich versetzte Aktivierung darstellen. Dies erfordert jedoch ein ungemein hohes Vorwissen an Mimikabläufen im menschlichen Gesicht und deren zeitliche Ausprägung in allen Intensitäten. Darüber hinaus kann beim modellieren des Inbetween Shapes die Ausprägung der

Änderung nur einen zeitlichen Zustand definieren. Der vollen Ausprägung einer Muskelgruppen-Aktivierung kann also nur mit enormem Aufwand an Zeit und Expertenwissen begegnet werden.

Eine weitere Strategie um den Aufwand zur Erstellung eines Shape basieren Rigs zu reduzieren besteht im Anpassen einer generischen Geometrie und deren bereits vorhandenen Blendshapes an eine beliebige Zielgeometrie (Neumann, 2006). Mit diesen Ansätzen hat sich das Team der Filmakademie in vergangenen Projekten intensiv beschäftigt. Dabei wird davon ausgegangen, dass das generische Grundmodell mit höchster Präzision erstellt wird. Zur Erstellung dieser Grundgeometrie können auch Scan Verfahren verwendet werden. Gleiches gilt für die Blendshapes und Inbetweens. Mit dieser Datenbasis können Blenshape Rigs auf beliebige Geometrien übertragen werden. Es stellte sich jedoch heraus, dass dabei ein Teil der hochqualitativen Eigenschaften verloren geht. Um die Rigs für Produktionen einzusetzen wäre eine massive Überarbeitung erforderlich gewesen.

Aus zuvor beschriebenen Umständen wurde eine Methode gesucht die es erlaubt, menschliche Muskelgruppenbewegungen schnell und künstlerisch intuitiv an jede beliebige, menschenähnliche Geometrie anzupassen. Die Basis für diese Vorgehensweise wurde im Adaptable Facial Setup (Volker Helzle, 2004), kurz AFS, entwickelt. Dabei wird eine umfangreiche Datenbasis als Grundlage für die Abbildung der wichtigsten Muskelgruppenbewegungen zu Hilfe genommen. Diese kann durch einen komfortablen Anpassungsprozess in ihrer Ausprägung gesteuert werden, und erlaubt dabei die nicht-lineare Charakteristik der Muskelgruppenbewegungen beizubehalten.

Der Kern des Adaptable Facial Setup besteht in der für den künstlerischen Einsatz optimierte Anpassung (Adaption) der Basisdaten. Diese beinhalten die bereits beschriebenen nichtlinearen Bewegungsdaten der Muskelgruppen. Erzeugt wurden diese Daten durch Performance Capture (Wikipedia, Motion Capture, 2018), ein gängiges Verfahren um menschlichen Bewegungen im Gesicht digital zu erfassen. Dabei wurden von einem Mimik Spezialisten die einzelnen Action Units nach Ekman abgebildet und erfasst. Zusätzliche wurden asymmetrische Bewegungen, gängige Kombinationen, Viseme und volle Emotionen aufgezeichnet. Bei den Aufnahmen wurde bereits darauf geachtet den Kopf so wenig wie möglich zu Bewegen. Nach den Aufnahmen fand eine umfangreiche Bearbeitung der Daten statt. Zuerst wurde versucht die restliche Kopfbewegung mittels Stabilisierung so weit wie möglich zu eliminieren (Havaldar, 2006). Danach wurden alle Daten in einen einheitlichen Wertebereich (von 0-100) normiert. Bei manchen Aufnahmen kam es vor, dass kurzzeitig Marker verdeckt wurden. Die fehlenden Daten hierfür wurden mittels Interpolation der umliegenden Marker erzeugt.

Der eigentliche Anpassungsprozess wie er auch bei der digitalen Version von Albert Einstein zum Einsatz kam besteht aus folgenden Schritten. Initial wird eine Wolke mit insgesamt 65 Referenzobjekten global an das mit Mimik auszustattende Gesicht angepasst. Danach werden die 65 Referenzobjekte individuell an markanten Stellen (Landmarks) im Gesicht platziert. Hilfestellung bietet dabei die Geometrie

eines Durchschnittsgesichts mit Referenzen an besagten markanten Stellen. An jedem der 65 Referenzobjekte wird ein sogenannter Joint zu Übertragung von Transformation auf die Oberfläche der Gesichtsgeometrie platziert. Die Gewichtung der Einflussnahme auf die Verformung der Oberfläche (Deformationsobjekte) wird in einem Separaten Schritt erstellt. Dabei kann auf ein bestehendes Template zurückgegriffen werden (Weights Cloning) oder die Verteilung der Einflussbereiche komplett neu erzeugt werden. Danach können die eigentlichen Bewegungsdaten geladen und mit dem Rig verbunden werden. Diese Daten bestehen aus insgesamt 12.969 Kurven mit jeweils bis zu 100 Schlüsselwerten (Keyframes). Initial können damit 117 Animationskontrollen angesteuert werden. Der Umfang für das Rig von Albert Einstein wurde um einige Kontrollen erweitert.

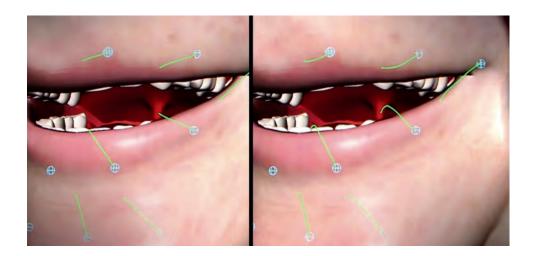


ABB. 7 Vergleich Deformationsobjekte Einstein linear (links) und nichtlinear (rechts)

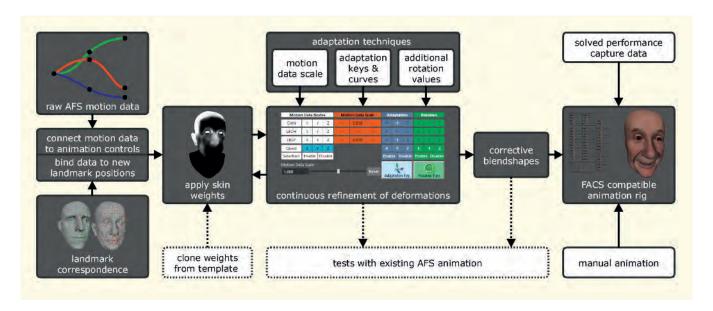
Die initial beschriebene globale Anpassung wird auf die Datenbasis mittels Skalierung der Werte übertragen. Natürlich stellt dies nur eine grobe Annäherung der Physiognomie der mit Mimik auszustattenden Geometrie dar. Um glaubwürdige und realistische Ergebnisse zu erzielen wurde der Adaptionsprozess entwickelt. Dafür wird ein Spezialist benötigt der sich im Bereich Character Rigging und menschlicher Mimik gut auskennt. Durch die unterschiedlichen Anpassungstechniken kann er die Muskelgruppenbewegung und dadurch die Mimik entsprechend anpassen. Dazu stehen folgende Anpassungsfunktionen zur Verfügung:

- 1. Die direkte Skalierung der Bewegungsdaten (Abbildung 8: Motion Data Scale). Sie verstärkt/schwächt einzelne Regionen individuell durch Anwendung von Skalierung. Die davon betroffenen Objekte und ihre jeweilige Achse können mit Hilfe von Selektionsmasken ausgewählt werden. Es ist wichtig zu erwähnen, dass die Charakteristik der Bewegung durch die Skalierung erhalten bleib. Sie wird global (für eine oder mehrere Achsen eines Deformationsobjektes) skaliert.
- Adaptionsdaten ermöglichen es, ein Deformationsobjekt direkt zu manipulieren (Abbildung 8: Adaptation). Neue Positionen können auf jeder Intensitätsebene

durch Erstellen von Schlüsselwerten (Keyframes) angelegt werden. Diese werden mit den Grundbewegungsdaten kombiniert und verursachen dadurch ein lokales Verstärken/Abschwächen der Bewegung auf der jeweiligen Achse.

 Da die Basisdaten nur Translationen beinhalten k\u00f6nnen Rotationen (Abbildung 8: Rotation) zur zus\u00e4tzlichen Gestaltung der Auspr\u00e4gung der gew\u00e4hlten Muskelgruppenbewegung erstellt werden.

Der vollständige Workflow mit allen einzelnen Arbeitsschritten zur Erstellung von Einsteins Basis Rig kann der Abbildung 8 entnommen werden.



Der Aufwand um auf diese Weise ein Rig für Gesichtsanimation zu erstellen mag zunächst groß erscheinen. Er ist jedoch vergleichsweise gering mit dem Aufwand der für ein händisch modelliertes Blendshape Rig in diesem Umfang benötigt wird. Es ist außerdem wichtig zu erwähnen, dass zwischen den einzelnen Adaptionen der Muskelgruppenbewegungen die Einflussbereiche der Deformationsobjekte (Skin Weights) angepasst werden müssen. Nach kurzer Einarbeitungszeit wird der enorme Vorteil dieses Verfahrens sehr schnell deutlich. Da beim Erstellen der Anpassungsdaten stets die Muskelgruppenbewegung von der neutralen zur voll aktivierten Intensität betrachtet wird, kann verhindert werden, dass wie beim Blendshape-Verfahren, sich die Änderungen auf statische Zwischenschritte beziehen. Der Zusammenhang der Anpassung ist stets nachvollziehbar.

Das AFS stellt eines der wenigen Software Tools im Bereich Rigging für menschliche Mimik dar. Es erlaubt schnell und flexibel Muskelgruppenbewegungen auf jede beliebige menschliche Geometrie anzuwenden und diente in der Einstein Produktion als Basis für die menschliche Mimik. Im Folgenden werden die zusätzlichen Komponenten beschrieben die das Erscheinungsbild und die Bewegungsmöglichkeiten des digitalen Schauspielers weiter geprägt haben.

ABB. 8 Entstehung des Basis Rigs für menschliche Mimik mit dem AFS Ansatz

5.3.2 Individuelle Masken

Um bestimmte Schlüsselausdrücke in allen Aspekten künstlerisch zu kontrollieren, kamen die bereits beschriebenen Displacement Maps zum Einsatz. Diese wurden in einer Software (Z-Brush) erstellt die der Modellierung einer verformbaren Masse mit haptischen Werkzeugen nachempfunden ist. Durch das Verfahren entstehen sogenannte Sculpts, sie beschreiben individuelle, hochdetaillierte Masken die für Schlüsselausdrücke eingesetzt werden. Dadurch konnten Poren und feine Falten erstellt werden die auf der tatsächlich angezeigten Geometrie beim animieren nicht sichtbar sind. Dieses Detail wurde erst zur Renderzeit erstellt und ist im finalen Bild zu sehen. Displacement Maps beschrieben wie Blendshapes statische Zustände.

Die Funktionsweise des AFS wurde im vorangegangenen Kapitel ausführlich beschrieben. Allerdings ist die Anzahl der Deformationsobjekte auf 65 beschränkt. Diese Limitierung hat zwar zum Vorteil, dass sich die Anzahl der anzupassenden Objekte auf 65 beschränkt. In bestimmten Bereichen wie dem Mund wären jedoch mehr Objekte wünschenswert um Deformationen exakter abzubilden. An dieser Stelle kommt eine Kombination aus der durch das AFS verursachten Deformation, die als Linear Blend Skinning (BADLER, 1982) (MAGNENAT-THALMANN, 1988) bezeichnet wird, und den im vorangegangenen Kapitel ausführlich besprochenen Blendshapes zum Einsatz. Bei der Erstellung eines Sculpts wird immer auf einer bereits deformierten Grundgeometrie gearbeitet. Wenn zum Beispiel Signaturfalten des Lachens (siehe Abbildung 9, 2. von oben) überarbeitet werden geschieht dies auf der Grundlage der durch das AFS verursachten Deformation der zugehörigen Muskelgruppenbewegung. Die zugrundeliegende Geometrie wird im Sculpt Vorgang verändert und muss dann im AFS Rig entsprechend, durch ein Blendshape (auch als Corrective Shape bezeichnet), angepasst werden. Die Kombination dieser Techniken war lange Zeit mit aufwändigen Zwischenschritten Verbunden. Dabei musste die Deformation des Skin Cluster vom Corrective Shape subtrahiert werden. In der Vergangenheit wurde dafür ein eigenes Tool entwickelt (Corrective Blenshape Manager). Die aktuelle Version der Anwendersoftware Maya wurde mittlerweile mit entsprechender Funktionalität ausgestattet. Dadurch war der Einsatz des Corrective Blenshape Manager nicht nötig.

Je nach Aktivierung einer bestimmten, durch das AFS erstellten, Muskelgruppenbewegung konnte so zusätzliches Detail erzeugt werden. Insgesamt wurden 19 individuelle Scuplts angefertigt. Diese entstanden durch einen digitalen Künstler unter Zuhilfenahme von Referenzmaterial (Abbildung 9). Da das Resultat erst im final gerenderten Bild zu sehen war, wurden mehrere Iterationen benötigt um das gewünschte Ergebnis zu erzielen.



ABB. 9 Es entstanden insgesamt 19 Individuelle Masken (Sculpts) für Signaturausdrücke

5.3.3 Haut Simulation (Skin Sliding)

Um die Darstellung menschlicher Haut so realistisch wie möglich zu gestalten wurde ein Simulationsverfahren eingesetzt, welches die physikalischen Eigenschaften der Haut nachempfindet, wenn diese sich über Fettschichten und Knochen bewegt. Dabei handelt es sich um keine Simulation in Sinn eines in sich geschlossenen Systems, sondern um ein durch Deformationsobjekte realisiertes System. Dafür wurde zunächst die Geometrie eines menschlichen Schädles, inklusive Kiefer, der Kopfform der bereits vorliegenden digitalen Maske Einsteins angepasst. Das Verfahren fand vor allem in den Regionen der Stirn, des Kiefers und des Kinns Verwendung. An diesen Stellen kam es zuvor immer wieder zu Deformationen bei denen das tatsächliche Volumen des Gesichts unnatürlich verformt wurde. Das Verfahren wurde mit dem AFS und den Corrective Shapes (Sculpts) kombiniert. Dabei war es wichtig die Parameter des Deformers so zu wählen, dass ein interaktives Arbeiten

gewährleistet war. Das Resultat hatte außerdem den Nebeneffekt, dass beim Anpassen von Muskelgruppenbewegung im AFS, sich die Deformationen im Bereich der Stirn und des Kiefers bereist automatisch wie erwartet verhielten.

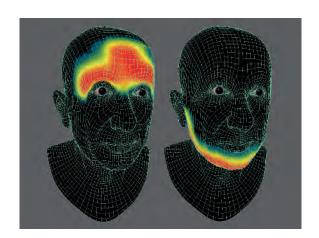


ABB. 10 Einflussbereiche für die Haut Simulation Stirn (links) und Kiefer (rechts)

5.3.4 Augenlider

Die Darstellung realistischer Augen durch computergenerierte Bilder ist eine eigene Domäne. Da die Augen eines Menschen oft auch als Fenster zur Seele beschrieben werden, ist nachvollziehbar, dass in diesem Bereich sehr viel geforscht und entwickelt wurde (Pinskiy, 2009). Für die Oberflächenbeschreibung (Shader) wurden bestehende Basis-Module verwendet. Diese wurden durch Texturen und Anpassungen der Parameter an die Referenzen Einsteins angepasst. Pro Auge kamen 28 Deformationsobjekte zum Einsatz die das jeweilige obere und untere Augenlid verformten. Folgende Merkmale der Bewegung der Augenlider wurden realisiert:

- Um die nachfolgenden Deformationen entsprechend zu gestalten war ein korrektes Model des Augenlides erforderlich. Keine einfache Aufgabe, da es sich bei Einstein um einen älteren Herren handelt und alle Referenzen deutlich belegen, dass sich im Bereich der Augenlider mehrere aufeinanderliegende Falten gebildet hatten. Darum war es erforderlich diese exakt digital nachzubilden, um für den nachfolgenden Deformationsprozess genügend Geometrie zur realistischen Verformung zur Verfügung zu stellen.
- ▶ Die Bewegung des Lids entlang der Oberfläche des Auges. Dies mag relativ simpel klingen stellt aber durchaus eine Herausforderung dar, da es bei der Deformation von geometrischen Modellen in der Computergrafik oft zu Durchdringungen (Intersections) kommt. Diesem Umstand wurde durch sogenannte Zwangsbedingungen (Constraints) für die Deformationsobjekte begegnet. Diese können so angepasst werden, dass sie sich entlang einer vorgegebenen Oberfläche Bewegung. Damit konnte die unerwünschte Durchdringung vermieden werden
- Eine weitere Herausforderung bestand in der Umsetzung der Augenlider bei unterschiedlichen Blickrichtungen. Bereits in der Literatur für analoge Künstler (Faigin, The Artist's Complete Guide to Facial Expression, 1990) finden sich hierzu sehr detaillierte Beschreibungen die als Grundlage dienten. Grund für diese blickrichtungsabhängige Verformung ist die Hornhaut. Dieser Effekt wird auch als Cornea-Faktor beschrieben. Um diesen Effekt zu realisieren wurde zunächst die Wölbung der Hornhaut in der Geometrie des Auges nachgebildet. Durch die bereits beschriebenen Constraints an die Oberfläche entstand dieser Effekt zum Teil automatisch. Um den Effekt jedoch weiter zu verstärken wurden Blickrichtungsabhängige Schlüsselwerte eingeführt. Diese verstärkten den Effekt der Hornhautwölbung wie beabsichtigt.
- Als besondere Funktion wurden sogenannte Smart Blinks realisiert. Dabei kann durch Verwendung eines einfachen Parameters das komplexe verhalten des Blinzelns direkt durch den Animator angesteuert werden. Dazu wurde die

Bewegung des oberen und unteren Augenlids entsprechend der Blickrichtung so programmiert, dass die Augenlieder immer exakt aufeinander abschließen. Auch dies war kein einfaches Unterfangen, da zum Beispiel bei einer Blickrichtung nach oben die oberen Lider weiter geöffnet und die unteren weiter geschlossen sind. Smart Blink ermöglichte somit eine Funktion zur Realisierung des blickrichtungsabhängigen Schließens der Augenlider.

5.3.5 Realistische Lippen

Überzeugende Lippenbewegungen stellen ein weiteres Merkmal glaubhafter digitaler Schauspieler dar. Der die Lippen umschließende Ringmuskel Orbicularis Oris (Wikipedia, Musculus Orbicularis oris, 2015) ist für die vielseitigen Bewegungen wie den Kussmund, das aufeinanderpressen der Lippen oder die seitliche Dehnung etwa beim Lachen zuständig. Die Lippen bilden außerdem die Viseme (Wikipedia, Viseme, 2017) und dadurch die Phoneme (Wikipedia, Phonem, 2018). Viseme sind die kleinsten Bausteine der visuellen Sprache. Phoneme bilden die kleinste bedeutungsunterscheidende Einheit des Lautsystems einer Sprache.

Als weiterer, komplexer Sachverhalt, kommt die Kohäsion der Lippen durch Mundspeichel hinzu. Dieser Effekt wird auch als Sticky Lips bezeichnet, und sorgt dafür, dass die Lippen sich wie bei einem Reisschluss von innen nach außen öffnen. Im Folgenden wird beschrieben wie dieser Effekt im Animationsrig abgebildet wurde.

Um die gewünschte Funktionsweise ohne großen Performanceverlust zu realisieren, war es notwendig den Funktionsumfang der Anwendersoftware Maya zu erweitern. Dazu wurde ein neuer Funktionsknoten entwickelt der aus zwei gegeben Punktkoordinaten den exakten Mittelpunkt berechnet. Die Funktionsweise musste in der Berechnungsabfolge der Deformationen stattfinden um die davorliegenden Verformungen einzubeziehen. Grundlage der Deformation sind Kurven die durch Stützpunkte definiert sind. Zur Erstellung der Kurven werden zunächst die Nummern der Eckpunkte aneinander liegender Kanten im hinteren Bereich der Lippen notiert. Dies geschieht für jede Seite (links und rechts) und für oben und unten separat. Sind alle Nummern der Eckpunkte bekannt, werden Kurven mit eben dieser Anzahl von Stützpunkten erstellt. Die Stützpunkte werden als Information in den neuen Funktionsknoten übertragen, der dann die Weltkoordinaten dafür ermittelt. Dadurch konnten die Kurven an die zu deformierende Geometrie angeheftet werden. Die Funktion der Mittelpunktberechnung erlaubt nun eine zusätzliche Kurve zwischen den angehefteten Kurven aufzuspannen. Diese bildet die Grundlage für die eigentliche Berechnung der Deformation durch den sogenannten Wire Deformer. Dieser Deformer errechnet aufgrund von einer oder mehreren Basiskurven und zusätzlichen Deformationskurven die dadurch entstandene Differenz und bildet diese als Deformation ab. Wie bei allen Ansätzen zur Deformation war auch hier wichtig die Berechnungen so effizient wie möglich zu gestalten, um eine flüssige Interaktion zu gewährleisten. Zunächst konnte dies realisiert werden, indem alle Berechnungsvorgänge für diesen Effekt annulliert wurden, wenn der Steuerungsparameter auf "nicht aktiviert" eingestellt war. Da die geometrische Auflösung im Bereich der inneren, hinteren Lippen nicht gerade hoch war, erscheint die während der Animation sichtbare Deformation als kantig und grob. Diesem Umstand kam jedoch der Prozess der geometrischen Unterteilung zur Renderzeit (Displacement) entgegen. Durch ihn erschein die finale Deformation sehr viel weicher und flüssiger als im Stadium der Animation.

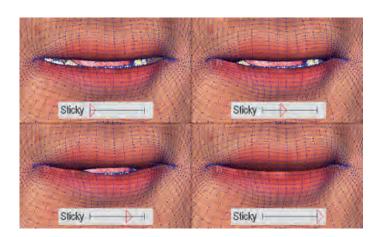


ABB. 11 Realistische Lippenbewegungen durch Abbildung der Kohäsion (Sticky Lips)

5.3.6 Zunge und Mund-Innenraum

Die Zunge ist maßgeblich an der Bildung von Lauten beim Sprechen beteiligt (Wikipedia, Phonem, 2018). Mundbilder können oft nicht die vollständige Ausformung eines Wortes komplett wiedergeben, sondern nur Teile davon und zwar speziell die Teile des Wortes, die beim Sprechen zu besonders deutlichen und typischen Mundstellungen führen. Töne, die vor allem im Sprechapparat des Kehlkopfs oder durch die Zungenstellung produziert werden, lassen sich am Mundbild weniger deutlich oder gar nicht ablesen. So sieht zum Beispiel das Mundbild von "Mama" und "Papa" gleich aus.

Daneben wird das Mundbild eines Lautes durch den nachfolgenden oder vorgestellten Laut (Koartikulation) verändert. Lehrer an Schulen für Hörgeschädigte gestalten auch bewusst ihr Mundbild, um das Ablesen schwieriger Worte zu erleichtern, um zum Beispiel ein "L" besser erkennbar werden zu lassen wird die Zunge nicht an der Schneidezahninnenseite, sondern sichtbar auf die Schneidezahnunterkante angelegt, um so den Laut visuell zu symbolisieren (Wikipedia, Mundbild, 2017).

Um diesen komplexen Sachverhalt digital nachzustellen kam ein spezielles Zungen-Rig zum Einsatz. Dieses verfügt über eine dehnbare Kette von Deformationsobjekten welche es ermöglichten das verlängern der Zunge unter Beibehaltung der entsprechenden Form zu realisieren. Für die jeweiligen Phoneme die eine spezielle

Zungenform erforderten wurde diese durch parameterabhängige Schlüsselwerte (Driven Keys) realisiert. Um die Deformation der Zunge zu steuern konnten Translationen, Rotationen und Skalierungswerte auf den Steuerungsobjekten angewandt werden.

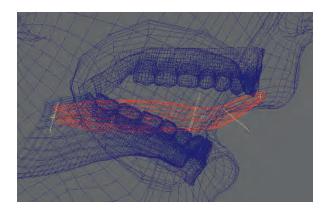


ABB. 12 Digitale Zunge (rot) mit den jeweiligen Kontrollobjekten (gelb)

Im Mundinnenraum wurde der Kiefer mit Zahnfleisch und Zähnen nachgebildet. Außerdem der gesamte Rachen als geometrische Beschreibung. Dies mag zunächst überflüssig erscheinen. Bei der Bildsynthese sind jedoch stets realistische Beschreibungen gefragt. Würde es keinen Mundinnenraum geben, wäre die Schattierung in den hinteren Bereichen des Kiefers zu hell.

5.4 **Dreh** —

Parallel zu den initialen Tests und zur Arbeit an der Büste, galt es den Dreh vorzubereiten, der im Frühjahr 2017 im Hermann-Hesse-Kabinett in Tübingen stattfinden sollte.



ABB. 13 Während den Drehaufnahmen im Hesse-Kabinett Tübingen

Zentraler Punkt der Vorproduktion war natürlich die Suche nach einem geeigneten Darsteller. Statur, Größe und Alter des Schauspielers sollten in etwa Albert Einstein im Alter von 70 Jahren entsprechen. Nach einer Recherche in der Datenbank der Filmakademie, fand das Casting im Februar und Anfang März 2017 statt. Dabei war das Erscheinungsbild ebenso wichtig, wie die Fähigkeit, die Sprechweise Einsteins zu imitieren. Zu diesem Zweck wurden mit dem favorisierten Schauspieler erste Sprechproben durchgeführt, wobei man auch direkt den Hintergrund und die Besonderheiten des Projektes ausführlich darlegen konnte. Als Schauspieler konnten wir schließlich Ernst Konarek für das Projekt gewinnen, der nicht zuletzt aufgrund seines charmanten Akzents im Englischen überzeugte.



ABB.14 Während den Drehaufnahmen im Hesse-Kabinett Tübingen

Ende März 2017 fanden die Dreharbeiten statt - mit einem sehr kleinen Team und minimalem Equipment, was aufgrund der räumlichen Enge des Drehorts auch nicht anders denkbar gewesen wäre. Da das gedrehte Material mit Ausnahme des Gesichts unangetastet bleiben sollte, kam für den Schauspieler eine Echthaarperücke zum Einsatz, um bereits am Filmset das charakteristische Haar Einsteins, ohne weitere digitale Überarbeitung in der Kamera einzufangen. Außerdem wurden dem Schauspieler Tracking-Marker im Gesicht angebracht, um das Motion Capturing zu unterstützen. Das Kostüm war von Fotografien Einsteins aus den 1950er Jahren inspiriert. Vor Ort wurden die Räumlichkeiten durch eine Szenenbildnerin visuell angepasst. Obwohl der Drehort schon weitestgehend unseren Vorstellungen entsprach, füllten wir das ohnehin schon beengte Zimmer mit einer Unmenge Requisiten. Zusätzliche Beleuchtung wurde aufgebaut, um eine optimale Bildgestaltung zu realisieren. Da nur ein Tag zur Produktion von insgesamt vier Episoden zur Verfügung stand, war das Team einem strikten Ablaufplan verpflichtet. Am Ende des Tages waren immerhin drei Episoden abgedreht und bereit, in die Postproduktion überführt zu werden.



ABB. 15/16 Während den Drehaufnahmen im Hesse-Kabinett Tübingen



5.5 Shot-Produktion

Nach dem Dreh wurden die ersten Schnittfassungen der jeweiligen Episoden angefertigt. Aus diesen ergab sich die Anzahl von Einstellungen, für die eine digitale Maske benötigt werden würde. Wir einigten uns darauf, mit der "Love Formula" Episode zu beginnen, die insgesamt drei Einstellungen mit dem digitalen Gesicht Albert Einsteins beinhaltet.

5.5.1 Erfassen der Kopfbewegung

Der Matchmove, also das Digitalisieren der Kopfbewegung, stellte trotz aller vorangegangenen Tests eine besondere Herausforderung dar. Um die originalen Haare zu erhalten und Retuschen weitestgehend zu vermeiden, wurde am Set auf Hilfsmittel, wie ein Stirnband mit Tracking Markern, verzichtet. So beschränkten sich die Marker auf das Gesicht, also den Bereich, der später ohnehin durch die digitale Maske verdeckt sein würde. Dies hatte den entscheidenden Nachteil, dass die ausgeprägte Mimik des Schauspielers und die damit verbundene Bewegung einen Großteil der Marker unbrauchbar machten.

Wie im Vorprojekt evaluiert, verließ man sich auf das Matchmoving mit einer, dem Kopf des Schauspielers gleichenden Geometrie. Dieses 3D-Modell leiteten wir auf der Grundlage des gedrehten Materials aus einem generischen Kopf ab. Da das Videobild eine Projektion des realen Objekts auf die Sensorebene der Kamera darstellt, ist das sogenannte Geo-Tracking die Umkehroperation, die bei bekannter Sensorgröße und Brennweite, durch die Analyse des 2D-Bildes auf die Orientierung und Position des Objekts schließen lässt. Um dabei auch die Entfernung zur Kamera ableiten zu können, ist es nötig, ein Objekt anzunehmen, dessen Größe über alle Einzelbilder hinweg konstant bleibt. Eine scheinbare Änderung der Größe in der 2D-Projektion bedeutet dann immer eine Bewegung auf der Kameraachse.

Zuerst kam für das Tracking das bereits im Vorfeld evaluierte Tool PFTrack zum Einsatz, das mittels eines größtenteils automatisierten Trackingprozesses schnell zu halbwegs brauchbaren Ergebnissen führte, aber schließlich zu unserer aller Ernüchterung nicht über diesen Zwischenstand hinauskam. Auch nach langem Herumexperimentieren mit unterschiedlichsten Tracking-Parametern und dem Setzen einer Unzahl von Keyframes, gelang es uns nicht, damit völlig zufriedenstellende Resultate zu erzielen. PFTrack bot uns nicht die nötige Freiheit, auf die halbautomatisch erstellten Tracking-Ergebnisse Einfluss zu nehmen. Vor allem in den Einstellungen, in denen sich der Schauspieler der Tafel zuwendet und das Gesicht nur noch als Profil zu sehen ist, das Bild also jegliche für das Erfassen der Kopfbewegung verwendbare Information vermissen lässt, war ein einzelbildweises Justieren unvermeidbar. Eine Alternative musste also gefunden werden.

Bei der initialen Recherche nach geeigneten Tracking-Tools wurden wir auf Keen Tools⁷ aufmerksam, das als Nuke-Plugin eine lückenlose Integration in den etablierten Compositing-Prozess versprach. Im Vorprojekt kamen wir jedoch nicht über ein kurzes Antesten der Demo-Version hinaus. Nachdem wir mit dem ursprünglich geplanten Ansatz nicht weiterkamen, war es nun an der Zeit, dem Plugin eine zweite Chance zu geben. Keen Tools umfasst mehrere Module, die allesamt auf Matchmoving und Tracking spezialisiert sind, wobei die Kernkomponente, der sogenannte Geo-Tracker, ähnlich wie PFTrack das Erfassen der Translation und Rotation eines Objekts aus 2D-Bilddaten mithilfe einer dem Zielobjekt entsprechenden 3D-Geometrie erlaubt. Die zweite wichtige Komponente von Keen Tools ist Face Builder, eine Umgebung, die vor allem Komfortfunktionen für das Angleichen

7 https://www.keentools.io/

einer generischen Geometrie an einen realen Kopf bereithält. Grundlage ist eine Bildsequenz mit verschiedenen Ansichten vom nachzubauenden Kopf. Mittels manuell gesetzter Anfasser lässt sich die Ausganggeometrie schnell in die richtige Position bringen und verzerren. Bevor wir uns an das Tracking der gedrehten Einstellungen machten, erstellten wir auf diese Art und Weise eine digitale Version unseres Schauspielers Ernst Konarek. Der resultierende 3D-Kopf war für die anschließenden Arbeitsschritte ausreichend nahe am Vorbild, so dass eine zusätzliche Photogrammetrie des Darstellers nicht notwendig war.

Das eigentliche Tracking mit Keen Tools umfasste schließlich zwei Arbeitsschritte. Zuerst erfassten wir die Kopftransformationen in einem halbautomatischen Prozess, in dem 10 bis 20 gezielt gesetzte Stützpunkte für das Tracking aller übrigen Frames herangezogen wurden. Die Frames zwischen diesen Keyframes wurden automatisch evaluiert. Anschließend ging es an ein langwieriges händisches Anpassen der Animationskurven, um Fehler auszumerzen, Lücken zu füllen oder Bewegungen, die überhaupt nicht automatisch trackbar waren, wie das besagte Umdrehen des Darstellers in Richtung Tafel, zu ergänzen. Allgemein waren Motion Blur und die starken Translationen der Qualität des automatischen Trackingprozesses nicht zuträglich und machten dieses manuelle Anpassen der Kopftransformation an vielen Stellen unabdingbar.

5.5.2 Animation

Nach dem Erfassen der Kopfbewegung des Schauspielers konnte mit der Animation begonnen werden. Wir planten anfangs, das Schauspiel des Darstellers mit Faceware zu erfassen und auf das digitale Gesicht Einsteins zu übertragen, einen Workflow, den wir im Vorprojekt eingehend untersucht und als durchführbar befunden hatten. Nach einigen Anläufen erwies sich diese Herangehensweise jedoch als nicht praktikabel, da das Bild der Hauptkamera⁸, das uns für das Tracking der Mimik zur Verfügung stand, sich durch eine zu geringe Auflösung und eine hohe Bewegungsunschärfe für diesen Einsatz nicht eben auszeichnete. So nahm das Gesicht des Schauspielers in einigen Shots nicht mehr als ein Viertel der Bildhöhe ein. Der resultierende, für das Tracking vorliegende Bildausschnitt war somit zu niedrig aufgelöst und der gesamte Ansatz daher ungeeignet - ein Rückschlag, dem wir in zukünftigen Projekten durch eine höhere Auflösung und bessere Abdeckung durch Witness-Cams begegnen würden. Letztlich entschieden wir uns also für eine händische Keyframe-Animation des Gesichtes, was wir anfänglich versuchten zu vermeiden, mehr aus zeit- und ressourcengründen als aus Qualitätsgründen. Das Schauspiel diente dabei jedoch stets als Referenz, an der man versuchte so nah wie möglich zu arbeiten und so die originäre Mimik des Darstellers zu konservieren. Unserer Animatorin, die bereits im Umgang mit AFS geschult war, gelang es, in nur knapp 10 Tagen die Animation von allen drei Episoden abzuschließen, war also eindeutig schneller im Vergleich zum halbautomatischen Tracking und zudem

8 http://www.arri.com/de/camera/alexa/

präziser im interpretieren des Schauspiels. Zudem konnten wir, wenn gewünscht, Bewegungen zugunsten eines stärkeren oder passenderen Ausdrucks ändern, also künstlerisch motiviert in die Animation eingreifen.

Die Videovorlage des Schauspielers war bei der Umsetzung der Animation zunächst das wichtigste Hilfsmittel. Anhand der Bewegungen im Gesicht konnte die Animationsspezialistin die entsprechenden Muskelgruppenbewegungen ableiten und diese entsprechend für die digitale Figur aktivieren. Dieser Vorgang der Übertragung von Bewegungsinformationen wird im Allgemeinen auch als Rotoskopie (Wikipedia, Rotoskopie, 2018) bezeichnet. Dabei dienen reale Vorlagen als Hilfestellung für das digitale Abbild.

Ein weiterer wichtiger Punkt in der Umsetzung der Animation war die synchrone Bewegung der Lippen zum Ton. An dieser Stelle konnte ein gängiger Trick angewandt werden der in der Animation von Gesichtern (klassisch 2d oder 3d) weite Verbreitung findet. Dabei wird das Bild (die Animation) immer zeitlich versetzt zum Ton, etwa 3 Bilder früher, dargestellt. Da wir das Bild sehen bevor der Schall die hörbaren Wellen übertragen kann, wird so eine besonders überzeugende Balance aus visueller und akustischer Verarbeitung der Information sichergestellt.

Die Kopfbewegung war natürlich durch die Bewegung des Schauspielers vorgegeben. Alle anderen Parameter zur Steuerung der Mimik inklusive Augenbewegung konnten davon jedoch abweichen. So wurde beispielsweise an bestimmten Stellen ein zusätzliches Blinzeln eingebaut. Auch die Blickrichtung wurde bei in mehreren Einstellungen angepasst um stärker auf den Betrachter zu reagieren. Lippenformationen (Wikipedia, Mundbild, 2017) wurden in der Intensität angepasst um bestimmten Bereichen eine stärkere Gewichtung zu erteilen.

Die Animation wurde in mehreren Zyklen iterativ erstellt. Erste schnelle Versionen wurden ohne aufwändiges Berechnen der finalen Qualität erzeugt. Dazu wurde die Darstellung im Viewport der Animationsapplikation (Maya) verwendet. In der darauffolgenden Nacht fand in der Regel das aufwändige Berechnen der eigentlichen Bilder mit allen Zusatzinformationen statt. Dadurch konnte am nächsten Tag eine Version in voller Qualität begutachtet werden. Diese war die Grundlage für Diskussionen um das weitere Vorgehen um die Animation zu verfeinern.

Die im Kapitel 4.3.5. beschriebenen Realistischen Lippen (Sticky Lips) mussten von der Animationsspezialistin manuell aktiviert werden. Eine Vollautomatische Lösung war hier nicht möglich. Dieser Effekt war jedoch sehr schnell erstellt und erfolgte in der Regel nachdem die Animation im Großen und Ganzen abgenommen war.

Die Animation erfolgte anders als geplant manuell. Dennoch sind wir zu der Erkenntnis gelangt, dass der Schritt der Animation von der künstlerischen Interpretationsgabe einer Animationsspezialistin profitiert. Leider lässt sich dieser Vorgang schlecht skalieren. Für eine umfangreichere Produktion würden nur spezialisierte Animationskünstler in Frage kommen.

5.5.3 Compositing

Die Integration des digitalen Gesichts in das gedrehte Material war die Hauptaufgabe im Compositing und erwies sich als unerwartet anspruchsvoll. Neben der farblichen Harmonisierung, ging es hier an die Maskierung des gerenderten Kopfs sowie das Anpassen des Videomaterials.

Um das Rendering über das Gesicht des Schauspielers legen zu können und den Übergang zwischen realen und digitalen Bildanteilen zu kaschieren, bedurfte es weicher Masken, die sich entsprechend der Kopfbewegung transformierten. Da wir hierbei, sofern möglich, auf ein zeitaufwändiges Rotoscoping verzichten wollten, projizierten wir Masken auf jene Geometrie, die wir für das Tracking des Kopfes verwendet hatten oder generierten die dynamischen Alpha-Masken aus dem Point-Position-Pass des Renderings. Bei der Projektionsmethode verwendeten wir den UV-Space der Tracking-Geometrie, um mittels Rotoscoping-Shapes im Alpha-Kanal transparente und deckende Bereiche zu definieren. Diese Information wiesen wir wiederum der Tracking-Geometrie als Textur zu, wodurch sich die Alpha-Maske korrekt mit dem digitalen Gesicht bewegte, vorausgesetzt das Tracking war präzise. Da die für das Tracking verwendetet Geometrie dem digitalen Einstein aber nicht wirklich ähnlich sah - war sie doch vom Darsteller abgeleitet, nicht von Einstein - und sich das 3D-Modell zudem nicht entsprechend der Mimik verzerrte, kam es zu Lücken in der Alpha-Maske, sobald sich der Kopf zu stark aus der Frontalansicht hinausbewegte. Den Einstein-Kopf als Projektionsgrundlage zu verwenden, hätte uns aber auch nur geringfügig weitergebracht, da sich die Haare nicht sinnvoll in Nuke importieren ließen und die resultierende Alpha-Maske spätestens in der Profilansicht die Augenbrauen und den Bart vermissen lassen würde. Die zweite Herangehensweise setzte einen brauchbaren Point-Position-Pass (Positionen der durch die Bildpunkte beschriebenen Objekte) aus dem Rendering voraus, uns stand jedoch nur ein fehlerfreier World-Position-Pass (Positionen der durch die Bildpunkte beschriebenen Objekte relativ zur Welt) zur Verfügung, da die Gesichtsbehaarung erst zur Renderzeit erzeugt wurde und deshalb nicht als Referenzgeometrie für die Maya-interne Berechnung des Point-Position-Passes vorlag. Nach einiger Recherche fand sich ein Weg, durch eine Farbanpassung in Nuke und mithilfe eines entsprechend des Geo-Trackings bewegten Locator-Objekts die Weltkoordinaten der einzelnen Bildpunkt in Objektkoordinaten umzuwandeln, also aus der World-Position eine Point-Position zu generieren. Diese weist für jeden Bildpunkt die relative Position in abhängig von der Geometrie des Einsteinkopfes als RGB-Farbwerte aus. Eine aus einem bestimmten Farbwert erstellte Alpha-Maske transformiert und verformt sich somit entsprechend der Kopfbewegung und erlaubte es uns, das gerenderte Bild präzise und vergleichsweise unkompliziert mit weichen Übergängen in das gedrehte Material vom Set einzubauen.

Sowohl der Körper als auch der Kopf des Darstellers erwiesen sich für die Statur Einsteins als etwas zu voluminös und verlangten nach einem Eingriff im Compositing. Grid-Warps und STMaps erlaubten eine Anpassung der Kopfform an Wangen und Stirn. Hierzu verwendeten wir eine Farbfläche, deren Grünwert mit der Höhe und Rotwert mit der Breite stetig anstieg und wiesen sie, aus der Kamerasicht projiziert, als Textur jener Geometrie zu, die für das Tracking verwendet wurde. Rendert man nun dieses Setup auf den UV-Space des Kopfes und verformt das Ergebnis anschließend, folgt die Verformung der Rot-Grün Textur der Bewegung des 3D-Kopfes. Eine STMap erlaubt letztlich die Übertragung der Verzerrung auf das Ausgangsmaterial. Durch dieses komplexe Setup (Abbildung 17) war es möglich, das Gesicht des Schauspielers nur für einen einzigen Frame anzupassen und den Effekt der Verzerrung trotzdem über die gesamte Länge des Shots wirken zu lassen. Im Verlauf dieses Eingriffs erhöhten wir die Stirn und verschlankten die Wangen und den Hals. Durch den schmaleren Kopf wurden Bereiche im Hintergrund sichtbar, die im Rohmaterial durch den Schauspieler verdeckt waren und nun erweitert werden mussten.

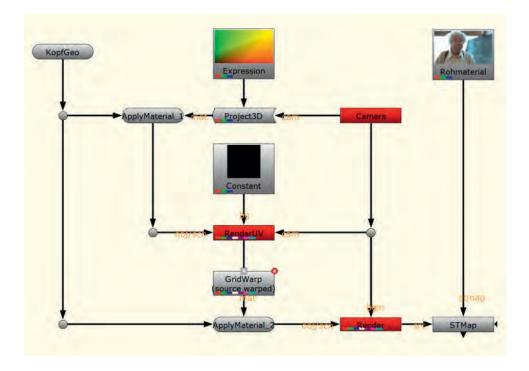
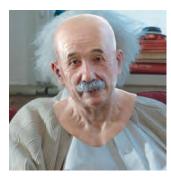
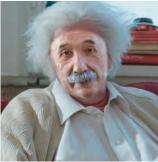


ABB. 17 Node-Setup in NukeX mit Grid-Warp und STMap-Node

Die Harmonisierung von gedrehtem Material und CG-Render geschah durch Farbanpassungen in Nuke (Abbildung 18). Wir arbeiteten dabei nicht nur auf dem finalen Renderbild, sondern veränderten wenn nötig auch die einzelnen Passes für Glanzlichter, Reflexionen oder Diffusanteile der Haut. Tiefen- und Bewegungsunschärfe rundeten das Compositing ab.





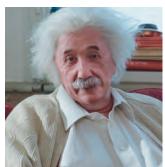


ABB. 18 roher CG-Kopf auf Videomaterial, mit weichen Masken, nach Harmonisierung (v.l.n.r.)

9 https://youtu.be/UVAUaBf9vkM

Für eine Einstellung galt es, die Titelseite einer Zeitung einzufügen. Am Set wurde dazu lediglich Zeitungspapier mit Markern versehen, um später die leeren Seiten mit aktuellen Nachrichtenthemen füllen zu können.

In iterativen Schritten wurden die Animationen überarbeitet, die einzelnen Bilder gerendert und im Compositing in das Originalbild integriert. Die weiteren Episoden "Smart Phone" und "Human Being" realisierten wir in den letzten Monaten des Projektes. Im Dezember 2017 konnten schließlich drei Kurzfilme auf dem Youtube-Kanal⁹ der Abteilung Forschung und Entwicklung des Animationsinstituts veröffentlicht werden.

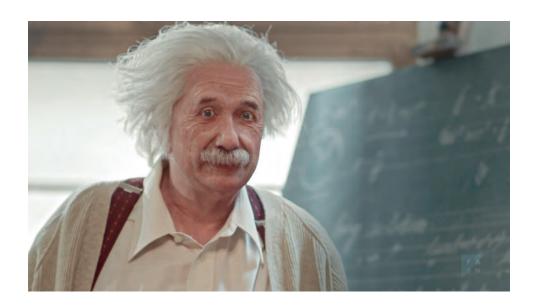


ABB.19 Integration der digitalen Maske für die Episode "Love Formula"

Evaluation

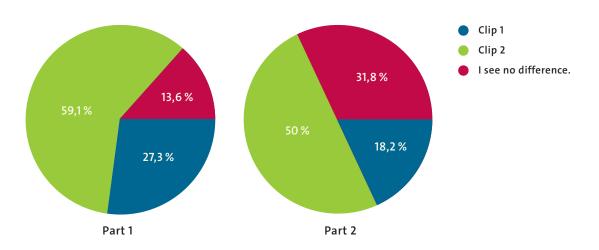
Der Produktion des digitalen Gesichts schloss sich eine Evaluation an, wobei die Aufmerksamkeit dem Rig und der Qualität der erzeugten Bewegungen, also insbesondere unserem AFS-Ansatz, galt.

6.1 Quantitative Evaluation

Um die Tauglichkeit unseres Ansatzes quantitativ zu belegen, versammelten wir ein Testpublikum von 22 Personen und präsentierten vier kurze, eigens für das Experiment vorbereitete Sequenzen.

Die ersten beiden Clips zeigten ein und dieselbe Animation, die im Wesentlichen aus einzelnen Action Units bestand, die der Reihe nach langsam bis zur maximalen Auslenkung eingefahren wurden. In zufälliger Reihenfolge sah das Publikum die Animation einmal auf Basis eines Blendshape-Rigs, dann unter Verwendung von AFS, wobei das Blendshape-Rig aus dem AFS-Rig abgeleitet wurde unter Nichtbeachtung aller nichtlinearer Zwischen-Shapes. Das erhoffte Ergebnis war natürlich, dass die AFS-Variante als überzeugender wahrgenommen würde, was sich tatsächlich in der anschließenden Umfrage bestätigte. 59% der Befragten attestierten dem mit einem AFS-Rig versehenen Kopf eine höhere Überzeugungskraft (Part 1).

Zusätzlich zeigten wir einen Ausschnitt aus dem Clip "Love Formula", der unter Verwendung von sowohl AFS als auch Blendshapes produziert wurde. Das Ergebnis fällt hier weniger eindeutig aus, was vermutlich den Compositing-Effekten, wie Bewegungs- und Tiefenunschärfe, digitales Filmkorn und einer geringeren effektiven Auflösung, geschuldet ist (Part 2).



Eine Online-Evaluation der gleichen Videos mit 18 Teilnehmern unterstrich das Ergebnis. 72% der Betrachter bestätigten hier, dass unsere Herangehensweise zu überzeugenderen Resultaten führt.



Da es sich bei dieser Produktion in erster Linie um ein Forschungsprojekt handelte, war auch eine abschließende Bewertung unserer Herangehensweise obligatorisch. Manchmal gingen wir etwas zu optimistisch an komplexe und uns unbekannte Arbeitsschritte heran und sind im Nachhinein selbst überrascht, dass unsere teilweise improvisierten und sicherlich nicht idealen Lösungen letztlich zu einem erfolgreichen Abschluss geführt haben. Einige besonders kritische Fälle möchten wir nicht vorenthalten. So war es sicher riskant, davon auszugehen, dass man die Kopfbewegung des Schauspielers ohne weitere Hilfsmittel wie Trackingmarker oder Witnesskameras in ausreichender Qualität erfasse könnte. Die bereits beschriebenen Probleme und Verzögerungen, die sich beim Matchmove daraus ergaben, hätten durch eine intensivere Testphase und unter Berücksichtigung von alternativen Ansätzen wie beispielsweise Motion Capturing, vermieden werden können. Weiterhin wäre es wünschenswert gewesen, das Schauspiel mehr oder weniger automatisiert auf das Gesichtsrig zu übertragen, was aber durch eine zu niedrige Auflösung der Hauptkamera nicht möglich war - ein leicht vermeidbarer Missstand. Wahrscheinlich hätten wir uns auf zwei Durchgänge einlassen sollen, der erste mit Schauspieler und Perücke im eingerichteten und ausgeleuchteten Set samt Kopfbewegungen und Gestik, der zweite mit einer hochauflösenden Helmkamera ausschließlich für die Mimik. Man lernt eben nie aus. Oder wie Einstein (wahrscheinlich zu Unrecht) zitiert wird: "Zwei Dinge sind unendlich, das Universum und die menschliche Dummheit."

6.2 Weiteres Feedback

Auf Konferenzen, Präsentationen, Workshops und sozialen Netzwerken stellten wir die drei Episoden einem breiteren Publikum vor und versuchten durch anschließende Diskussionen Meinungen einzuholen.

Generell fielen die Rückmeldungen erfreulich positiv aus. Die meisten Zuschauer lobten die Gesamtqualität der Clips und zeigten sich teilweise überrascht darüber, dass es einer deutschen Produktion, zumal einem Forschungsprojekt, gelungen war, mit den großen internationalen Filmproduktionen in vielen Aspekten gleichzuziehen. Viele versäumten dabei nicht, die variierende Qualität der Episoden zu betonen. Während "Human Being" auf ganzer Linie überzeugte, gab es zur "Love Formula" vereinzelt Kritik am Tracking des Kopfes. "Smartphone" war am häufigsten der Kritik ausgesetzt, insbesondere hinsichtlich der Animation und der Integration im Compositing. Je nach Kenntnisstand und Vorerfahrung der Rezipienten in den Bereichen Computeranimation und Visuelle Effekte unterschied sich die allgemeine Akzeptanz der Clips deutlich. Wies man beispielsweise Laien im Vorfeld nicht auf die Besonderheiten der Machart hin, konnte sie unseren Einstein in den meisten Fällen nicht als digitale Figur oder wenigstens Videomanipulation entlarven. Fachkundiges Publikum hingegen erkannte das Gesicht sofort als digital produziert und erging sich anschließend in langen Diskussionen vor allem darüber, an welchem Punkt die Illusion letztlich brach. Konsens war dabei die unpassende Kopfform des Darstellers und das Shading der Augen.

Organisation und Dissemination

Das folgende Kapitel beschreibt die Produktions- und Projektmanagementstrategien, die unserem Forschungsprojekt zugrunde gelegt wurden. Außerdem stand von Beginn an fest, dass die in der Produktion entstandenen Resultate nicht nur wissenschaftlich ausgewertet sondern auch einem breiteren Publikum zugänglich gemacht werden sollten. So war auch die anschließende Verwertung Gegenstand frühzeitiger Planung.

7.1 Projektmanagement

Da sich die Produktionszeit der drei Episoden samt Vorbereitung über einen langen Zeitraum erstrecken würde und dabei die Aufgaben unter mehreren Mitwirkenden aufzuteilen waren, bedurfte es einer belastbaren und verständlichen Projektplanung. In Bezug auf das Profil der Kreativen und die Art der Einzelarbeitsschritte war unser Unterfangen einem klassischen VFX-Projekt gleichzusetzen und empfahl sich so für einen linearen Produktionsplan. Sofort bei Beginn des Projekts gab ein erster Plan Aufschluss über die Aufgaben und Milestones innerhalb der Test- und Recherchephase, die als Miniaturversion der eigentlichen Produktion angelegt war und alle wesentlichen Arbeitsschritte, wie Rigging, Animation, Shading oder Rendering umfasste. Nachdem der gewählte Workflow für praktikabel befunden wurde, ging es an das Aufstellen eines umfangreichen Projektplans für die gesamte Produktionszeit. Wir wählten hierfür eine Tabellendarstellung mit Google Sheets (Abbildung 20), welche die einzelnen Aufgaben nach Projektmitwirkendem und Arbeitswochen geordnet auflistete. Wöchentliche Sitzungen, sogenannte Reviews, erlaubten eine realistische Einschätzung des Fortschritts und ermöglichten den Projektmitwirkenden, sich über Probleme auszutauschen und Feedback zu geben. Da die Teamgröße zu jedem Zeitpunkt der Produktion sehr überschaubar war und wir zudem alle Tür an Tür saßen, genügten diese meist nur halbstündigen Weeklies für das Projekt-Tracking vollkommen. Gelegentlich musste der Produktionsplan nach solchen Treffen angepasst oder neue Unterstützer als Ressource eingepflegt werden. Zur Hochzeit im September und Oktober 2017 arbeiteten fünf Artists und ein Technical Director zeitgleich an Einstein. In der Endphase, als vor allem an den Compositings gefeilt wurde und sich der Look innerhalb kurzer Zeit massiv ändern konnte, verkürzten wir die Iterationszeiten und führten tägliche Reviews ein. Federführend in diesen Feedback-Runden war ein freischaffender Compositing-Supervisor, der für die letzten drei Produktionswochen zum Projekt dazu stieß und die Arbeitsweise maßgeblich beeinflusste.



Die entstandene Arbeit zeichnet sich vor allem durch eine vergleichsweise kurze Umsetzungsphase aus, was zuerst überraschen mag, blickt man auf den Produktionsplan, der eine Herstellungszeit von nahezu zwei Jahren umfasst. Es ist wichtig zu erwähnen, dass die Mitwirkenden nicht Vollzeit am Projekt gearbeitet haben, sondern oftmals nur ein bis zwei Tage pro Woche investieren konnten, vor allem in der Anfangszeit, in der ein Großteil der Recherchen und Tests von einem externen Artist in Teilzeit durchgeführt wurden. Auch die Entscheidung für eine passende Figur geschah in den ersten Wochen. Für das digitale Asset wurden schätzungsweise 85 Personentage benötigt, was in etwa vier Monaten entspricht. Dieses Arbeitspaket umfasste die Erstellung des Assets samt Basisgeometrie, Animation-Rig, Texturen, Shadern, Dynamic Displacements und Facial Hair. Eingerechnet sind regelmäßige Look-Tests und deren Aufbereitung im Compositing. Eine ähnliche Dauer ergab sich für die eigentliche Umsetzung der drei Episoden. Diese Shot-Produktion beinhaltete die Arbeitsschritte Tracking, Animation, Shading, Lighting, Compositing, Sound Design und Grading. Die Gesamtproduktionszeit für alle drei Episoden betrug demnach in etwa 165 Projekttage.

ABB. 20 Produktionsplan für die gesamte Produktionszeit von Februar 2016 bis November 2017

7.2 Dissemination

Der Projektfortschritt ist im Wiki der Filmakademie fortlaufend dokumentiert. Wir entschieden, bis zur finalen Fertigstellung keine visuellen Abbildungen zu kommunizieren, um den maximalen Überraschungseffekt bei der Veröffentlichung zu erzielen.

Die exemplarischen Daten der Episode "Human Being" wurden auf der Projektseite¹⁰ zum Download veröffentlicht. Unserer Ansicht nach beinhaltet diese Episode die überzeugendste Abbildung und Mimik des digitalen Albert Einstein. Der Datensatz ermöglicht den intensiven Einblick in die Entstehung der 3 Kurzfilme. Darüber hinaus zeigt er sehr deutlich, wie umfangreich und aufwändig die computergenerierten Bestandteile (Assets) für einen digitalen Darsteller beschaffen sein müssen.

10 https://animationsinstitut.de/ de/forschung-rd/projects/ digital-actors-in-documentary/





ABB. 21 Das ARD Mittagsmagazin berichtet im April 2018 über die Produktion

Ein wissenschaftlicher Aufsatz, der im Herbst zum Data-Driven Animation Techniques Workshop der Siggraph Asia Konferenz eingereicht und angenommen wurde, befasste sich ausführlich mit den Produktionstechniken und der für die Gesichtsdeformationen verwendeten Methodik. Da es sich um eine Workshop-Publikation handelt, wurde diese zwar nicht im offiziellen Teil der Konferenzpublikationen gelistet, das Paper nun aber zur Veröffentlichung beim Fachjournal Computer Animation and Virtual Worlds¹¹ vorgeschlagen. Im August wird die Produktion bei der renommierten Siggraph Konferenz in Vancouver im Vorgestellt. Ein umfangreicher Artikel für das Fachmagazin Digital Production und das Computermagazin CT wurden erstellt. Auf der Internet Plattform Slashcam¹² fand eine intensive Diskussion zu den Filmen statt. Darunter sehr viel positive wie auch vereinzelt kritische Stimmen. Interessant an diesem Beitrag war, dass die Redaktion von Slashcam im Vorfeld ein internes Screening durchgeführt hatte. Verschiedene Teilnehmer wurden zu ihrem Eindruck befragt. Dabei wurden die Filme unbedarften Personen gezeigt. Fast unisono war die Reaktion, dass irgendwas nicht ganz zu stimmen scheint, aber niemand kam darauf, dass es sich um ein digital simuliertes Gesicht handeln könnte.¹³ Ob diese Reaktion mit der Inszenierung Einsteins in der gegenwärtigen Zeit zusammenhängt, mit der ungewohnt hohen Qualität an Filmmaterial oder den Herausforderungen der Integration der digitalen Bildanteile ist unklar.

Eine umfangreiche Berichterstattung wurde für das Fernsehen realisiert. Unterschiedliche Beiträge wurden in der Kalenderwoche 17 bei Arte Xenius, 3-Sat Nano, dem ARD Mittagsmagazin und der SWR Landesschau ausgestrahlt. Der NANO-Beitrag wird nun auch bei der Deutschen Welle beim Wissenschaftsmagazin "Projekt Zukunft" ausgestrahlt. Der Beitrag für Nano wurde einige Wochen später für das Programm der Deutsche Welle auf Englisch, Spanisch und Arabisch übersetzt. Die Reichweite beträgt bis zu 308 Partner der Deutschen Welle weltweit. Zusätzlich werden die Filme eingereicht. So wurden die Kurzfilme zum Beispiel bei dem renommierten Anima Mundi¹⁴ Festival in Rio de Janeiro, Brasilien angenommen.

- 11 http://onlinelibrary. wiley.com/journal/10.1002/ (ISSN)1546-427X
- 12 https://www.slashcam.de
- 13 https://www.slashcam.de/ news/single/Uncanny-Valleydurchquert--Digitaler-Einsteinvom--14228.html
- 14 http://www.animamundi.com.br/

8 Ausblick

Die Erzeugung Digitale Darsteller, vor allem deren überzeugende Mimik, galten lange als enorm schwieriges Unterfangen. Daran hat sich wenig geändert wobei die Vielzahl aktueller Beispiele (Siren, 2018) (Seymour, Making Thanos Face the Avengers, 2018) darauf schließen lässt, dass bessere Hilfsmittel und Workflows einen entscheidenden Beitrag zu überzeugenden digitalen Darstellern liefern können. Festzustellen bleibt, dass es wenig inhaltlich wertvolle Beispiele gibt, die den Einsatz von Digitalen Schauspielern über Superhelden-Filme hinaus aufzeigen. Die im Projekt entstandenen Filme sind als exemplarisches Beispiel für neue Möglichkeiten mit digital animierten Bildinhalten zu verstehen. Im Rahmen der Ausbildung an der Filmakademie werden die fachspezifischen Komponenten den Studierenden im Rahmen von Seminaren gelehrt.

Am Animationsinstitut der Filmakademie wurden unterschiedliche Projekte zu den Themengebieten Mimik, Emotion, Gesichtsanimation und Digitale Schauspieler durchgeführt. Es zeigt sich deutlich, dass eine Steigerung der Effizienz durch mittlerweile sehr umfangreiche und intensiv erprobte Verfahren (Facial Animation Toolset) erreicht werden konnte. Die Zukunft wird voraussichtlich mit den Möglichkeiten der Echtzeit Technologie neue Anwendungsfelder erschließen. Digitale Assistenten, denen heute noch ein überzeugendes Gesicht fehlt, könnten eine mögliche Anwendung darstellen. Auch in der Robotik gibt es Bestrebungen die dahin gehen Maschinen, welche den Menschen unterstützen sollen, mit mehr Emotionen auszustatten. Was könnte dazu besser geeignet sein als ein menschliches Gesicht.

Literaturverzeichnis

- BADLER, N. I. (1982). Modelling flexible articulated objects. In Proc. Computer Graphics' 82, Online Conf.
- EKMAN, P., & FRIESEN, W. V. (1978). The Facial Action Coding System. Palo Alto, CA: Consulting Psychological Press.
- FAIGIN, G. (199). The Artist's Complete Guide to Facial Expression. Watson-Guptill Publications.
- GENIUS. (11. 05 2018). Wikipedia. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Genius_ (Fernsehserie) abgerufen
- HAVALDAR, P. (2006). Sony Pictures Imageworks. In ACM SIGGRAPH 2006 Courses (SIGGRAPH '06). ACM, New York, NY, USA, Article 5 . doi:https://doi.org/10.1145/1185657.1185845
- JAEWOO SEO, G. I. (2011). Compression and direct manipulation of complex blendshape models. In Proceedings of the 2011 SIGGRAPH Asia Conference (SA '11). ACM, New York, NY, USA, Article 164, 10 pages. doi:https://doi.org/10.1145/ 2024156.2024198
- MAGNENAT-THALMANN, N. L. (1988). Joint-dependent local deformations for hand. In Graphics Interface.
- NEUMANN, J.-Y. N. (2006). Expression cloning. Expression cloning. In ACM SIG-GRAPH 2006 Courses (SIGGRAPH '06). ACM, New York, NY, USA, Article 22. doi:https://doi.org/10.1145/1185657.1185862
- PINSKIY, E. M. (2009). Realistic eye motion using procedural geometric methods. In SIGGRAPH 2009: Talks (SIGGRAPH '09). ACM, New York, NY, USA, Article 75, 1 pages. doi:https://doi.org/10.1145/1597990.1598065
- SEYMOUR, M. (20. 10 2017). MPC Replicating Rachael in Blade Runner 2049. Von fxguide: https://www.fxguide.com/featured/mpc-replicating-rachael-in-blade-runner-2049/abgerufen
- SEYMOUR, M. (17. 05 2018). Making Thanos Face the Avengers.

 Von https://www.fxguide.com/ featured/making-thanos-face-the-avengers/abgerufen
- SIREN. (21. 03 2018). Siren Real-Time Performance | Project Spotlight | Unreal Engine. Von https://www.youtube.com/watch?v=90wTAISsvwk abgerufen
- VOLKER HELZLE, C. B. (2004). Adaptable setup for performance driven facial animation. In ACM SIGGRAPH 2004 Sketches (SIGGRAPH '04), Ronen Barzel (Ed.). ACM, New York, NY, USA, 54-. Los Angeles: ACM. doi:https://doi.org/10.1145/1186223.1186291
- WIKIHUMAN. (2017). The Wikihuman Project. Von http://gl.ict.usc.edu/Research/ DigitalEmily2/ abgerufen
- WIKIPEDIA. (2001). Final Fantasy: Die Mächte in dir. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Final_Fantasy:_Die_M%C3%A4chte_in_dir abgerufen
- WIKIPEDIA. (2002). Der Herr der Ringe: Die zwei Türme (Film). Von https://de. wikipedia.org/wiki/Der_Herr_der_Ringe:_Die_zwei_T%C3%BCrme_(Film) abgerufen

- WIKIPEDIA. (2003). Der Herr der Ringe: Die Rückkehr des Königs (Film). Von https://de.wikipedia.org/wiki/Der_Herr_der_Ringe:_Die_R%C3%BCckkehr_des_K%C3%B6nigs_(Film) abgerufen
- WIKIPEDIA. (2004). Der Polarexpress. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Der_Polarexpress abgerufen
- WIKIPEDIA. (2007). Die Legende von Beowulf. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Die_Legende_von_Beowulf abgerufen
- WIKIPEDIA. (2008). Der seltsame Fall des Benjamin Button. Von https://de.wiki-pedia.org/wiki/Der_seltsame_Fall_des_Benjamin_Button abgerufen
- WIKIPEDIA. (2009). Charles Dickens' Disneys Eine Weihnachtsgeschichte. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Disneys_Eine_Weihnachtsgeschichte abgerufen
- WIKIPEDIA. (2015). Musculus Orbicularis oris. Von https://de.wikipedia.org/wiki/ Musculus_orbicularis_oris abgerufen
- WIKIPEDIA. (2016). Rogue One: A Star Wars Story. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Rogue_One:_A_Star_Wars_Story abgerufen
- WIKIPEDIA. (2017). Mundbild. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Mundbild abgerufen
- WIKIPEDIA. (2017). Viseme. Von https://en.wikipedia.org/wiki/Viseme abgerufen
- WIKIPEDIA. (2018). Blade Runner 2049. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Blade_Runner_2049 abgerufen
- WIKIPEDIA. (2018). Kindchenschema. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Kindchenschema abgerufen
- WIKIPEDIA. (30. 04 2018). Motion Capture. Von https://de.wikipedia.org/wiki/ Motion_Capture abgerufen
- WIKIPEDIA. (2018). Phonem. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Phonem abgerufen WIKIPEDIA. (2018). Rotoskopie. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Rotoskopie abgerufen
- WIKIPEDIA. (2018). Uncanny Valley. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Uncanny_Valley abgerufen

Danksagung

Speziellen Danke an Ernst Konarek (Schauspieler), Leszek Plichta (Regie und Digital Sculpting), Lisa Ecker (Rigging), Julian Oberbeck (Real-Time Shading), Angela Jedek (Animation), Florian Greth (Compositing), Christian Heck (Sound Design), Elmar Weinhold (Grading), Kader Bagli (3D Generalist), Jiayan Chen (Facial Hair Creation), Simon Spielmann (Kamera), Andreas Schuster (Boom), Claudia Frank (Production Design), Frederika Höllrigl (Make-up), Holger Schönberger (Lighting), Juliane Voigtländer (Casting) and Jan Ptassek (Sculpt).

Über die Autoren



VOLKER HELZLE ist verantwortlich für den Bereich Forschung und Entwicklung am Animationsinstitut der Filmakademie Baden-Württemberg. Nach seinem Abschluss an der Hochschule der Medien im Jahr 2000 zog er nach Kalifornien und arbeitete bei Eyematic Interfaces. 2003 wechselte er zur Filmakademie. Er ist Senior Lecturer für die Studienvertiefung zum Technical Director und FMX Program Consultant. 2013 erhielt Volker die Honorarprofessur der Filmakademie. Als C-64-Kind der 80er Jahre war Volker stark von Videospielen und den Anfängen der Computergrafiken beeinflusst. Bis heute ist er leidenschaftlicher Gamer, interessiert sich aber auch für analoge Aktivitäten wie Bergwandern, Gartenarbeit oder Yoga.



KAI GÖTZ arbeitet seit 2014 als CG-Generalist für den Bereich Forschung und Entwicklung der Filmakademie Baden-Württemberg, zunächst als Praktikant, jetzt als Festangestellter. 2015 schloss er sein Masterstudium an der Hochschule der Medien in Stuttgart ab und spezialisierte sich dabei vor allem auf virtuelle Produktionsumgebungen und visuelle Effekte. Vor seiner Zeit an der Filmakademie wirkte Kai bei studentischen und kommerziellen Produktionen oder Freizeitprojekten als Motion Designer und 3D-Generalist mit. Zusätzlich nahm er freiberufliche Tätigkeiten als Cutter und Kameramann wahr oder begleitete Film- oder Theaterprojekte als Beleuchter.

Über die MFG Stiftung Baden-Württemberg



Die gemeinnützige MFG Stiftung wurde 2003 als Geschäftsbereich der MFG Medienund Filmgesellschaft Baden-Württemberg ins Leben gerufen. Stifter ist die Wirtschafts- und Clusterinitiative bwcon (Baden-Württemberg: Connected). Das Ziel der MFG Stiftung ist die Aus- und Weiterbildung sowie die Förderung von Kunst, Kreativität und Kultur. Dabei sind ihre Schwerpunkte die Forschung und Entwicklung in den Bereichen Medien, IT und Film. Die MFG Stiftung vergibt Stipendien, leitet Forschungsprogramme und beauftragt wissenschaftliche Studien.

Mehr Informationen finden Sie im Internet unter http://stiftung.mfg.de

Über die Reihe

Die Berichte aus dem Karl-Steinbuch-Forschungsprogramm präsentieren aktuelle Erkenntnisse und Lösungen an der Schnittstelle von Kreativwirtschaft und Informations- und Kommunikationstechnologie. Ziel der Reihe ist es, Forschungsergebnisse praxisorientiert aufzubereiten und damit neben Wissenschaftlern auch Anwenderbranchen anzusprechen.

Mit dem Karl-Steinbuch-Forschungsprogramm unterstützt die MFG Stiftung Baden-Württemberg seit 2011 besonders innovative Forschungsarbeiten an baden-württembergischen Hochschulen für Angewandte Wissenschaften. In fünf Ausschreibungsrunden (2011 – 2016) werden Projekte mit einer Laufzeit von bis zu zwei Jahren realisiert. Das Programm wird aus Mitteln der Zukunftsoffensive III des Landes Baden-Württemberg finanziert. Weitere Informationen und aktuelle Neuigkeiten finden sich im Internet unter www.stiftung.mfg.de.

O

O

O