

Diplomarbeit

im Unterrichtsfach Mediengestaltung des Instituts für Kunst und Bildung
für den Titel Mag.art. mit der Abgabe im Jahr 2022, Linz

Stop Motion und 3D Druck Animation

Datum der Approbation: 13.06.2022

Betreuer: Alexis Dworsky, Univ.-Prof. Dr.phil.

Unterschrift:

Vorgelegt von:

Vorname,Nachname: Tanja Kristan, MA

Straße,Nr.: Anzengruberstraße 67

PLZ, Ort: 9020 Klagenfurt am Wörthersee

Email: tanja.kristan@ufg.at

Martikel-Nr: 0975037

Abstract

Die Technik des 3D Druckes gibt es seit dem letzten Jahrhundert, doch erst in diesem gewann sie an Fahrt im Alltag. Verschiedene Disziplinen nutzen sie und treiben ihre Innovation voran, so auch die Stop Motion Animation. Durch den 3D Druck ist die Symbiose von Stop Motion und Computeranimation einen weiteren Schritt gegangen, doch was verspricht dieser Hybrid? Welche Vorteile verschafft der 3D Druck der Stop Motion Animation und vor allen hat diese Kombination eine Zukunft?

Neben der genaueren Betrachtung von 3D Druck im Stop Motion Kontext wird ein Blick auf seinen Einsatz in der Kunst und in offenen Werkstätten sowie der Makerszene gesetzt. Welche neuen Möglichkeiten, aber auch welche Gefahren birgt diese Technik und wie können gesellschaftlich Praktiken etabliert werden, die den 3D Druck zurück in die Kreislaufwirtschaft lenken. Ist Nachhaltigkeit im Umgang mit der Zukunft überhaupt bei 3D gedruckten Stop Motion Puppen möglich?

Neben diesen Fragestellungen wird der praktische Aspekt von Stop Motion und 3D Animation näher betrachtet, in Bezug auf das Gerät des 3D Druckers selbst, aber auch auf Hilfsmittel wie 3D Scanner und traditionelle Stop Motion Puppenbau Techniken.

Plagiatserklärung

Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig und nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt und dass ich alle Stellen der Arbeit, die aus anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, kenntlich gemacht habe. Darüber hinaus habe ich keine Arbeit mit ähnlichem Inhalt an einer anderen Stelle eingereicht.

Datum, Unterschrift

Inhalt

Einleitung.....	5
Definition von 3D Druck Stop Motion Animation	8
Das Werkzeug 3D Animation	8
Stop Motion Animation als taktiler Kontrast und Hybrid	15
Eine kurze Geschichte der Stop Motion und 3D Animation	21
3D Druck und seine Materialien.....	30
3D Druck in Kunst und Kultur	37
3D Druck und Stop Motion Animation als Prozess	42
Was ist Hybrid Animation?.....	42
Nachteile traditioneller Prozesse	47
Vorteile von Stop Motion Animation mit 3D Druck.....	50
3D Druck als eigenverantwortlicher Prozess	50
Gesellschaftliche Möglichkeiten hinter 3D Druck.....	52
3D Druck Stop Motion Animation in der Praxis	56
Puppenmodellierung.....	56
Einsatz 3D Scanner	62
3D Animation und Modellierung.....	67
Puppenaufbau für 3D Druck und Druckprozess.....	68
Troubleshooting 3D Drucker	74
Nachbearbeitung der 3D Modelle.....	77
Aufrüstung 3D Drucker.....	78
Stop Motion Puppen Armaturen.....	81
Postproduction.....	85
Testaufbauten	86

Zusammenfassung.....	91
Zukünftige Entwicklung.....	93
Stop Motion als aussterbende Technik? Revival, warum?	93
3D Druck und Stop Motion.....	93
Animationsbranche	95
Schlussteil.....	99
Literaturverzeichnis.....	102
Abbildungsverzeichnis.....	108

Einleitung

Animation haucht Leben ein. Es entsteht eine Illusion, wenn zahlreiche Einzelbilder durch das schnelle Abspielen hintereinander zu einem Film werden. Dieser Umstand ist weitgehend bekannt, aber bei der Animation geht dieses Spiel über sich hinaus. Die Schauspieler*innen sind lebendige Wesen, deren Leben nach der Rolle einfach weitergeht, während alle Teile von Animationsfilmen einfach aufhören in ihrer Funktion zu bestehen, bis sie erneut für ein Revival oder eine Fortsetzung zum Einsatz kommen. Die Stop Motion Technik zum Beispiel hinterlässt Objekte, die vermehrt für neue Projekte verwendet werden können, wenn sie nicht im Ausstellungskontext oder Boxen verstauben. Meine Puppe aus dem Thesenfilm „Vanishing“(2016) fand ihre neue Rolle in einem Kurzfilm, „Decay“(2018). Sie wurde bei einer Reise durch das Baltikum weiter verwendet bis zu dem Tag, an dem ihre Gelenke endgültig brachen. Ab diesem Moment konnte sie keine Pose dauerhaft halten, die nicht vom Latex, welches sie ummantelte, bestimmt wurde. „Vanishing“ war im Grunde ein Statement in Bezug zur Stop Motion Animation. Analoges, die reale Puppe, wurde im Kontrast zu einem Film gesetzt, der nur digital Bestand hatte. In dem Film konnte sich die Materialität erahnen lassen, aber das Taktile war nur ein Echo von diesem auf der Filmleinwand. Für mich war es eine logische Schlussfolgerung diesem Taktile weiter nachzugehen, ihm nahezu performativen Charakter zu geben. In „Decay“ wurde eine Stop Motion Animation über eine ganze Reise verstreut. An einem Ort wurde ein Bild von der Puppe in einer Pose gemacht und dann am nächsten Ort wieder, während sich die Pose nur minimal veränderte, um am Ende eine letzte Animation der Puppe zu ermöglichen. Ein letztes Aufbäumen, ehe sie ihrer Funktionalität als Filmrequisite komplett enthoben wurde. Ihr Dasein der Zukunft nur als Ausstellungsstück oder Staubfänger in einem Koffer vorhanden. Ihre Funktion als performative Darsteller*in war vorbei. Der natürliche Verfall eines oft benutzten Gegenstandes, in diesem Fall das Brechen der Drähte, waren Teil ihres Puppenlebens. Viele verschiedene Thematiken fanden Einzug in diesen Kurzfilm, zum einen kulturell aufgeladene und nicht aufgeladene Orte im Hintergrund, die zu einem reinen Beiwerk im Angesicht der Puppe verkamen. Egal ob das Atelier einer Künstler*in, Touristenhotspots,

Natur, Stadt oder Ausstellungen, alles verkam zum Beiwerk. Beide Werke bewegten sich auf traditionellem Puppentrickboden. Die Puppen wurden handwerklich gefertigt und nur die Aufnahme ihrer Animation fand digital statt. Diese Arbeit bringt zum Aspekt des Taktilen in digitaler Form, den Ausdruck der digitalen Welt. 3D Drucker sind in den letzten Jahren leichter zugänglich geworden und Privatpersonen wie Studios nutzen sie im Stop Motion Prozess. Stop Motion Filme sind nicht ausgestorben, trotz ihres großen digitalen Gegners der Computer Animation. Viele Vorteile wie das Wegfallen von Kosten für Produktionsmaterial sprechen für die Digitalisierung, dennoch ist die Haptik uns erhalten geblieben. Viel mehr hat in den letzten Jahren eine weitere Verschmelzung stattgefunden. Neben den ästhetischen Aspekten sind soziale Aspekte des 3D Druckes ein Feld das zahlreiche Veränderungen vorantreibt. Der Umweltaspekt, nur das Produzieren von nötigen Objekten statt einer Überproduktion, das Erschaffen einer dreidimensionalen Kopie an verschiedenen Orten lassen vielversprechende Veränderungen für die Stop Motion Animation erahnen. Veränderung herrscht vor.

Der Einsatz von 3D Druckern beschleunigt den Prozess und beseitigt verschiedene Problemfelder der Stop Motion Animation, insbesondere des Puppentricks. Wird Ton oder Plastilin als Puppenmaterial verwendet ergibt jede Berührung eine Veränderung des Materials. George Pal hat mit seinen „Puppetoons“, geschnitzten Figuren aus Holz, die sich an der übertriebenen cartoonhaften Animation der 20er Jahre orientierten, einen Weg gefunden um die Form konstant zu halten. Sie wird nur durch übertriebenen Ausdruck aufgebrochen. Holz, also ein festes Material, animiert im „Frame-by-Frame“ Verfahren, erzeugt eine gleichbleibende Form in totaler Kontrolle, doch durch das Schnitzen jedes einzelnen Frames ergeben sich enorme Produktionszeiten. Jeder einzelne Frame muss vorbereitet werden.

3D Animation mit seiner Keyframe Technik generiert die Zwischenframes automatisch, doch verliert dadurch den Reiz der Haptik, der durch verschiedene Techniken erst zurückgeholt werden muss, wenn dies die künstlerische Richtung der Animation sein sollte. Der Einsatz von verschiedenen Animationstechniken miteinander, auch Hybrid Animation genannt, bietet verschiedene Vorteile. Wird der handgefertigte Stil einer Puppe gewünscht, so kann diese zuerst modelliert werden, dann 3D gescannt und digital wiederverwendbar im 3D Programm animiert werden. Bricht ein Teil dieser Puppe kann

er auf Abruf wieder erzeugt werden. Die fertige Animation wird wieder in 3D gedruckt und abfotografiert. Es ist ein enormer zeitlicher Aufwand, aber gleichzeitig eine Zeitersparnis, da viel dieser Zeit die Druckzeit ist. Es ist passive Zeit, die anders genutzt werden kann. Die Vorteile der anpassungsfähigen, materialarmen 3D Animation und das Taktile des Puppentricks verschmelzen. Der Puppentrick ist greifbar und dadurch entwickelt sich eine andere Handhabung als reine Digitalanimation. Eine Betrachtung von verschiedenen Animationsstilen, dem Mischen von unterschiedlichen Techniken, Arbeitsprozessen in Privatprojekten und der Industrie im Vergleich erwartet in dieser Arbeit. Hinter all dem steht der Gedanke, Bildung und Innovation so vielen Menschen wie möglich zugänglich zu machen. Und auch, anhand von Beispielen und Produktionsschritten einen Vorgeschmack der Möglichkeiten zu geben.

Gestartet wird mit der Definition von 3D Animation, Stop Motion und 3 Druck, ehe speziell die 3D gedruckte Stop Motion Animation in den Fokus gerückt wird. Gesellschaftliche, technische, nachhaltige und ästhetische Aspekte prägen diese Analyse, die in den praktischen Teil der 3D Druck Stop Motion Animation übergeht. Handwerkliche Fähigkeiten, technisches Verständnis und Überbrückungshilfen wie 3D Scanner bilden das wichtige Grundgerüst. Abschließend wird anhand der vorhergehenden Betrachtungen und aktuellen Entwicklungen ein Blick in die Zukunft geworfen. Diese Arbeit setzt sich zum Ziel unterschiedliche Techniken miteinander zu verknüpfen und untersucht im selben Zuge, welche kollaborativen Möglichkeiten sich aus ihr ergeben und wie sie jenseits einer Individualgesellschaft gemeinsames Arbeiten vorantreiben. 3D gedruckte Arbeiten können vieles sein, aber jenseits reiner Skulpturen erwartet eine neue Welt.

Definition von 3D Druck Stop Motion Animation

Das Werkzeug 3D Animation

Animation kommt vom lateinischen Wort „animare“ und bedeutet übersetzt „etwas zum Leben zu erwecken“. Animation wird allgemein als Technik gesehen, die Unbelebtem Leben einhaucht. Im speziellen Fall von 3D-Animation wären dies Polygone, Vertices oder Splines, also geometrische oder mathematische Grundkonstrukte. Für 3D Animation wird synonym der Begriff „CGI“ – „Computer Generated Images“ verwendet. Er legt die Nähe zum Computer nahe, denn 3D Animationen werden digital am Computer erschaffen. 3D Animationen können automatisiert durch Code programmiert werden oder werden in einer Software wie eine Skulptur modelliert. Die erzeugten Objekte können um 360 Grad gedreht werden und existieren nur digital. 3D Software macht sich eine Drahtgitterstruktur zu eigen, die für Animation mit einer unterliegenden Skelettstruktur verbunden wird, den Bones. Diese erleichtern die Steuerung der Animation.

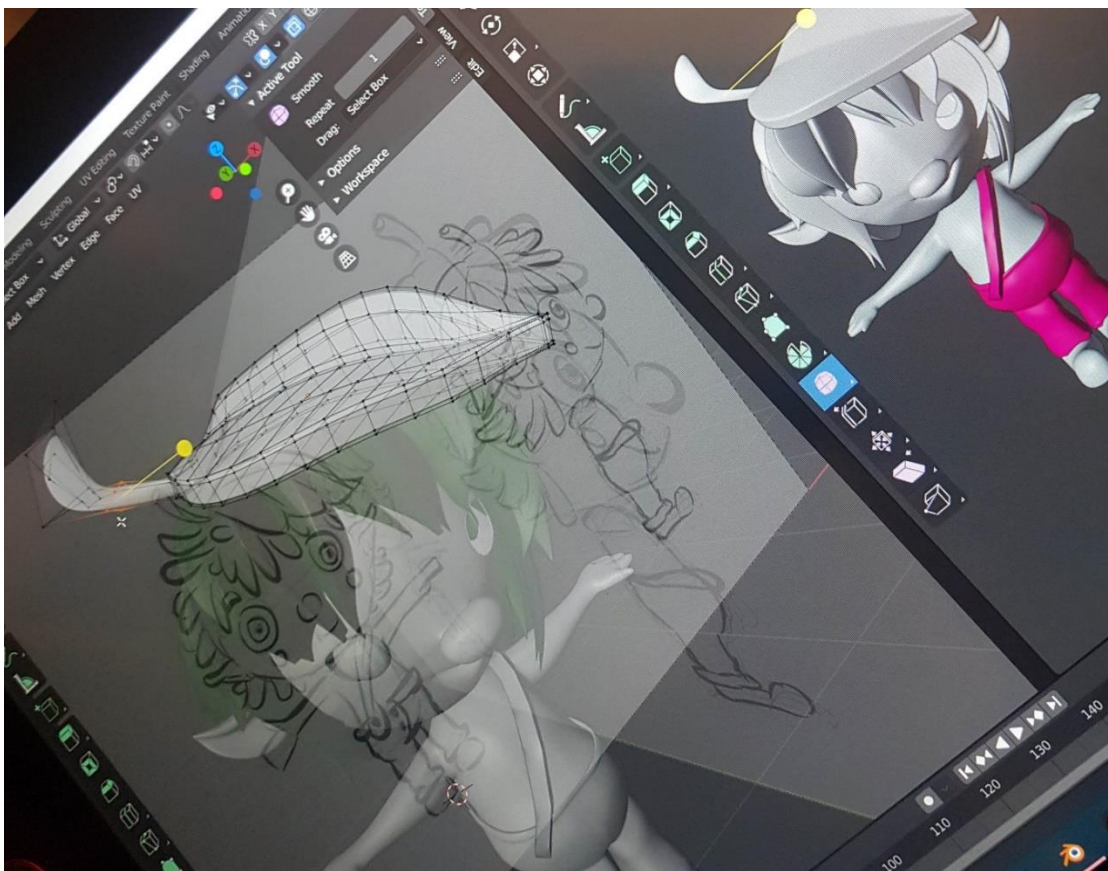


Abbildung 1 – Drahtgitterstruktur in einem 3D Programm

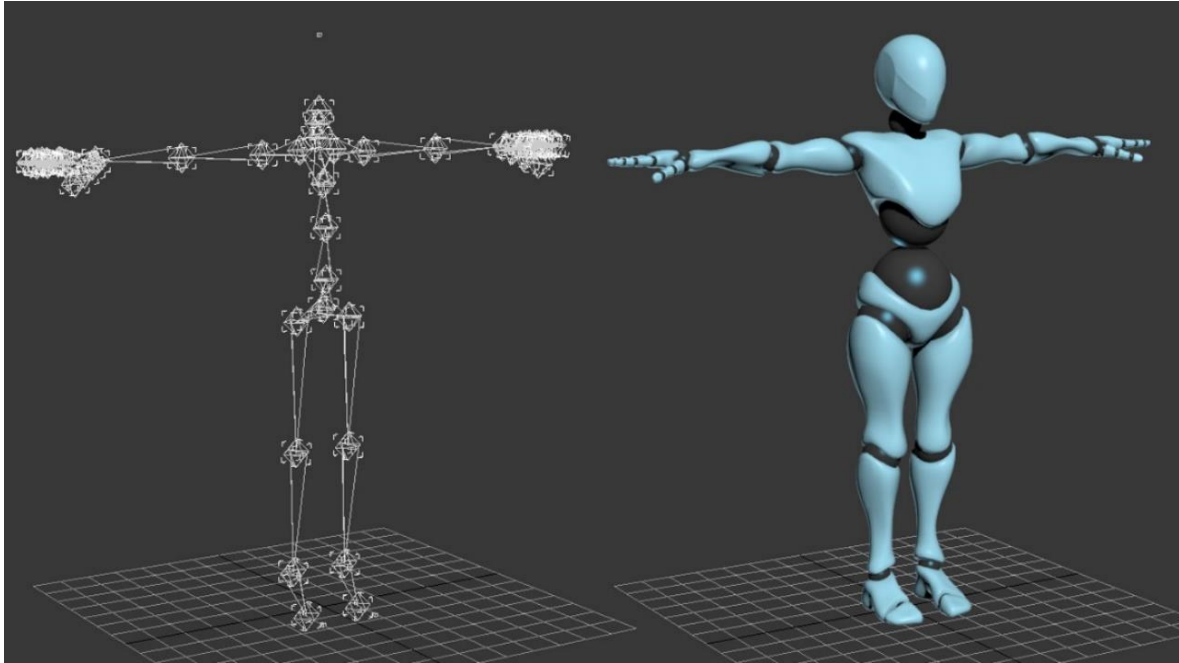


Abbildung 2 Skelett, sichtbare Knochen – Bones

http://www.downloads.redway3d.com/downloads/public/documentation/wf_SkeletalAnimation01.jpg

Die Nähe zu der Animationstechnik des Puppentricks ist nicht nur durch die vermeintliche 3D Dimensionalität gegeben, sondern auch durch übernommene Techniken. Stop Motion Puppen haben für gewöhnlich ein verbautes Skelett. In Abbildung 1 ist auf der linken Seite das Drahtgitter zu sehen und auf der rechten das Objekt mit seinem darunter liegenden Skelett. Das Skelett ist in diesem Fall ausgeblendet und für gewöhnlich werden Controller eingebaut, damit in 3D nicht direkt an den Knochen animiert wird. CGI Figuren sind infolgedessen nichts anderes als digitale Stop Motion Puppen an denen die Zwischenframes durch ein Programm generiert werden können. In Abbildung 2 ist dieses Skelett in Gegenüberstellung zu einer Figur zu sehen. Durch es können die gebundenen 3D Puppen in verschiedene Posen gebracht werden und doch wieder in die T-Pose, die Ausgangspose mit ausgetreckten Armen, zurückgesetzt werden. Das Skelett ist in der fertigen Animation und Pose nicht von Bedeutung und wird deshalb komplett ausgeblendet. Es ist ein Hilfsmittel, aber eines das die beiden Techniken der 3D Charakteranimation und des Stop Motion Puppentricks fest miteinander verknüpft.

Verschiedene Studios, insbesondere die amerikanischen Riesen, haben sich auf 3D Animation als Fortsetzung des Kinderfilmsektors konzentriert. Sie lösten das Genre des

Zeichentrickfilmes durch 3D Animation ab. Dazu zählen unter den größeren Pixar, Dreamworks, Blue Sky Studio und Disney. Pixar ist eine Abspaltung von Disney, die inzwischen wieder ihnen gehört und die anderen drei haben vor ihrem Wechsel Zeichentrickfilme in Spielfilmlänge herausgebracht. Diese Studios haben den Sprung zu den 3D Animationen gewagt, zuerst zögerlich, aber angetrieben vom Erfolg des Studios Pixar sehr deutlich und mit ihnen zahlreiche kleinere Studios. Dies geht soweit, dass alte klassische Zeichentrickfilme wie „Biene Maja“(1975–1980) oder „Wickie und die starken Männer“(1972-74) neu in 3D aufgesetzt wurden. Diesem Wandel werden zum größten Teil wirtschaftliche Gründe nachgesagt, doch die Neuinterpretation von bekannten Materialien lassen vermuten, dass mehr dahinter steht und die 3D Charakteranimation als Ästhetik in unserer heutigen Zeit angekommen ist. 3D Animation hat den Vorteil gegenüber handgezeichneten Animationen, dass verschiedene Assets wiederverwendet werden können. Nicht jedes Frame muss einzeln gezeichnet werden, sondern Vormodelliertes ist mehrfach einsetzbar und dennoch sind Änderungen möglich. Der große Vorteil gegenüber dem Stop Motion Puppentrick ist ein ähnlicher. Es spart Ressourcen und in den meisten Fällen Materialkosten. Die Kombination aus unendlicher Veränderbarkeit und Ersparnis dieser Kosten im Prozess wird seinen Teil zum Vormarsch von 3D Animation beigetragen haben. Dies hat aber auch den Nachteil der 3D Animation in den Fokus gerückt. Durch ihre Veränderbarkeit sind viele Korrekturschleifen normal, die wiederum zu erhöhten Kosten führen kann.

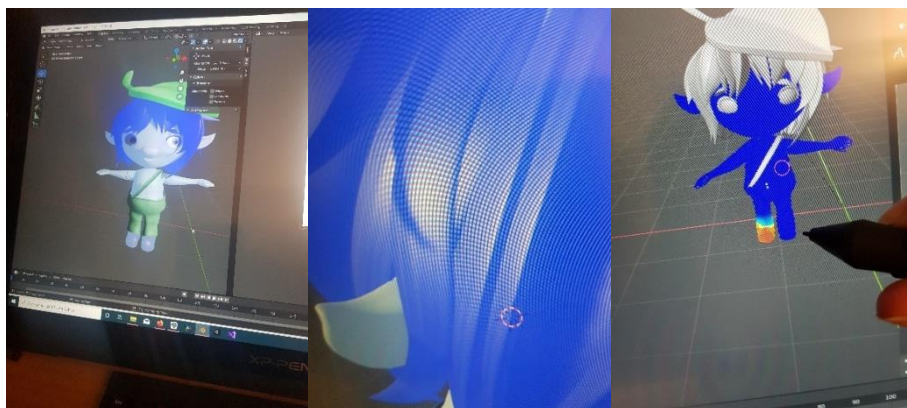


Abbildung 3 Texturieren und Weight Painting

Der Prozess der klassischen 3D Animation in einem Programm setzt folgende Schritte voraus: Modellierung, Rendering und Animation. Nach der Modellierung sind die Prozesse des Texturing, Skinning und Rigging vor der eigentlichen Animation noch von Bedeutung. Texturing beschreibt es, dass einem Objekt eine Oberflächentextur zugeschrieben wird. Das Skinnen ist nichts anderes als dem modellierten Objekt die umliegende Figurenfläche zuzuteilen, während Rigging den Prozess beschreibt, der das Modell an ein internes Knochenskelett bindet. Dieses wird wie schon erwähnt in der Animation bewegt und ermöglicht eine bessere Kontrolle der Polygone des Modells. Weitere Prozesse der 3D Animation wie die Kamerasteuerung und die Lichtsetzung muten filmisch an. Im Gegensatz dazu gibt es noch programmierbare Algorithmen, die automatisiert Animationen durch dahinterliegende Formeln erzeugen. 3D Animation in den dafür vorgesehenen Programmen ist im Grunde nichts anderes als mit Formeln beschriebene Punkte, Vertices, Texturen und Positionen im virtuellen 3D Raum, welche bewegt werden. Die fehlenden Frames zwischen den einzelnen Bewegungen werden interpoliert und berechnet statt einzeln angefertigt.



Abbildung 4 – Performance Capturing, https://www.youtube.com/watch?v=w_Z7YUyCEGE, Aufruf 7.7.2019, 1:14min

Die 3D Technik erleichtert das Imitieren der Realität und so wird die tatsächliche filmische Realität eine Mischwelt aus realen und der Erweiterung dieser durch digitale Medien. Visual Effects sind nicht wie in der Vergangenheit auf aufwendiges Make-Up, Trickshots und gebaute Trickkulissen oder Puppen beschränkt, sondern können die Realität noch besser darstellen. Durch Techniken wie Motion Tracking funktioniert dies sogar mit Input aus der realen Welt. Die 3D Bewegungsdaten eines Menschen werden aufgezeichnet und dann auf die vorhandenen 3D Figuren übertragen oder in primitiver Form einfach nachgebaut. Eines der bekanntesten frühen Beispiele, das weltweite Anerkennung fand war Gollum aus „Herr der Ringe“ vom Studio Weta Digital, siehe Abbildung 4. Das Ziel war es einen digitalen Charakter zu erstellen, der in glaubwürdiger Weise mit realen Schauspielenden interagieren sollte. Andy Serkis wurde für die Sprecherrolle gecastet und seine reale Präsenz am Set war ausschlaggebend für die Animation von Gollum, sodass sie auch das Vorbild für den 3D Charakter wurde (vgl. Botes, 2004). Die Realität und die Animation verschmolzen dadurch zu einer glaubwürdigen Figur, die in den Jahren danach immer weiterentwickelt wurde. Es gibt inzwischen verschiedene Systeme, um Bewegungen aufzuzeichnen, von den Muskeln bis zu den oberen Hautschichten. Motion Capturing werden diese Techniken genannt und anders als beim Beispiel von Gollum hängt weniger vom Nachbau, der Rotoskopie, der Realität ab, sondern vom Filtern der aufgezeichneten Bewegungsdateien und der automatisierten Übertragung auf 3D Charaktere. Gollums Gesicht wurde nachanimiert, aber mittlerweile sind wir soweit, dass durch spezielle Marker die Bewegungen aus dem Gesicht von Schauspieler*innen viel einfacher übertragen werden. „Wie Technik und Ästhetik von Live Action und Animation miteinander zu hybriden Bewegungsbildern verschmelzen, zeigt auch der Umstand, dass in neueren Computeranimationen bildbasierte Renderverfahren eingesetzt werden, deren dreidimensionale Bildwelten auf fotografischen Einzelbildern basieren.“ (Richter, 2008, S. 81) Die digitale Bildwelt wird also durch Fotografien erschaffen. Photogrammetrie wäre eine dieser Techniken und auch das Scannen der Umwelt durch 3D Scanner steht im Raum. Im Film werden als Hilfsmittel des Öfteren Greenscreens benutzt, eine grüne Fläche, die sich digital maskieren und mit beliebigem Inhalt ersetzen lässt. „The Mandalorian“(2019) geht hier den umgekehrten Weg. Ein großflächig aufgebauter Screen, also eine Kuppel, die das Set umschließt, wird digital bespielt und

eine Simulation des Filmsets abgespielt. Diese Simulation kann an Kamerabewegungen angepasst werden und, noch viel wichtiger, im Gegensatz zum Greenscreen sind reale Lichtverhältnisse auf den Schauspieler*innen zu sehen, da sie sich mitten im Set befinden. (vgl. Insider, 2020) Die Vermischung der Digitalität und des Live Action Filmes erklimmt immer weitere Höhen. Die ästhetische Trennung von Animation und Live Action Film ist zumindest in diesem Einsatzgebiet dadurch eine nicht zu bewältigende Herausforderung, da ihre ästhetische Annäherung ein wichtiger Grundbestandteil im Spielfilm ist.

Für Film und Fernsehen ergaben sich durch die Technik von 3D Animation und Simulation vielfältige neue Möglichkeiten. Kleine 3D Animationen haben längst ihren Platz im Alltag, sei es als Ladeicons, Screensavers, durch 3D designte Objekte, Objekt designs, die sich im Kreis drehen und natürlich in der Architektur zu Planungszwecken. Es gibt viele weitere Beispiele. 3D Modellierung sowie die 3D Animation gehen Hand in Hand. 3D Animation ermöglicht auch Simulationen, wie an dem Beispiel einer Wetteranimation oder der Simulation eines physikalischen Experiments ersichtlich. Damit ist es möglich Begebenheiten im virtuellen Raum zu testen oder Menschen auszubilden. Das Nachbauen von realen Begebenheiten in 3D oder der Einsatz von Real-Time Simulationen haben das Genre der Animation an sich verändert. Real-Time bezeichnet hierbei das Abspielen dieser Simulationen in realer Zeit ohne Verzögerung, also in Echtzeit. Mit Physik errechnete Partikeleffekte, welche die Realität kopieren bringen einen weiteren Aspekt in dieses Thema. Sie werden in der Filmindustrie dazu benutzt Explosionen oder Feuer darzustellen, doch im Simulationskontext können mit ihnen komplexe Testsettings berechnet werden. 3D Animation ist aus zahlreichen Industrien nicht mehr wegzudenken und wird sich auch in Zukunft noch tiefer in unser Bewusstsein graben, da dank ihr vieles möglich wurde. Es wird auch dazu übergegangen virtuelle Realität als Therapiemaßnahme bei Phobien zu benutzen (vgl. Heilbronn, 2018). Viele dieser Setups benutzen 3D Animationen und erschaffen eine neue Realität, in der sich der Phobie gestellt werden kann. Kollektiv ermöglichte die 3D Animation nicht nur dem Stop Motion Sektor zu wachsen, sondern zahlreichen anderen Bereichen, die unserer Welt neue Möglichkeiten gaben. Ob im künstlerischen Diskurs oder in der Industrie, 3D Animation ist die weitergedachte Stop Motion Animation, jedoch mit weitaus mehr Nutzen als nur der

Unterhaltung der Massen. 3D Animation ermöglicht oder steuert zu Experimenten bei, die in dieser Form nur sehr umständlich analog umsetzbar wären.

Die Bereiche der 3D Animation reichen also vom Kinderfilmsektor, zum Experimentalfilm, Film und Fernsehen, insbesondere Visual Effects in Kombination mit klassischem Film, ganze Charaktere oder nur die Animation eines brennenden Hauses, Videospiele, Algorithmen, sowie natürlich auch Kunst, der Medizinsektor, der Bau und weitaus mehr. Viele große Studios und kleinere Künstler*innen sind in diesen Bereich vorgestoßen. Er ist lebendig und ermöglicht durch das Wegfallen von Materialkosten Experimente, die ansonsten mit großem finanziellem Risiko in Zusammenhang stehen würden. Planung oder Training vor einer Umsetzung wird dadurch erleichtert. Durch seine Natur des digitalen werden auch Dinge ermöglicht, die die Grenzen unserer Realität auf den Kopf stellen. Nicht nur der Mainstream benutzt 3D Animation, um seine Botschaft hinaus in die Welt zu tragen, um gewinnbringend Filme zu verkaufen, auch Künstler*innen nutzen diese Möglichkeiten. Von den Simulationen, programmierten Algorithmen im 3D Raum bis hin zu Filmen, die Technik ist vielen offen. Zugängliche Open Source Programme wie blender oder zugängliche Echtzeitprogrammierung in vvvv erleichtern einen Einstieg. Die Richtungen bezüglich der 3D Animation stehen offen, ob sich das Endergebnis als filmisches Werk eines Kunstschaffenden äußert oder eine programmierte Echtzeit Animation im 3D Raum erschafft. Die Animation ist nur ein Tool und es ist wichtig was gerade mit diesem Tool erschaffen wird. Welche Richtung eingeschlagen wird und wie es für die Zukunft weiterentwickelt wird steht zu einem Teil noch in den Sternen. In neuen Kontexten einen Nutzen zu finden wird dadurch ermöglicht.

„The External World“ von David OReilly, siehe Abbildung 5, ist ein Beispiel eines Berliner Künstlers, der durch die Möglichkeiten der 3D Animation eine ganz eigene Welt zum Leben erweckt hat, mit zahlreichen Referenzen zur Popkultur. Sie ist wirr und surreal, aber ihren Reiz gewinnt sie durch genau dies.



Abbildung 5 – David O'Reilly, *External World*, 17:00, <https://vimeo.com/19723116>, Aufruf 7.7.2019, 12:38

Die Betrachtung des Filmes ist mehr künstlerischer Natur und begibt sich in die Tradition des Fantastischen. Animation kann Dinge erschaffen, die es nicht gibt und auch nie als reales Objekt geben wird. Anders ist hier hingegen die Stop Motion Animation, die vor allem durch ihren taktilen Charakter arbeitet und sich um die reale Verbundenheit von Dingen, Puppen, Objekten oder gar Menschen dreht. Traditionelles Arbeiten im Kontrast zum digitalen trennt die CGI Animation von der Stop Motion Animation, und doch sind beide durch ihr dreidimensionales Wesen sich weit ähnlicher als es auf den ersten Blick scheint.

Wenn das Gesamte betrachtet wird kann die Geschichte der Computer Graphiken auf verschiedene Stränge zusammengeführt werden, die sich alle zeitgleich spannen: Akademische Forschung, Industrie und Verteidigungsforschung, Spezial Effekte für Live Action Filme, Spiele, Avant-garde und Experimentalfilm, Firmenforschung und kommerzielle Animation. (vgl. Sito, 2013, S. 3) Doch wie sehen diese Stränge im Bereich der Stop Motion Animation aus? Was treibt diese an und definiert sie?

Stop Motion Animation als taktiler Kontrast und Hybrid

Paul Wells beschreibt Animation als einen handgemachten Film, Bild für Bild, welcher die Illusion einer Bewegung bereit stellt, welche nicht im konventionellen photographischen

Sinne aufgenommen wurde, „...it is a film made by hand, frame by frame, providing an illusion of movement which has not been directly recorded in the conventional photographic sense.“ (Wells, 1998, S. 10). Er selbst führt weiter aus, dass diese Beschreibung mehr den herkömmlichen Animationsmethoden zugehörig ist und nicht die neueren Techniken inkludiert. „Animation foregrounds its artificial character, openly admitting that its images are mere representations.“ (Manovich, 2002, S. 298) Der Vordergrund von Animation ist ihr künstlicher Charakter, der offen zugibt, dass seine Bilder reine Repräsentationen sind, meint Manovich. Die Illusion der Bewegung im Zusammenhang mit der Künstlichkeit, die nicht versteckt wird, beschreiben ein allgemeines Bild von Animation, welches im Kontrast zum Einsatz von 3d Animation als Spezialeffekt steht. Animation genießt den Vorteil, dass sie sich nicht verstecken muss, denn ihre Annäherung an die Realität bleibt nur eine Annäherung, jedoch nie eine exakte Kopie. Im Kontext des Animationsfilmes muss sie dies auch nicht. Dies führt zu Freiheiten und Experimenten jenseits der Filmindustrie.

Was macht jedoch Stop Motion Animation aus? Der Stopptrick, eine weitere Bezeichnung für die Stop Motion Animation, ist eine besondere Technik, die Objekte im realen Raum benötigt. Diese werden immer nur für eine winzige Distanz bewegt und dann fotografiert. Er ist eine von vielen Frame by Frame Techniken. Frames sind Einzelbilder des abspielbaren Filmes und die Framerate ist der Begriff für die Abspielgeschwindigkeit. Werden die Fotos in einer üblichen Framerate abgespielt ergibt sich dadurch eine fließende Bewegung und alles bewegt sich dem Schein nach von selbst. Viele der frühen Animationstechniken fallen in diese Kategorie, da sich immer nur um Einzelbilder gekümmert wurde. Der nicht konventionelle photographische Sinn von Wells beschreibt hier das Verfahren im Kontrast zur filmischen Methode, bei der eine Kamera hingestellt und dann nur auf Aufnahme gedrückt wird. Frame by Frame erfordert das bewusste Arbeiten mit Einzelbildern, die in ihrer Endform dann eine Bewegung ergeben. Der Stopptrick im speziellen geht auf die frühe Geschichte des Filmes zurück.

Der Animationsfilm kann nach der Genretheorie anhand seiner Gattung als eigenständiges Genre gesehen werden. Die Genretheorie beschreibt nichts anderes als die Überzahl an Filmen anhand bestimmter Kategorien zu unterteilen, um diese in ihrem Subgenre genauer betrachten zu können. Knut Hickethier beschreibt zwei Arten der

Genreanalyse, die eine als Betrachtung einer „zusammenhängenden Gruppen von Einzelfilmen“ und die andere als „genrebezogene Analyse eines Filmes“ (vgl. Hickethier, 2002, S. 62,90-91). Die Animations Studies, Forschung an Animationsfilmen, im Gegensatz zu den Film Studies, wirken trennend in der ersten Kategorie, doch Film und Animation verbindet vieles. Die Grenze zum Avantgarde- und Experimentalfilm lässt sich schwer ziehen, besonders wenn die frühen Beispiele des Cameraless Filmes, das Malen, Schaben und Kratzen auf Filmrollen in Betracht gezogen werden.



Abbildung 6 – Viking Eggeling, *Symphonie Diagonale*, <https://www.youtube.com/watch?v=KpCl67GMe7o>

Die Filme von Viking Eggeling sind ein Beispiel des frühen Filmes, das mit abstrakter Animation und Musik die Grenzen des Mediums erforscht hat, siehe Abbildung 6. An sich handelt es sich um klassische Animation, doch ist Eggeling vor allen als Avantgarde Künstler bekannt. Die Betrachtung des Animationsfilmes als Genre lässt es zwar zu bestimmte Aspekte zu kategorisieren und zu vergleichen, aber die Grenzen sind fließend und natürlich zeitlich immer im Wandel. Die Subkategorisierung erleichtert die genauere Betrachtung anhand gewisser Herstellungsprozesse von Stop Motion Animation, doch in der Realität ist die Kategorisierung ein gemachtes Konstrukt, um ein vereinfachteres

Gespräch über bestimmte Merkmale zu beginnen. Eine Vermischung von unterschiedlichen Animationsarten ist im Fachdiskurs als Hybrid Animation bekannt und lässt dabei nicht außer Acht, dass selbst bei einer direkten Einteilung Kombinationen unterschiedlicher Techniken vorkommen. „Die Möglichkeit einer Neubildung von Genres beruht auf ihrer – unterschiedlichen – Variabilität und Offenheit für die Integration von neuen Gestaltungsmöglichkeiten und inhaltlichen Erweiterungen.“ (Hickethier, 2002, S. 73) Eine reine Genreeinteilung nach Technik erleichtert das Inkludieren von anderen Genres um ein vielfaches, anders funktioniert dies bei inhaltlichen Genreeinteilungen wie dem Detektivfilm, dem Horrorfilm und vielen anderen. Diese inhaltlichen Kategorisierungen lassen sich auf Film wie auch Animationsfilm gleichermaßen anwenden. Die Frage nach dem Grund der Trennung von den Film Studies kommt auf, nichtsdestotrotz haben sich in den letzten Jahren die Animation Studies etabliert. Die Forschung speziell an Animationsfilmen ermöglicht neue Kenntnisse in einem Bereich, der lange Zeit keine spezielle Beachtung gefunden hat.

Stop Motion Animation hat aber im Gegensatz zum gezeichneten Film und der 3D Animation noch die Nähe zur Fotografie. Auch bei Fotografien ergibt sich eine andere Zeitlichkeit, ein Foto wird gemacht und es steht als Einzelwerk oder als Teil einer Reihe da. Die Zeitlichkeit von Stop Motion zeichnet sich durch eine totale Entfremdung aus. In diesem Prozess geht das Einzelbild wie beim Film unter, obwohl gesondert betrachtet in jeden einzelnen Frame mehr zeitliche Arbeit gesteckt wird als bei filmischen Prozessen. Die wahrgenommene Bewegung im Film entsteht tatsächlich erst durch die Trägheit des Auges. Schnell hintereinander abgespielte Einzelbilder wirken vor unserem Auge wie eine fließende Bewegung. Dies nutzen Spielfilm und Stop Motion Animation gleichermaßen mit einem bedeutenden Unterschied. Für eine fließende Bewegung wird viel mehr Zeit in die Komposition jedes einzelnen Frames bei dieser Animationstechnik gesteckt, welche aber erst als Teil des Ganzen, eben als Bewegung seine Wirkung tun.

Übliche Framerates für Animationen sind 12 oder 24 Frames pro Sekunde, etwas weniger als bei gefilmtem Material, da durch den mechanischen Prozess auch ein Mehraufwand entsteht. In der 3D Animation werden die Zwischenframes interpoliert und so kommen diese gewöhnlich auf höhere Framerates. Ein normaler Film besteht aber nicht nur aus wenigen Sekunden, sondern aus Laufzeiten jenseits einer Stunde. In traditionelle

Animationen im Bereich der Spielfilmlänge fließen also jahrelange Arbeiten und die Staffeln durch ein großes Team, die jeweils nur einen kleinen Teil des Filmes animieren. In eine Stop Motion Animation wird viel menschliche Arbeitskraft hineingesteckt und es können je nach Material ebenso lange Vorbereitungszeiten hinzukommen. Dies teilt sich die Stop Motion Animation mit der 3D Animation, da auch hierbei weit mehr Zeit in die Vorbereitung fließt als bei anderen Animationsarten. Wie im normalen Spielfilm wird von jedem Objekt auf der Leinwand ein physisches Objekt benötigt. Dazu werden schon vorhandene Objekte benutzt, Menschen oder handwerklich gefertigte Puppen sowie Set Aufbauten samt gestalteter Miniaturgegenstände. Ein Puppenfilm benötigt Puppen als Akteure, Miniaturmodelle von Objekten sowie den kompletten Bau eines Sets als Hintergrundkulisse.

Die Repräsentation von Animation als Realitätsannäherung in vereinfachter Form oder experimentelle Avantgardefilme zeichnet die Historie von Animationsfilmen aus. Der Puppenfilm im speziellen hat die Vorgeschichte der Puppe und des Puppentheaters eingeschrieben. Zuerst wurde das Puppentheater als Belustigung der oberen Schicht bekannt, ehe es sich von herumfahrenden Puppenspielenden zu der Kinderattraktion der heutigen Zeit entwickelte. Der frühe Vorfahr der Stop Motion Animation ist im Puppentheater zu finden und nicht wie bei gezeichneter Animation im Prozess des Zeichnens selbst. Anders als bei gezeichneter Animation ist das Spiel mit Form, Fläche und Linie weniger fließend. Dies wird besonders klar, wenn sich frühe abstrakte Filme oder im speziellen Viking Eggelings Werke angesehen werden. Das Spiel mit Formen ist im Stop Motion Film ein anderes, viel Aufwendigeres, da jedes Objekt erstellt werden muss. Anders als im Zeichentrickfilm ist das abstrakte Animieren bei Stop Motion Filmen materialabhängig. 3D-Animation ist die logische Weiterentwicklung des Stop Motion Filmes. Vorgefertigte Objekte werden im zeitlichen Rahmen bewegt, anders als im Stopptrick jedoch ohne die physische Einschränkung der festen Form und so ergeben sich neue abstraktere Spielformen. Die 3D Form dient als Ausgangspunkt und doch wird an ihr weitergearbeitet und somit auch die Qualität der Linie und ihre Veränderung als Spielmöglichkeit der Avantgarde genutzt.

„Major works in puppet animation inevitably developed in countries which already had a strong tradition of puppet theatre, largely those of Eastern Europe.“ (Wells, 1998, S. 63)

Die großen Werke des Puppentrickfilmes sind in den osteuropäischen Ländern zu finden, die schon eine Tradition des Puppentheaters besitzen, meint Paul Wells. In meiner letzten Arbeit „Taktile Gefühle im Uncanny Valley“ bin ich unter anderem auf Jan Svankmajer eingegangen, auch er zählt als Prager Kunstschaffender als eine Person, die in diesem Erbe agiert hat. Aber auch andere Namen wie Alexander Ptushko und Jiri Trnka fallen immer wieder und ebenso der große George Pal, der von mir in meiner letzten Arbeit so wie auch von Paul Wells natürlich erwähnt wird. George Pal ist ein ungarischer-amerikanischer Animator. Er ist bekannt durch seine Holzpuppen mit austauschbaren Gliedmaßen, die im großen Stil produziert wurden. Die produzierten Filme nannte er „Puppetoons“ und sie zeichneten sich dadurch aus, dass die austauschbaren Glieder Animationen ermöglichten ganz angelehnt an die amerikanischen Zeichentrickcartoons mit den wildesten Verformungen und das obwohl ihr Ursprungsmaterial Holz war.

Puppentrickfilm nutzt die Puppen als Elemente von Animation, die in der Stop Motion Technik in einzelnen Filmbildern bewegt werden, um die Illusion von selbstständiger Bewegung der Puppen bei der Wiedergabe der Einzelbilder als Film zu produzieren. Anders als der Stop Motion Film ist die Historie des Puppentrickes im performativen Puppenspiel beheimatet. Die Technik mit der animiert wird ist ohne Frage Stop Motion, doch die Puppen blicken auf eine weit längere Geschichte zurück. Genauso finden sich die frühen Anfänge der Computeranimation nicht nur am Ende eines Stranges, sondern in der Kombination mehrere. Die weitere Entwicklung der Stop Motion Animation zu einem Hybriden aus 3D Druck, 3D Animation und ihrer Vergangenheit ist nur ein weiterer Strang. 3D Druck verhalf einer als altbacken verschrienen Technik zu neuem Glanz. Der Puppentrick bäumte sich durch die Verbindung mit 3D Druck erneut auf und neue Möglichkeiten eröffneten sich. Trotz alledem wird Stop Motion Animation nicht mehr aktiv im Spielfilm eingesetzt, sondern 3D Animation hat ihren Platz in der Kategorie Spezialeffekte eingenommen. Eine Entwicklung die sich durch die Zeit zieht.

Eine kurze Geschichte der Stop Motion und 3D Animation

Die Geschichte der Animation startet zeitgleich mit der Geschichte der Fotografie und der frühen Filmapparate. „Auch wenn die Kamera erst gegen Anfang des neunzehnten Jahrhunderts in Gebrauch kam, so sind die Versuche, ein solches magisches Werkzeug zur direkten Aufzeichnung der Realität zu entwickeln viel älter. Die Camera obscura, die Großmutter der Foto Kamera, entstand in der Renaissance.“ (Monaco, 2008, S. 68)

Die Fotografien von Eadweard Muybridge, die Camera obscura, die Laterna Magica, das Praxinoskop von Emile Reynaud, das Kinetoskop, das Daumenkino und andere haben für die Filmgeschichte und die der Animation einen ähnlichen Stellenwert. Reynaud experimentierte mit der Projektion eines sich drehenden Bildes und stellte seine Erfindung mit dem Ziel vor, dass fotografische Bilder Bewegung viel besser darzustellen zu vermochten als Zeichnungen. (vgl. Neupert, 2011, S. 224) Diese frühen Geräte benutzten Zeichnungen also teilweise als Ersatz im stetigen Wettstreit realistische Bewegung darzustellen. Im frühen Film gab es auch gezeichnete Animationen mit denen wie bei einer Theatervorführung interagiert wurde, wie am Beispiel „Gertie, der Dinosaurier“(1914) von Winsor McCay erkennbar. Die Verfolgung der Tradition zum Theater ist dadurch offensichtlich, wie auch im frühen Bühnenaufbau der Filme von Georges Méliès. Ebenso prägten der Stopptrick, insbesondere die Stop Motion Technik, die Spezialeffekte des frühen Filmes. Die Stop Motion Animation, also Frame by Frame, ist aus der Geschichte des Mediums Films nicht wegzudenken, denn ein jeder Film ist nicht mehr als eine unterschiedliche Anzahl von Einzelbildern schnell hintereinander abgespielt. Die beiden Geschichten prägt ein Wettkampf gegeneinander sowie eine Symbiose, doch die Überschneidungen hören nicht dort auf. Der Drang Bewegung darzustellen geht weit in die Vergangenheit hinein. Von Höllenmalereien bei der Tiere mit vier Beinen auf einmal acht bekommen oder aber parallele Kunstströmungen wie der Kubismus, bei dem einige Künstler*innen Objekte gleichzeitig von vielen verschiedenen Perspektiven dargestellt haben. Nicht nur die Animation setzt sich mit ihr auseinander. Die direkte Bewegung eines Objektes oder um es herum hat die Menschheit fasziniert und wurde in unterschiedlichen Arten auch im Stillbild dargestellt.

Das Kino des Surrealismus und die Experimentalfilme der Avant-Garde streifen genauso die Geschichte der Animation wie sie die Geschichte des Kinos streifen. Filmische Produktionen wurden vom frühen Surrealismus verurteilt, ehe sie Eingang in den Kanon an Darstellungsmittel fanden. Die Surrealisten haben das „Fabelhafte“ von George Méliès wertgeschätzt, das Gegenteil zur Realität und der Fantasie, welches den Grundkern des surrealistischen Films ausmachte und von Kritikern der Zeit nur schwer zu erfassen war. (vgl. Richardson, 2006, S. 20) Animation an sich hat viel mehr Strömungen und war zu einem gewissen Teil in der Maschinerie des Kinoapparates auf den Konsum und wiederholende Konditionen ausgelegt, während der Experimentalfilm eine andere Richtung einschlug. Paul Wells teilt den Experimentalfilm in Abstraktion, Spezifische Nicht-Kontinuität, Interpretative Form, Evolution der Materialität, die Kombination verschiedener Animationsstile – im weiteren Sinne dieser Arbeit als Hybrid Animation bezeichnet, die Anwesenheit der Künstler*in und die Dynamik der Musik. (vgl. Wells, 1998, S. 43-46) Diese Teilgebiete fassen mit den Konventionen, die sich im Konsumbereich etabliert haben, die grundlegenden Richtungen von Animation zusammen. Zur Zeit des frühen Films sind Entdecker*innen auf der ganzen Welt aufgetaucht, doch nur in Amerika wurden diese in Massen produziert und vermarktet. (vgl. Sito, 2013, S. 5) Dies spielt auf die Geschichte von Hollywood an, aber ist auch auf die von Disney anwendbar. Neben Disneyfilmen besteht die Geschichte der Animation aber aus viel mehr, von „Matches:An Appeal“ (1899) bis hin zu „Arcane“(2021). Mit Hilfe des Stopptricks und kleinen Puppen aus Streichhölzern wurde der zuerst genannte Film produziert und er wird von vielen Quellen als der erste wahre Animationsfilm der Geschichte angesehen. Anders als Trickfilme, wie auch „Enchanted Drawings“ (1900), agieren bei „Matches:An Appeal“ nur die Streichholzpuppen, die einen Text auf eine Kreidetafel schreiben. Sie bewegen sich scheinbar von selbst, während bei Filmen wie „Enchanted Drawings“ der Künstler James Stuart Blackton zu sehen ist der auf eine Tafel malt und sich die Figur dazwischen verändert. Der Animationsfilm ist geradezu prädestiniert für die Metafiktion, die Selbstreferenz. Im Gegensatz zum Realfilm wird alleine durch das Medium an sich eine Distanz zu den Betrachter*innen erzeugt. Diese ist auch in neueren kommerziellen Filmen mit zahlreichen Beispielen zu finden, wie zum Beispiel in den Abspann Credits von „Despicable Me“(2010) und seinen nachfolgenden

Teilen. (vgl. Neuhaus, 2016, S. 313-317,322) Neuhauser führt weiters aus, dass sich im Vergleich zu den künstlerischen Filmen im massentauglichen Maße bewegt wird. Es wird experimentiert, aber nicht so extrem, dass es die Zuseher*innen vertreiben könnte. Experimente werden als lustiges Gimmick benutzt.

Der Stopptrick wird bei den Filmen von George Méliès zum Zaubertrick, doch bei dem Film von Arthur Melbourne-Cooper mit seinen Streichhölzern wird eine eigene Welt erschaffen jenseits von Schauspieler*innen. Der nach Frankreich emigrierte Russe Ladislav Starewitch produzierte mit „Le Roman de Renard“(„The Tale of the Fox“, 1930) den ersten Puppentrick Spielfilm in Kinolänge, nachdem er davor einige Kurzfilme mit derselben Technik vervollständigte. Er produzierte diesen Film nur durch die Unterstützung seiner Familie und das in der kurzen Zeit von 18 Monaten.(vgl. Priebe, 2011, S. 4-6) Wie die Streichhölzer von Arthur Melbourne Cooper behalf er sich mit Drähten für die Amaturen seiner Puppen. Seine erste Animation wurde sogar von Arthur Melbourne Coopers Film inspiriert und entstand aus einer eigentlichen Notlage. Er war Etymologe und für ein Museum sollte er den Kampf von Hirschkäfern reproduzieren, doch diese hörten auf sich zu bewegen sobald Licht auf sie fiel, so reinszenierte er diesen Kampf mit Hilfe toter Hirschkäfer und des Stopptricks. Er produzierte danach noch viele weitere Filme in dieser Technik und sein Einfluss ist bis heute im modernen Stop Motion Film wie bei Tim Burton's „Nightmare before Christmas“(1993) zu spüren. (vgl. Cavalier, 2011, S. 58-59) Doch auch bis nach Indien reichte der Einfluss der Stop Motion Technik mit Dhundiraj Govind Phalke, der als Vertreter des frühen indischen Filmes mit Streichhölzern animierte. Er fand Inspiration im frühen Film wie dem von Emile Cohl „Les allumettes animées“(„The Animated Matches“, 1913). (vgl. Gupta & Kuntal, 2018) Emile Cohl's Film startet mit einer umfassenden Geschichte, die mit Schauspieler*innen gefilmt wurde, ehe die reine Animationssequenz startet. Die Bewegungsmuster wandern zwischen Abstraktion, Muster und Figuren, ehe sie auch kurzfristig in die gezeichnete Animation springen. Emile Cohl ist jedoch eher für das Benutzen des Zeichentricks bekannt, als des Stopptricks, da dieser meist nur ein Behelf war und die Zeichnung im Mittelpunkt stand.

In Amerika machte sich der Film „In Gollywog Land“(1912) von Martin Thornton als erster Farbfilm einen Namen, er benutzte den Stopptrick in Kombination mit Realfilm. „The Lost

World“(1925) von Harry O.Hoyt und Willis O’Brien war der erste Feature Film, der den Stopptrick benutzte. Durch die Stop Motion Technik gelang es Dinosaurier und Schauspieler*innen zu verbinden. „King Kong“(1933) ist bekannt als prägender Film der Filmgeschichte, doch die Monster wurden zu dieser Zeit per Stopptrick animiert. Eine große Inspiration für den Monsteraffen waren die Dinosaurier aus „The Lost World“. Aleksandr Ptushko „Novyy Gulliver“(„The New Gulliver“,1935) toppte jedoch den Aufwand mit einem Cast aus 3000 Puppen, die in Kombination mit dem Schauspieler von Gulliver zu sehen waren. Seine expressionistischen Puppen fielen auf, aber genauso seine politische Botschaft. (Bendazzi, 1994, S. 101-102) Dieser Film war zu der Zeit, 1935, in einer Linie mit der Sowjetunion und abseits der alternativen Avantgarde. Dies war einer der Gründe warum kräftig gefördert und politisch unterstützt wurde. Ein Werkzeug der Propaganda, das alte Märchen dazu benutzte die politische Richtung unter das Volk zu tragen. Politisch wurden Künstler*innen ermutigt weg von der Avantgarde zu streifen, um sich traditionelleren Geschichten zu widmen. (Cavalier, 2011, S. 114) Aleksandr Ptushka und sein Team produzierten noch weitere Filme, die Stopptrick und Realfilm miteinander vermischten.

Weitere bekannte Beispiele der Kombination von beiden wären O’Briens „*Jason and the Argonauts*“(1963), Ray Harryhausen mit „*The Beast From 20,000 Fathoms*“(1953), Karel Zemans „*Vynález zkazy the fabulous world of jules verne*“ (1958) und George Pals „*Tom Thumb*“(1958). Neben den Hybriden, die zu dieser Zeit mehr als Spezialeffekte angesehen werden konnten, gab es noch andere wichtige Entwicklungen in der Geschichte des Stop Motion Filmes.

Verschiedene Techniken entwickelten sich. Manche ausgehend von dem Material, aus dem sie bestanden wie die Knetanimation und andere anhand der Technik, die sie sich zu eigen machen wie die Cut-Out Animation. Die Cut-Out Animation ist eine Technik bei der Papier mit der Frame by Frame Technik bewegt wird. Es ist im Grunde eine Kombination aus Cel-Animation, wie sie traditionelle Disneyfilme nutzten, und den Stopptrick. Bei Cel Animation wird jedes Frame auf eine durchsichtige Folie gezeichnet und diese dann abfotografiert. Lotte Reiniger produzierte mit ihrem Zirkel aus Berlin einige Cut-Out Animationen. „Die Abenteuer des Prinzen Achmed“(1926) zählt zu ihrem bekanntesten Werk. Walter Ruttmann und Berthold Bartosch wurden auch als Hilfe in den Credits

genannt. Walter Ruttmann war einer der bedeutenden Vertreter des deutschen Experimentalfilms. Berthold Bartosch wurde von Lotte Reiniger, Viking Eggeling, Hans Richter und Walther Ruttmann beeinflusst auch Paper Cutout Animationen zu produzieren. (vgl. Bendazzi, 1994, S. 31-33) Die einzelnen Vertreter*innen schienen weitgehende Einflüsse zu haben und im Sinne einer gewissen Tradition zu agieren.

Eine weitere spezielle Stop Motion Technik ist die Pixilation. Diese Technik wurde von Norman McLaren mit seinem Film „Neighbours“ etabliert. Er benannte sie nach dem Wort pixilated, welches übersetzt leicht verrückt, skurril, exzentrisch bedeutet. Der Grund für diesen Namen waren, die stockhaften, leicht seltsamen Bewegungen, die dieser Stop Motion Technik eingeschrieben sind.

„The Secret Adventures of Tom Thumb“ aus dem Jahre 1995 von Dave Borthwick ist ein weiteres Beispiel dieser Technik. Die Menschen bewegen sich in der stockhaften Pixilation Technik und Tom Thumb ist eine animierte Puppe. Dadurch entsteht fast der Eindruck, dass der kleine Däumling realer ist als alle Schauspielenden um ihn. Die Animation von Puppen sollte je nach Filmgattung realistischer, abstrakter oder gar cartoonhafter wie eine gezeichnete Animation wirken. Im Hybriden von Schauspielern*innen und Puppen war das Ziel damals reine Notwendigkeit, eine frühe Form der Spezialeffekte. Diese kamen vielfach zum Einsatz. Eine andere Richtung der Stop Motion Animation geht dahin die Ästhetik der Puppe an sich weiter zu entwickeln. Hier ist es unmöglich an den Namen George Pal und seinen auswechselbaren Holzpuppenteilen vorbei zu kommen.

George Pals frühe Filme wurden in Deutschland produziert, in denen er Werbespots drehte, die sich aus vielen Experimenten mit der Stop Motion Technik und austauschbaren Einzelteilen von Puppen zusammensetzten. Er wurde in Amerika bekannt durch ein eigenes Studio und durch die Produktion von zahlreichen Kurzfilmen. Seine Technik ließ er sich patentieren und in Amerika wurde sie unter dem Namen „Puppetoons“ bekannt. (vgl. Cavalier, 2011, S. 140) Es handelt sich dabei um Holzpuppen, deren einzelne Teile auswechselbar waren. Diese versuchten die Übertreibungen von Cartoons jenseits der Realität von gezeichneten Animationen nachzuahmen. Die starren Holzfiguren wirkten als wären sie aus formbarem Material. Die

Ästhetik fand zwar Inspiration im cartoonhaften Stil, doch war aber von einer Präzision geprägt, die an aktuelle 3D Cartoons erinnerten.

Halas & Batchelor wurden das einflussreichste Animationsstudio in Europa. Sie produzierten zahlreiche Animationsfilme, unter anderen frühe Computeranimationen sowie auch einige Filme im Stopptrick. (vgl. Cavalier, 2011, S. 147) Die Versteifung auf nur eine spezielle Technik ermöglicht eine gewisse Qualität zu erreichen, aber erst durch Experimente wurde die Technik als Ganzes vorangetrieben. Die Geschichte der Animation ist miteinander verknüpft und viele Innovationen haben neue Innovationen oder Filmideen inspiriert. Einige Puppenanimationen haben ihren Ursprung in der slawischen Puppentheatertradition. So ist der Name Jiří Trnka, der in der tschechischen Kunstszene Wellen schlug, besonders bekannt für seine Puppenanimationen. Er prägte einen neuen Standard und eine Professionalität, die zum einen Ästhetik und technischem Wissen verschrieben waren, aber auch sozialer und künstlerischer Freiheit. Durch ihn wurde das Genre der Puppenanimation weg von seiner Rolle als Kinderunterhaltung gezogen und zu einem Medium gewandelt, welches politische und soziale Bedeutung erfuhr. (vgl. Wells, 1998, S. 64) Trnka war für den Japaner Kihachiro Kwamoto, der Großmeister der Puppenanimation in Japan, eine beträchtliche Inspiration. Er war einer von Jiří Trnkas Schüler*innen. (vgl. Koyama-Richard, 2010, S. 196) Sein Ansatz verbindet Puppenfilm mit der langen Puppentradition in Japan und seine Filme nutzen die Ästhetik der japanischen Puppen. In „Oni*“ („Demon“, 1972) wird der buddhistische Einfluss klar sichtbar, aber auch die Puppen wirken zwar zart wie die von Trnka, aber ihre Kultur ist ihnen dennoch in der reinen Ästhetik eingeschrieben. In Jan Švankmajers Film „Neco z Alenky“ („Alice“, 1982) wird erneut eine Schauspielerin mit Stop Motion Objekten vereint. Objekte spielen in der Geschichte der Stop Motion Animation immer wieder eine bedeutende Rolle. Evident wird dies auch im Film „The Cabinet of Jan Svankmajer“ (1984) von den Brothers Quay. Diese Dokumentation ist im Grunde ein Stop Motion Film mit gefundenen Materialien und zahlreichen Referenzen auf den bedeutenden Jan Švankmajer. Neben der Puppenanimation ist die Objektanimation eine treibende Kraft unter Stop Motion Animator*innen. Bestimmte Themen vereinen weitere Animationsfilme wie das Material von William Shakespeare. Jiří Trnka und Stanislav Sokolov erschufen beide getrennt Animationsfilme über das Material. Noch mehr als eine Liebe von Schriftsteller*innen

wird hiermit erneut deutlich wie sich teilweise mit traditionsreichem Material auseinandergesetzt wird. Suzie Tempelton, deren Film „Peter und der Wolf“(2006) breite Anerkennung fand, bediente sich eines Musikmärchens aus dem Jahr 1936. Tim Burton und Henry Selick interpretierten mit „Nightmare before Christmas“(1993) die Geschichte um Weihnachten neu, indem ihre Welt und all ihre Charaktere zwischen dem Halloweenfest und Weihnachten spielten. Traditionelle Geschichten wurden in Stop Motion Filmen wiederholt aufgegriffen, um diese getreu ihrer ursprünglichen Geschichte neu zu erzählen, oder sie auf den Kopf zu stellen. Eine ähnliche Gegebenheit ist beim Realfilm und Zeichentrickfilmen zu beobachten, aber der Puppentrickfilm führt diese Geschichten im Gegensatz in der Tradition des Puppentheaters weiter, in dem Märchen immer eine große Rolle spielten. Die Geschichte der Stop Motion Animation ist um ein Vielfaches umfangreicher und es gibt noch zahlreiche bekannte Filme und Regisseur*innen. Klar wird, dass neben den Vorreiter*innen die mit Techniken experimentierten auch klare traditionelle Strukturen und Erzählformate aus dem Puppentheater übernommen wurden. Die Geschichte endet aber nicht an diesem Punkt. Heutzutage ist durch die Kombination von 3D Animation und Stop Motion vieles aus der Vergangenheit vereinfacht. Aardman Animation und Studio Laika mischen die Technik des 3D Druckes mit Stop Motion Puppen. Sie verkörpern die Moderne des Stop Motion Filmes durch Werke wie „Die Boxtrolls“(2014), wo 3D Animation und Stop Motion Technik fast nicht mehr auseinander zu halten sind. „Im Himmel ist auch Platz für Mäuse“(2021) ist ein weiterer Stop Motion Film, der wie die Werke von den oben genannten Studios 3D Druck und Stop Motion Puppen nutzt.

Die Geschichte der 3D Animation umfasst wie schon erwähnt die Stränge von Akademischer Forschung, Industrie und Verteidigungsforschung, Spezial Effekte für Live Action Filme, Spiele, Avantgarde und Experimentalfilm, Firmenforschung und kommerzielle Animation zusammen. Neben den technischen Entwicklungen und Möglichkeiten stach die kommerzielle Animation besonders durch die Studio Pixar Filme hervor, die sich nach zahlreichen Kurzfilmen an die Spielfilmlänge herantasteten mit „Toy Story“ (1995), dem ersten vollständig computererzeugten Film in dieser Länge. Andere große amerikanische Studios folgten und so produzierten allzu bald Disney, DreamWorks Animation, Sony Animation und viele andere Studios 3D animierte Langfilme. Studio

Ghibli mit seinen gezeichneten Animationen, sowie Aardman Animations mit ihren Knetanimationen wirkten kurze Zeit wie ein Fragment aus der Vergangenheit, doch allgemein betrachtet sind Studios, die traditionelle Techniken benutzten mit dem Erfolg der 3D Animation nicht ausgestorben. Das Studio Laika mischt sogar 3D Animation mit Stop Motion und das nicht nur dank 3D Druck. Cartoon Saloon, ein irisches Animationsstudio, trumpfte mit der Ästhetik des Zeichentrickfilmes auf durch Werke wie „Secret of Kells“(2009) oder „Wolfwalkers“(2020). 3D Animation hat die anderen Arten von Animation nicht vertrieben und in der Netflixserie „Arcane“(2021) ging es sogar so weit, dass alle Texturen gezeichnet waren, um der 3D Animation ein traditionelles Aussehen zu verpassen. „The LEGO Movie“(2014) und „Die Peanuts - der Film“ (2015) imitierten traditionelle Techniken trotz ihres Daseins als 3d Animationen. Die Grenze zwischen analog und digital wird allein durch ästhetische Entscheidungen verschwommener. Techniken wie geringere Framerates oder das absichtliche Imitieren von Limitationen der Stop Motion Technik im Gegensatz zur Glattheit und Flüssigkeit anderer 3d Animationen erzeugen diesen Eindruck. „Peter und der Wolf“(2006) ist ein Stop Motion Film von Suzie Tempelton, der zu einer Zeit erschien als die Technik aus dem Mainstream zu verschwinden schien und doch etablieren sich immer noch weitere Filme. Adam Elliots „Mary&Max“(2009) oder Wes Andersons „Mr.Fantastic Fox“(2009) zeugen von einer Zeitspanne in der Stop Motion Animation erblühte. Sie veränderte sich, verbesserte sich, manche 3D Animationen sahen ihr zum Verwechseln ähnlich und doch verschwand sie nicht. Die Anthologie „The House“(2022) von Enda Walsh fand als Stop Motion Film mit Festivaltour ihren Weg auf Netflix und auch „Robin Robin“(2021) von Aardman Animations ist am Streamingdienst zu finden. „Der schwarze Kristall“(1982) fand als „Der dunkle Kristall: Ära des Widerstands“(2019) eine Fortsetzung als Serie auf Netflix, doch leider wurde diese nicht verlängert. Durch die Jahre wurden zahlreiche Filme als 3D oder Stop Motion Animation produziert, aber eines ist auf jeden Fall gewiss. Nicht nur im Bereich von Kunst und Experimentalfilmen, sondern auch jenseits, ist die Stop Motion Technik noch anzutreffen. Die Vielzahl besteht davon gewiss im Bildungskontext, auf Webplattformen wie TikTok oder Youtube, auf Animationsfestivals, jedoch auch aus dem kommerziellen Sektor sind sie noch lange nicht verschwunden.

Neben den erwähnten Filmen gab es zahlreiche andere die eine wichtige Rolle für die Geschichte des Stopptricks und der 3D Animation spielten, aber dies würde den Umfang dieser Arbeit sprengen. Diese kurze Geschichte gibt einen kleinen Einblick auf die lange Tradition von Stop Motion Animation und ihrer engen Verbindung mit den Spezialeffekten des Realfilmes, die in der Folge mit 3D Animationen fortgesetzt wurden. Die deutsche Übersetzung des Wortes „Live Action Film“ ist hier irreführend, da es sich prinzipiell nicht um den realen und den unrealen Film handelt, sondern um den Einsatz von realen Schauspieler*innen, denen er diesen Namen verdankt. Durch die heutige vielseitig genutzte Kombination von digitalen und real gefilmten Inhalten ist die Grenze zum Animationsfilm erneut so schwammig wie sie es zu Beginn der Filmgeschichte war. „Seit Beginn der 1980er Jahre ist zu beobachten, dass als Konsequenz der Digitalisierung der Filmproduktion die Differenz zwischen Animation und Live Action zu verschwimmen beginnt - sowohl in Bezug auf die Herstellungsweise als auch auf ihr gemeinsames Erscheinen in Kombinationsbildern.“ (Richter, 2008, S. 70) Diese schwammige Grenze zeichnet sich also nicht nur durch die Technik aus, die hinter ihr steht, sondern genauso durch ihren vielfertigen Einsatz. Die erschaffenen Bilder werden nicht hintereinander abgespielt, sondern treten zeitgleich in Erscheinung und erschaffen ein neues Ganzes. Ein ähnliches Prinzip ist auch bei den Hybriden aus Stop Motion und 3D Animation zu beobachten. Diese Kombination, sei es durch die Postproduktion oder die Preproduktion des 3D Druckes eine weitere Verknüpfung zum zeitgleichen Abspielmoment. In einer Mischform können so 3D Animation und Stop Motion zeitgleich zu sehen sein. Stop Motion Animation kann auf eine lange Tradition zurückblicken und historisch betrachtet fließen die unterschiedlichsten Stränge zusammen. Eine einheitliche Geschichte ist schwer zu finden, aber gewisse Namen und Techniken werden wiederholt erwähnt. Nach diesem kurzen Überblick ist die Betrachtung des 3D Druckes nicht nur auf die Stop Motion Animationsfilme einzugrenzen, sondern auch sie bietet breit gefächerte Hintergründe. Doch was ist 3D Druck eigentlich?

3D Druck und seine Materialien

3D Druck beschreibt eine Fertigungstechnik, bei der ein Trägermaterial Schicht für Schicht aufgetragen wird, ehe es ein dreidimensionales Objekt ergibt. „3D-Druck“ ist der umgangssprachliche Sammelbegriff für diverse Technologien, die man als additive oder generative Fertigung bezeichnet.“ (Claire Warnier, 2014, S. 9) Diese Technologien zeichnen sich alle durch das schichtweise Auftragen eines Trägermaterials aus und durch die Grundlage eines digitalen 3D-Modells als Druckvorlage. Andere industrielle Fertigungstechniken zeichnen sich vermehrt durch die Wegnahme aus, aber der 3D Druck hat viel mehr vom künstlerischen Modellieren. Das Buch „Dinge Drucken, Wie 3D Druck das Design verändert“ bringt als andere additive Techniken noch das Maurerhandwerk und das Schweißen auf, verweist jedoch auf den fehlenden digitalen Input. Der 3D-Druck wird also gerade durch seinen digitalen Input zu etwas Besonderem. Im Gegensatz zum Lasercutting, welches als Grundlage eine zweidimensionale Vektordatei benötigt, wird ein wirkliches 3D Modell für ihn benutzt. Dieses kann gekauft sein, im Internet gefunden oder neu in einem Programm modelliert. Eine weitere Möglichkeit bietet sich im 3D-Scan, der ein schon vorhandenes Objekt scannt und in eine digitale Kopie verwandelt. Diese digitale Kopie kann dann durch den 3D Druck wieder gedruckt und so vervielfältigt werden.

Viele dieser Techniken wurden vor der Coronazeit, wie auch damals zur Zeit des frühen Filmes die ersten Filmapparate, öffentlich auf Veranstaltungen präsentiert. In Österreich wäre das Ars Electronica Festival, die Interactive West oder die vielen MakerFaires, die in verschiedenen Städten für kurze Zeit stattfinden, Beispiele dafür. Das Ars Electronica Festival ist ein Medienfestival in Linz welches sich modernen Technologien unter immer anderen Themenschwerpunkten widmet, in gleicher Tradition die IAW, während die MakerFaires ihre Vorbilder in den Erfinder*innenmessen der letzten Jahrhunderte haben. Hierbei ist nicht gesagt, dass nicht auch Medienfestivals den Charakter von Erfinder*innenmessen in sich tragen. Die Weltausstellungen des letzten und vorletzten Jahrhunderts leben in diesem Geist auch in der heutigen Zeit weiter, jedoch sind die MakerFaires ein communitybasiertes Engagement. Leute, die dort ausstellen und ihre Erfindungen präsentieren, reichen von Hobbybastler*innen bis hin zu 3D Druckshops, die ihre Dienste anbieten.

Der 3D Druck, insbesondere in der Kombination des 3D Scans, bietet das Spektakel der Vervielfältigung der Realität. Die Kopie wird durch den Scan eines Menschen erzeugt und bietet teilweise den Reiz einer Jahrmarktattraktion. Mit weiterer Verbreitung und Verständnisses der Technik sollte dies jedoch wie in Bezug auf den frühen Film abflachen. Die ursprüngliche Idee des 3D Drucks kam aus der Open Source Bewegung. „Im Jahr 2005 begann Adrian Bowyer von der Universität im britischen Bath an einer Maschine zu arbeiten, die sich selbst reproduzieren konnte“ (Claire Warnier, 2014, S. 20) 2006 wurde diese Maschine unter dem Namen ReRap, „Replicating Rapid Prototyper“, fertig. Getragen von dem Geist der Open Source Bewegung konnte sich diese Maschine selbst vervielfältigen und wurde von der Community ständig verbessert. Vor dieser Entwicklung gab es bereits andere 3D Druck Verfahren, doch getragen durch die Open Source Bewegung setzte sich FDM durch. FDM oder FFF werden dem Filament 3D Druck zugeteilt. FDM steht für „Fused Deposition Modeling“ und FFF für „Fused Filament Fabrication“. Filamente werden die Materialien genannt, die auf großen Spulen aufgespannt sind und in den 3D Drucker hineingeführt werden. Das Verfahren an sich gibt es seit den 80ern, aber erst in den letzten Jahren mit einer breiter werdenden Zugänglichkeit schlug die Entwicklung richtig ein. Breit verfügbares Wissen im Internet unterstützte den 3D Druck und ermöglichte es neues zu generieren. Mit FDM und FFF sind Verfahren gemeint, die mit einer schichtweisen Auftragung von geschmolzenen Materialien arbeiten. Die erste Drucktechnik war aber nicht FDM sondern SLA, Stereolithografie, für die bereits in den 80ern ein Patent angemeldet wurde. (vgl. Sculpteo, 2018) All diese Verfahren werden mit dem Begriff „Rapid Prototyping“ vereint, eine Vielzahl an Techniken um schnelle Prototypen oder Ersatzteile zu produzieren. Laut Petra Fastermann lassen sich die üblichen 3D Druckverfahren in drei Gruppen einteilen : „1)das Sinter- oder Pulverdruckverfahren, 2) das Drucken mit extrudierten Baumaterialien und die 3) die Stereolithographie“ (Fastermann, 2016, S. 27) Sie erwähnt auch CLIP, „Continuous Liquid Interface Production“, ein Verfahren welches um ein vielfaches schneller sein soll als andere. Bei diesem Verfahren wird ein photochemischer Prozess in den Mittelpunkt gestellt. In einem Resinbad wird mithilfe von UV Licht und Sauerstoff eine Reaktion ausgelöst. Weitere Abkürzungen für 3D Druckverfahren sind 3DP, SHS, SLM, EBM, MJM, STL/SLA-SLT, FTI, DLP, PolyJet, LOM, SDL und CC. Eine jede dieser Techniken

hat ihre Besonderheiten und ist für die unterschiedlichsten Materialien gedacht. Im Laufe dieser Arbeit wird der Fokus auf die FDM Technik gelegt.

Bei den Verfahren, die auf geschmolzenen Kunststoff setzen, kommt das Thema Umweltbewusstsein natürlich sofort in den Sinn. Es gibt Experimente, wie zum Beispiel Filament aus Aprikosenkernen zu gewinnen¹. Dinge wie das Freilassen von Löchern und Aushöhlungen erspart Material an sich. Je weniger Material benutzt wird, desto weniger wird benötigt und dies erzeugt in gewissen Massen einen bewussteren Zugang, indem Überschüssiges vermieden wird. Diverse Versuche das Grundmaterial abbaubar zu machen in Kombination zu der bewussteren Verwendung von Material spricht für die Zukunft des 3D Druckers. Dies ist nicht die Norm des 3D Druckes, aber eine Richtung, die nicht zu übersehen ist.

Aus geschredderten PLA, welches im Grunde nur eine Art Plastik ist, kann wieder Filament hergestellt werden. So schließt sich der Kreislauf und überschüssiges Material wird nicht entsorgt, sondern erneut wiederverwendet. Die Reduzierung von Abfall, der über Umwege in unserer Natur landet, kann so verringert werden. Marek Senický entwickelte einen Filament Extruder mit dem Namen „Filamaker“, der für verschiedenste nachhaltige Projekte zum Einsatz kam, wie der Antrieb des Schredders durch ein Fahrrad oder beim Projekt Seafood, bei dem Student*innen aus auf Stränden gefundenen Plastikmüll Filament erzeugen und wiederrum aus diesem verschiedene Kunstwerke. (vgl. Baier, Hansing, Müller, & Werner, 2016, S. 162) Die Wertschätzung des Materials, um aus ihm neues zu erzeugen, ist genauso für gedruckte Stop Motion Animation eine Option. Wichtig ist, dass bei gefundenem Material dieses anständig gereinigt wird und dann zerkleinert, ebenso bei misslungenen Druckversuchen oder überschüssigem Material.

Die Düsen, in denen beim 3D Drucker das Material hindurchgepresst wird, sind sehr klein und können bei unebenem Filament verstopfen. Je nach Material der Düse kann dies soweit gehen, dass diese unbenutzbar werden. Messing Düsen sind die Standard 3D Druck Düsen, doch mit unebenem Material verstopfen diese leicht und erodieren im schlimmsten Fall. Dies macht sie dann für weitere Drucke unbenutzbar oder kann sich auf andere Druckerkomponenten auswirken, die weit teurer zu ersetzen sind als eine

¹ <https://www.3dnatives.com/de/amtopus-151120171/>

einfache Düse. Alternative Materialien von Düsen wie beschichtetes Kupfer oder gehärteter Stahl haben eine bessere Lebensdauer. Bei größerem Filament mit zum Beispiel Holzspananteilen ist neben der Materialwahl der Düse auch ihre Größe ausschlaggebend. Gängige Durchmesser sind von 0.1mm bis 2mm zu finden. Die ultimative Standardgröße ist hierbei 0.4mm. Wird eine kleinere Düse benutzt steigt die Gefahr der Verstopfung auch bei gängigen Materialien. Mit einer kleineren Düse ist es aber möglich feinere Drucke mit geringerer Schichthöhe zu fertigen. Für Filamente mit Biokomponenten, wie zum Beispiel die erwähnten Holzspäne, wären Düsen mit 0.6mm oder 0.8mm anzuraten. Eine größere Düse erfordert zwar mehr Schichthöhen, doch die Gefahr der Verstopfung wird kleiner.

Des Weiteren ist nicht nur im Druckprozess viel zu beachten, sondern die Ästhetik des Filaments wie die Farbe oder die unterschiedlichen Schmelzpunkte von unterschiedlichen Druckmaterialien spielen eine Rolle. Die Farbe des Filaments verändert sich natürlich, wenn verschiedene Farben des Restfilaments gemischt werden. Für gleichmäßige Farben des endgültigen Druckobjektes ist dasselbe Grundmaterial unumgänglich. Bewusstes Mischen von unterschiedlichem färbigen Filament erzeugt eine komplett neue Farbe, Verläufe oder gar Schlieren im Objekt. Dies lässt sich nur vermindert absichtlich steuern. Eine andere Plastikart kann in diesem Mix zu weiteren Problemen führen. Verschiedene Plastikarten haben verschiedene Schmelzpunkte im 3D Drucker. Sie werden also mit unterschiedlichen Temperaturen gedruckt und sollten aus diesem Grunde nicht vermischt werden. Für die Wiederverwertung von 3D Druckmaterialien ist demzufolge vieles zu beachten, aber bei Erfolg ist es möglich Filament selbst herzustellen und damit zu drucken.

Der Aufbau eines 3D Druckers setzt sich folgendermaßen zusammen: ein Heizbett samt Bauplatte, auf dem gedruckt wird, einen Extruder, durch den das Druckmaterial aufgetragen wird, sowie zahlreiche Motoren, ein Bedienfeld, Elektronik und ein stabiler Rahmen. Die Düse sitzt samt dem Hotend im Extruder. Es besteht aus einem Heater Block, einem Heatbreak und der schon erwähnten Düse. Wichtig bei einem Hotend ist die Kombination aus Kühlkörper und Hitzeentwicklung. Das Material wird zwar am Ende geschmolzen, aber nicht zu früh, sonst verstopft die ganze Konstruktion. All dies haben die Benutzer*innen von 3D Druckern erst bei einem Eigenbau oder der Aufrüstung des

eigenen zu beachten. Diese Geräte sind adaptierbar und verbesserbar. Verschiedene Düsen, Hotends oder Bauplatten aus unterschiedlichen Materialien können das Gesamterlebnis verbessern. 3D Drucker sind mit weiteren Achsen adaptierbar oder durch zusätzliche Lüfter oder Elektronik aufrüstbar. Ob ein Sensor hinzugefügt wird, der erkennt wann das Filament ausläuft, oder ein anderer Motor eingebaut wird, welcher mehr Gas gibt, es gibt zahlreiche Möglichkeiten den eigenen Drucker zu optimieren. Der 3D Drucker kann als Bausatz erworben, nach Open Source Manier mit Teilen aus dem Baumarkt zusammengeschaubt oder zusammengebaut erworben werden.

Es gibt also nicht nur eine Art, um an den eigenen 3D Drucker zu kommen. Kollektive organisieren sich zum Beispiel zu Vereinen mit festem Sitz und bieten freien Zugang zu diversen technischen Apparaten wie auch 3D Druckern. Die Fab Labs, Maker Spaces oder auch Hackerspaces, sind Orte, die Zugang zu modernen Entwicklungsmethoden für die Bevölkerung versprechen. Im Zuge dessen versprechen sie auch den Zugang zum 3D Druck. Dadurch kommen mehr Leute mit dem 3D Druck in Berührung und auch die sinkenden Preise der Geräte treiben die Entwicklungen in den verschiedensten Bereichen voran. Der Budget 3D Druck ist ein Marktsegment, welches vermehrt in den letzten Jahren erschlossen wurde.

Nachteile des 3D Druckes sind eine hohe Fehleranfälligkeit, sowie eine Vielzahl an misslungenen Drucken. Probleme können durch falsche Handhabung oder genauso durch fehlerhafte Teile und Materialien entstehen. Natürlich spielt die benötigte Energie des 3D Druckers selbst mit und welches Material in welcher Dichte, Ausrichtung oder Schnelligkeit gedruckt wird. Je nach Material kann auch die Entsorgung komplexer werden. Ein spezieller Fall sind Drucker, die mit Resin arbeiten. Diese werden SLA Drucker genannt. Die Ergebnisse werden um ein Vielfaches glatter als die mit PLA gedruckten Objekte. Die unsachgemäße Handhabung von Resin in nicht gut ventilierten Räumen birgt zahlreiche Gefahren, da ebenso die Gefahr des Materials durch die breite Verfügbarkeit stark unterschätzt wird. Der Kontakt mit ungehärtetem flüssigen Epoxidharz, Resin, ist immer giftig. Vorsichtsmaßnahmen sollten getroffen werden. Im Normalfall wird das aus Resin gedruckte Objekt noch durch UV Licht ausgehärtet und sollte keine weiteren Probleme machen. Sollten jedoch dennoch Dämpfe entstehen und diese eingeatmet werden, kann dies zu schweren langfristigen Beeinträchtigungen führen. In Makerspaces

wird flüssiges Resin mit Schutzbrille und Handschuhen gehandhabt und davor gewarnt dieses nach Hautkontakt UV Licht jeglicher Art auszusetzen, wie zum Beispiel der Sonne. Der Kontakt mit UV Licht von Resin auf bloßer Haut führt zu Schmerzen und Verletzungen. Die Materialien für 3D Drucker gehen von Resin, thermoplastischem Filament, Metalle, Stahl, Keramik, Sand bis zu vielen weiteren wie auch Schokolade oder Teig.

Für den FDM Drucker sind PLA, PETG und ABS die weitverbreitetsten Materialien. Diese werden also im Schichtverfahren aufgetragen. PLA steht für Polymilchsäure oder Polylactid Acid, PETG für Polyethylenterephthalat, modifiziert mit Glykol, und ABS für Acrylnitril-Butadien-Styrol. Die Unterschiede zwischen ihnen können anhand der Hitzebeständigkeit, Formstabilität, dem Verziehen der gedruckten Formen, also dem Warping und ihrer Drucktemperatur festgemacht werden. ABS schrumpft beim Abkühlen und dadurch verzieht es leichter bei zu langen Druckzeiten. Außerdem führt dies zu einer suboptimalen Bodenhaftung. Es ist wichtig, dass die erste Schicht des 3D Druckes gut haftet, da sich sonst das Objekt von der Druckplatte löst und im schlimmsten Fall an der sich bewegenden Düse haften bleibt, was ein Drucken unmöglich macht. ABS ist hitzebeständiger als PLA, demzufolge stärker, aber PLA punktet durch einfache Handhabung und es gehört zu den preisgünstigsten Materialien. „Zudem entstehen sie nicht aus Erdöl wie konventionelle Kunststoffe, sondern auf Basis nachwachsender Rohstoffe - beispielsweise Mais.“ (Fastermann, 2016, S. 120) PLA stinkt während des Druckprozesses auch nicht, wie es ABS tut. PETG ist genauso einfach zu handhaben, doch es wird aus PET hergestellt, das zumindest namentlich von den PET Flaschen den Einzug in den Sprachgebrauch gefunden hat. Glykol wird hinzugefügt, damit es beim Drucken nicht spröde wird und Risse bekommt. Beide Materialien PETG und PLA benötigen keine geschlossene Kammer und sind bei niedrigeren Temperaturen druckbar, doch für PETG ist ein beheiztes Druckbett unerlässlich. PETG wird nachgesagt, dass es die besten Eigenschaften von PLA und ABS vereint. (vgl. Isabell I., 2021)

Es sind auch Filamente wie GREEN-TEC vorhanden, ein Bio Filament aus Österreich. PLA als Material, das aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugt wird, ist der erste Schritt in die richtige Richtung. Es ist aber nur unter bestimmten Bedingungen kompostierbar, ganz anders wie GREEN-TEC, das sich natürlich wieder in den Kreislauf einfügen lässt. Das Material hat eine bio-organische Komposition und ist zum Kompostieren geeignet im

Gegensatz zu PLA, sagen die Erzeuger des Materials. (vgl. Alec, 2016) Andere Bio Druckfilamente sind durch ihren Prozentanteil von organischem Material auch leichter abzubauen. Holzfilament besteht meist zu 20-40% aus Sägespänen und andere Filamente wie Bier PLA, Kaffee PLA oder Hanf PLA bestehen zum Teil aus Abfällen ihrer Namensgeber*innen, also das Bier PLA besteht wirklich aus Bier.

Über dies hinaus bieten die lang andauernden Druckprozesse Optimierungspotenzial. Dies kann unterschiedlich bewerkstelligt werden, ob durch Verbesserungen der Hardware, Ausprobierens der Settings oder Wahl des Materials. SLA Drucker drucken aufgrund ihrer Druckart schon schneller als FDM, da eine ganze Ebene gleichzeitig belichtet wird, doch auch bei FDM Druckern gibt es Möglichkeiten den Druck zu beschleunigen. Neben der Zugänglichkeit zu den 3D Druckern sind zahlreiche andere Thematiken von Bedeutung, auf welche im Laufe der Arbeit eingegangen wird. Bei den FDM Druckern ist die Schichthaftung und die Druckausrichtung wichtig. In welcher Ausrichtung ein Objekt gedruckt wird sagt viel über seine Stabilität aus. Beim 3D Druck gibt es zahlreiches zu beachten, von den Materialien mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften sowie der Art des Druckens. Studio Laika druckt in Farbe und benutzt hierfür laut einer Case Study von Stratasys ihren Stratasys J750 Drucker. Die 3D Drucker Firma führt aus, dass hierfür additive Fertigungstechnik benutzt wird für die Stop Motion Filme des vielfach ausgezeichneten Animationsstudios. (vgl. Stratasys Ltd., 2019) In Farbe aus ein und demselben Drucker drucken ist also auch im Möglichen, wie es dieses Animationsstudio vorführt.

Die Kombination aus 3D Druck, 3D Animation oder Modellierung und Stop Motion Animation erschafft einen Hybriden aus unterschiedlichen Techniken, der diese Bereiche verbindet. Wissen wird verknüpft, aber nicht nur Wissen, sondern auch Möglichkeiten und aus diesen Möglichkeiten entstehen Veränderungen, Verbesserungen und eine Zukunft für eine Technik, welche die Menschheit schon mehrere Jahrhunderte begleitet. Stop Motion Animation in Kombination mit 3D Druck vereinfacht zum einen die Puppenanimation, doch genauso bietet sie die Chance einer Hybrid Stop Motion Technik in der 3D Animation eine weit größere Rolle spielt.

3D Druck in Kunst und Kultur

3D Druck hat längst den Weg in den Kunst- und Kulturmarkt gefunden. Replica von berühmten Kunstwerken werden durch 3D Scans und den 3D Druck exakt kopiert. Für den italienischen Pavillon der World Expo 2020 in Dubai wurde eine Kopie von Michelangelos David in Originalgröße erzeugt, die der Öffentlichkeit nur von den Schultern aufwärts zugänglich war. (vgl. Cornwell, 2021) Die riesige Skulptur wurde im Original gescannt und eigens für die Messe als Kopie erzeugt. In alten Zeiten war es geläufig Kopien durch Bronzeabgüsse zu erstellen, durch die Entwicklung der Technologie wurde der Prozess erleichtert und die Gefahr der Beschädigung des Originals oder einer eigens dafür hergestellten Kopie verringert. 3D Druck ist nicht nur aus Plastik möglich, sondern auch Skulpturen und Keramiken werden durch geeignete Drucker ermöglicht. An diese Objekte kann auf neue Art herangegangen werden. Das Handwerk wird durch den digitalen Input verändert, doch nicht nur Handwerk, sondern auch die Betrachtungsweise von Objekten an sich erlebt einen Wandel.

Mit Beton wagten sich Giacomo Pala und Stefan Maier in einer Kooperation mit David Kienpointner und der Architektur Abteilung der Universität Innsbruck an die Skulptur Hypnerotomachia Naturae unter Aufsicht von Bart Lootsma. "Design—the act of generating something by composing its parts—would become the practice of constantly altering and reorganising available narratives and data in order to make something of them." (Pala, Design as Allegory, 2020) Designen – das Generieren von etwas, indem seine Teile zusammengesetzt werden – würde eine Praxis werden, die ständig verfügbare Erzählungen und Daten verändert, um etwas Neues aus ihnen zu machen, meint Giacomo Pala, einer der Erzeuger der Statue Hypnerotomachia Naturae. Die Statue besteht aus verschiedenen Einzelteilen, die in ihrer Ästhetik an ein Puzzle erinnern. In der Säule mischen sich Mensch- und Tiergestalten mit Popkulturreferenzen wie C-3PO aus der Star Wars Saga (Abbildung 7). Mythen und Legenden spielen eine wichtige Rolle wie in „Design as Allegory“ und auf der Webseite des Kunstschaffenden ausgeführt wird. In der Skulptur selbst sind am unteren Ende Elefanten und Schildkröten zu sehen, die einen weltähnlichen Körper tragen. In der Scheibenwelt, einem Fantasieroman des Schriftstellers Terry Prachetts, wird die Welt auf den Rücken von 4 Elefanten getragen, die wiederum auf einer Sternenschildkröte durch den Weltraum schwimmt. Verschiedene

Geschichten aus unterschiedlichen Bereichen werden gemischt und in eine neue in der Form der Figur vereint. Mythologie und Popkultur im direkten Kontakt wurden durch den 3D Druck in eine Form gebracht.



Abbildung 7 *Hypnerotomachia Naturae*, Fotos von Bart Lootsma - <https://www.giacomopala.com/hypnerotomachianaturae>

Der bayrische Künstler Wilhelm Koch hat Angela Merkel ein Denkmal gesetzt, das komplett aus recyceltem Leichtbeton 3D gedruckt wurde. (vgl. Eldersch, 2021) Nicht nur neues Material kann für den 3D Druck genutzt werden, er bietet auch die Möglichkeit für Recycling, doch auch andere Wege der Nachhaltigkeit stehen offen. Neri Oxman hat mit ihrem Team des MIT Medienlabors und anderen Kollaborator*innen verschiedene 3D gedruckte Wearables und Skulpturen erzeugt. Ihre Überzeugung beruht auf einer Materialien-Ökologie, die den Nutzen von einem einmal verwendbaren Objekt für verschiedene multifunktionale Materialien, Produkte und Gebäude auswechsell, wie sie in ihrem Portfolio klarstellt. Laura Traldi hebt in ihrem Artikel über sie auf der Lissabon Architektur Triennale diese Punkte erneut hervor. Objekte und Materialien sollen einen Mehrzweck bekommen und je nach Einsatzgebiet verschiedene Funktionen und Eigenschaften übernehmen. (vgl. Traldi, 2013) 3D Druck bringt eine Wandelbarkeit in die Materialität, je nachdem was mit ihr erschaffen wird. Nachhaltigkeit ist ein großes Ziel für die Zukunft, doch das Thema der Nachhaltigkeit an sich steht im Raum. „Even if everyone

agreed as to the desirability of achieving greater sustainability, making it happen seems to be an experiment in social engineering that is bound to fail. Yet changing human actions and interactions into the future permeates every prescription to promote movement toward sustainability.” (Portney, 2015, S. 194) Wir alle stimmen dem Nutzen eines nachhaltigen Lebensstils zu, aber es zur Realität zu machen erweist sich als schwer und doch ist es das wert wie Portney genauer ausführt. Die Bewegungen um Material im 3D Druck zu recyceln und auch Nachhaltigkeit in 3D gedruckter Kunst sind ohne Zweifel vorhanden. Es ist ein Problem, das durchaus bewusst ist. Die nachhaltige Auseinandersetzung ist jedoch nur ein Tropfen auf den heißen Stein in diesen Bereichen, die eine größere Veränderung mit sich ziehen, da dieses Problem sich durch gesamt-kulturelle Kontexte zieht. Es wird zu viel Abfall produziert, auch wenn dieser als Ressource genutzt wird. China als weltgrößter Müllimporteur hat in den letzten Jahren nacheinander Importverbote angekündigt, da diese durch einheimische Ressourcen ersetzt werden konnten. (vgl. EUWID, 2018) 3D Druck ist nur eine von vielen Möglichkeiten Abfall zu erzeugen, doch ist dieser ebenso eine Chance, um neue Verwendungsmöglichkeiten zu bieten. Jenseits von der Müllsituation ist aber nicht nur das 3D gedruckte Material in Reinform in Verwendung, wenn es sich um 3d gedruckte Kunst oder Filme handelt.

Für die olympischen Winterspiele in China wurde von BBC Creative, der hauseigenen Kreativagentur vom Fernsehsender BBC, eine Titelsequenz aus dem 3D Drucker designt. (vgl. BCCreative, 2022) In dieser bildet sich in einem Eiswürfel eine Schlittschuhfahrer*in, gefolgt wird dies von anderen Wintersportdisziplinen. Es gibt Schnitte zwischen den Geschehnissen im Eiswürfel wie zum Beispiel Eisstock schießen, die wiederum von einer Sequenz außerhalb dieser Welt, eine Skifahrer*in auf der Piste, abgelöst werden. Die Disziplinen verschmelzen im Eiswürfel, bis dieser bricht und Eiskulpturen der einzelnen Wettbewerbe freilegt. Durch die Technik des 3D Druckes wurde diese Stop Motion Animation dynamisch erstellt. Sie besticht durch den Einsatz von verschiedenen Medien und der Kombination der Technik von 3d Simulationen, Stop Motion Trick und Kameraeffekten. China als Austragungsort wird nicht erwähnt und sich auf die Disziplinen fokussiert. Im Werbespot von Salone Alpine „The Magic of Craft“ wird, wie bei dem Spot zu den olympischen Winterspielen, das Material nachträglich aus dem

3D Drucker noch bemalt (vgl. SaloneAlpin, 2016). Die Reinigung von benutztem Material in welchen Kontext auch immer wird durch gewollte und nicht gewollte Verschmutzungen ein Faktor, der zu beachten ist.

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, um an 3D Druck heran zu gehen, wie Objekte aus neuem Material erstellen, gedrucktes Material wiederverwerten oder überhaupt erst Druckmaterial aus Abfall zu erstellen. Dies ist eine Praxis, die auch in gewöhnlichen Produktionsketten immer mehr Anwendung erfahren, wie auch bei FruitLeather in den Niederlanden. Zwei Absolventen der Willem de Kooning Academie, einer Kunstakademie in Rotterdam, haben um auf Essensverschwendung aufmerksam zu machen, ein Unternehmen gegründet in dem sie aus Mangoabfällen Kunstleder erzeugen. (vgl. #LivingCircular, 2019) In den Niederlanden wird aus den Abfallmangos ein neuer Stoff erzeugt. Gleichzeitig wird sich um den Abfall wie um weiterverarbeitbares Material gekümmert. Das Kunstleder wird nicht 3D gedruckt, aber es bietet einen Einblick in die Mentalität und die Möglichkeiten des nachhaltigen Materials für 3D Druck. Wie sehr Material für den 3D Drucker an sich nachhaltig ist, bleibt anzuzweifeln. So beschreiben verschiedene Anbieter ihr Material als biologisch abbaubar, doch dies bedeutet an sich höchstens, dass es keine Abgase ausstößt, wenn es in die Natur geworfen wird. „PLA besteht aus nachwachsenden Rohstoffen und ist in industriellen Kompostieranlagen biologisch abbaubar. [...] Auch PLA emittiert, entgegen der gängigen Meinung, gesundheitsschädliche Stoffe, allerdings weniger als beispielsweise ABS.“ (L., 2021) Die Möglichkeit das Material zu recyceln ist aber dennoch vorhanden und sogar dass es in speziellen Kompostieranlagen abgebaut werden kann. Die Möglichkeiten bestehen, auch wenn es erschwert wird, da diese für Normalsterbliche nicht leicht zugänglich sind. Es wird auch anders als ABS nicht aus fossilen Brennstoffen erzeugt, sondern nachwachsenden wie zum Beispiel Maistärke oder Zuckerrohr. Zusammen mit weniger gesundheitsschädlichen Stoffen als andere 3D Druck Materialien ist es nicht ohne Grund zu einem klaren Favoriten im 3D Druck geworden. Viele der schädlichen Stoffe kommen auch nicht vom PLA an sich, sondern den Zusatzstoffen. Eine Mehrzahl dieser Zusatzstoffe wurde entwickelt, um das Grundmaterial an sich zu verbessern. (vgl. PlasticsToday, 2008) Der Grundgedanke ist per se kein schlechter, auch wenn die allgemeine Gefährlichkeit dieser Stoffe gegen ihren Nutzen abgewogen gehört.

Der 3D Druck nimmt Einfluss auf viele Bereiche des Lebens jenseits von Kunst und Kultur und hat als Hybrid auch die Unterhaltungsbranche gefunden. Im nächsten Kapitel wird allgemein auf Hybrid Animationsfilme eingegangen, um des Weiteren den 3D Druck im Stop Motion Film näher zu betrachten und die Makerspaces als Orte der Zusammenkunft in denen die Wissensvermittlung über 3D Druck fließend im Kollektiv passieren kann.

3D Druck und Stop Motion Animation als Prozess

Was ist Hybrid Animation?

Nach der Genretheorie können Techniken als Unterscheidungsmerkmal bestimmter Filmgenres verwendet werden. Diese ermöglichen genauso wie inhaltliche Filmgenres Überschneidungen. Hybrid Animation bezeichnet Animationen, die verschiedene Animationsarten miteinander verknüpfen. Manches davon passiert natürlich und ineinanderfließend, wie es aktuell in Studio Laika Produktionen der Fall ist. „Kubo and the two Strings“(2016) ist ein Beispiel für einen solchen Hybriden. Mit dem 3D Drucker ausgedruckte Elemente werden in Stop Motion Technik, aber auch in Kombination mit CGI zu einem Film. Es handelt sich um eine kommerzielle Stilisierung, die den Eindruck der Hybrid Animation nicht in das Zentrum der Aufmerksamkeit rücken will, sondern aus beiden Welten das Beste herausholt, um effektiv die Techniken in einer Produktion zu nutzen. Es steht nicht die Reflexion der einzelnen Techniken im Mittelpunkt, sondern ihre Nützlichkeit.



Abbildung 8 – Kubo and the two Strings

In Abbildung 8 ist das Grundgerüst einer Puppe zu sehen und ihre einzelnen Teile. Es handelt sich um eine Konstruktion, an die sich Augäpfel und Gesichter montieren lassen. Die Gesichtsteile der einzelnen Puppen sind austauschbar und es gibt für jeden Charakter mehrere austauschbare Teile. Die Konstruktion in die einzelne Elemente befestigt werden, sowie Gesichter und die Augäpfel, sind ausgedruckte 3D Modelle. Die Ästhetik dieser Puppen erleichtert die digitale Kombination von 3D Content, der nachträglich in den Film inkludiert werden kann. Ihre Oberflächentextur ist glatt und die ausgedruckten Teile sind CGI Animationen. Hybrid Animation bezeichnet in erster Linie die Kombination unterschiedlicher Techniken in einem Film. In diesem Fall lässt die Nähe der 3D Animation zum 3D Druck die Stop Motion Technik als Zusammenschluss aus allen auftreten. Für letzteres sind 3D Modelle nötig, die im 3D Drucker ausgedruckt werden. Die Grenzen des digitalen und analogen verschwimmen in der heutigen Zeit immer mehr und in den Filmen des Studios Laika werden auf kommerzielle Art Stop Motion und 3D Animation durch und mit dem 3D Druck verknüpft. Viele Special Effects werden im Gegensatz zur Vergangenheit digital produziert, oder befinden sich in einem Zwischenraum. Zum Beispiel der Nebel des Filmes „Coraline“ (2009) ist im Gegensatz zu den Stop Motion Puppen als verschiedene Einzelteile aufgenommen und wurde digital durch Compositing dann zu einem Gesamtbild zusammengefügt (vgl. Contenido Extra, 2020). Compositing beschreibt das Zusammenfügen von mehreren Quellen zu einem ganzheitlichen Endprodukt. Im Film werden getrennt voneinander aufgenommene Dinge digital zusammengefügt. Die Grenzen der Techniken verschwimmen und diverse Prozesse beschleunigen dies.

Andere Filmemacher*innen, die Hybrid Animationstechniken benutzen, bemühen sich je nach Kombination der Techniken mehr um das Verschleiern oder eben das Hervorheben der unterschiedlichen Techniken. Hybrid Animation bezieht sich speziell auf die Kombination von Animationsarten. Es gibt auch viele Hybrid Filme, die Animation und Realfilm miteinander vermischen, aber die eigentliche Hybrid Animation beschreibt den Einsatz von unterschiedlichen Animationstechniken miteinander.

Sehr oft gibt es die Kombination aus digitaler Animation mit traditionellen Hintergründen, doch auch hier liegt der Fokus nicht auf der Animation selbst. Hybrid Animation bezieht sich also auf unterschiedliche Animationsarten, die miteinander auftreten, zeitgleich oder

hintereinander. Verschiedene Animationsarten verknüpfen sich aus ästhetischen oder geschichtsrelevanten Gründen miteinander. Die Motivationen dafür sind unterschiedlich. Im Fall von Studio Laika Produktionen spielt die marktwirtschaftliche Erleichterung von speziellen Effektprozessen eine besondere Rolle. Manches ist digital schneller und manches wird analog für die Ästhetik produziert.

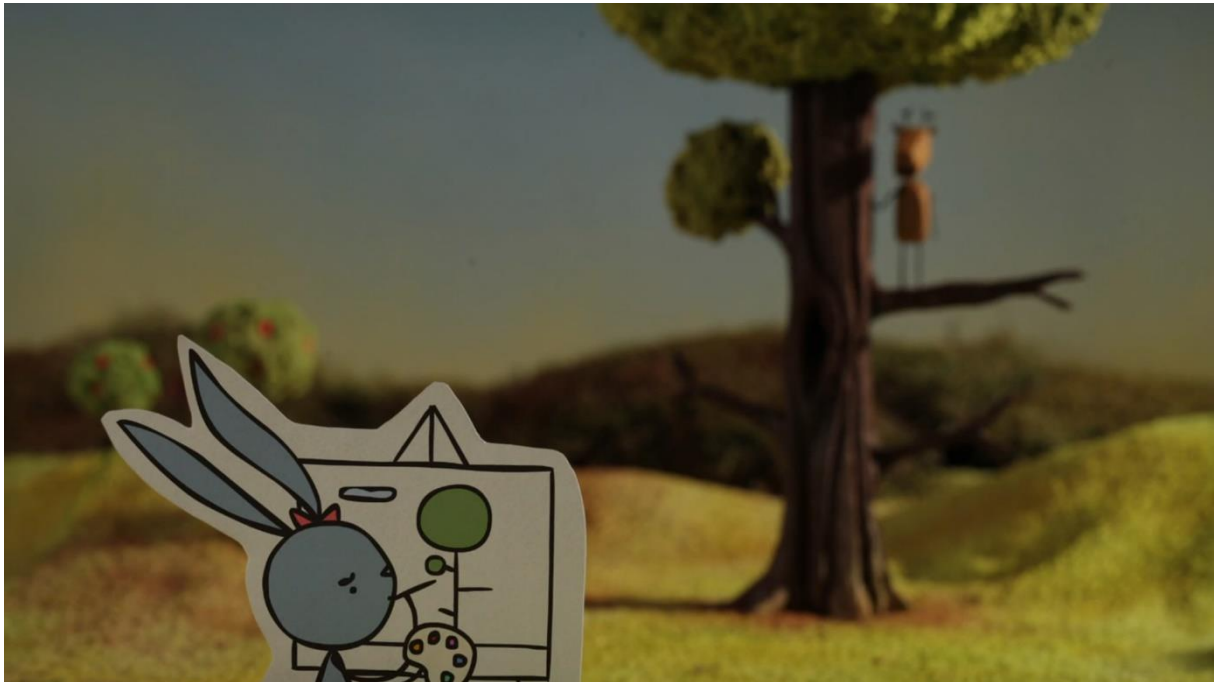


Abbildung 9 - Rabbit and Deer (Nyuszi és Őz), 14:24 <https://vimeo.com/52744406>

In „Rabbit and Deer“ („Nyuszi és Őz“, 2013) geht es um eine Freundschaft eines Hasen und eines Hirsches. Zu Beginn ist es eine komplett flache 2D Animation. Der Hirsch hingegen kommt durch einen kaputten Fernseher in Kontakt mit der Projektion von Dreidimensionalität. In seiner Besessenheit versucht er das Konzept von Räumlichkeit zu verstehen, doch seine eigene Welt ist nur zweidimensional. Erst durch ein Missgeschick des Hasen bekommt er einen elektrischen Schlag und landet in der dreidimensionalen Welt. Er wird zur Puppe und blickt auf ein Blatt Papier wo seine Hasenfreundin verzweifelt nach ihm sucht. Sie entdeckt ihn, zuerst ganz verschwommen, doch dann erblickt auch sie die Dreidimensionalität. Den ganzen Film über bleibt sie zweidimensional und er will sie mitnehmen in seine neue Welt. Dies geht schief und in seiner Begeisterung über die neue Welt opfert der Hirsch fast seine Freundin an den Regen. Nässe macht zwar der Puppe nichts aus, doch für den Hasen am Papier ist das eine lebensbedrohliche

Situation. Das spannende an dem Film ist die Kombination aus Puppentrickfilm und 2D Animation. Inhaltlich wird der Hase im Film ausgeschnitten und mitgenommen nach draußen, wie in Abbildung 9 zu sehen ist. Interessant ist auch zu beobachten, dass der Hirsch die Möglichkeit erhält die dreidimensionale Welt auszukundschaften, während sie in ihrer ursprünglichen Form verbleibt. Stereotyp wird ihr Geschlecht durch eine rosa Schleife im Haar festgelegt und lässt Interpretationsraum offen. In dieser Hybrid Animation werden also verschiedene Animationstechniken miteinander verknüpft. Bei „Rabbit und Deer“ sind dies der Zeichentrick und der Stop Motion Puppentrick. Zeichnung und Puppen als Bindeglied zwischen zwei unterschiedlichen Techniken. Die Kombination zwischen Stop Motion und 3D Animation, bewegt sich je nach Film mit dem Fokus auf der Hybrid Animation. Teile wie die Modellierung der Objekte, am Computer oder analog um dann durch 3D Scan digitalisiert zu werden, sind noch keine Animation. Verschiedene Zwischenschritte oder Nachbearbeitungen, die sich im Animationskontext bewegen, bieten andere Möglichkeiten.



Abbildung 10 - Madame Tutli Putli, 3:48 <https://youtu.be/GGyLP6R4HTE>

„Madame Tutli Putli“ (2007) ist per Definition mehr ein Hybrid Film, als eine Hybrid Animation, dennoch arbeitet der Film mit der Ästhetik der Stop Motion Animation und den Reiz macht die Unerkennbarkeit der realen Augen aus. Die Augen wurden gefilmt und dann mithilfe von Tracking Methoden in die Puppen hinein retuschiert. (vgl. Seymour, 2008) Etwas wirkt seltsam, anders, aber ohne das Wissen, dass es sich um reale Augen

handelt wäre dies nicht von vornherein in diesem Film eingeschrieben, da der Film sich der Stop Motion Ästhetik verschrieben hat. Das Erkennen, ob es sich bei diesen Hybriden um Hybridfilme oder Hybridanimationen handelt ist also nicht immer leicht. Es wird in 3D gedruckten Stop Motion Projekten noch erschwert durch die gegenseitige Inspiration von Stop Motion und 3D Animation. „Die Boxtrolls“ (2014), ein Film von Studio Laika, passte seine Stop Motion und 3D Elemente so aneinander an, dass es auf den ersten Blick schwer zu beurteilen ist, welche Technik letztendlich benutzt wurde. Stop Motion Puppen bewegen sich glatt wie 3D Animationen und 3D Animation nähert sich der Ästhetik von Stop Motion Animation, zum Beispiel durch geringere Frameraten oder imitierende Ästhetik. In Weiterführung zu „Madame Tutli Putli“ wird es schwer zu erkennen was anders ist, wenn dies überhaupt auffällt. Jenseits der großen Studios gibt es Filme wie „Chase me“ (Deschaud, 2015) in denen 2500 Teile ausgedruckt werden, die natürlich zuvor in 3D animiert wurden, und dann in der Stop Motion Technik zu einem Hybridfilm aus beiden werden. 3D Animation und Stop Motion Technik fließen ineinander.



Abbildung 11 Mademoiselle Kiki et le Montparnos, 2019, 14:29 <https://youtu.be/puGrUFa51o>

Eine weitere hybride Art ist die traditionelle Animation, die durch die Computertechnik in verschiedenen dreidimensionalen Ebenen angelegt wird. Im Film „Mademoiselle Kiki and the Montparnos“ (2019) von Amélie Harrault wird dieses Verfahren klar sichtbar, wenn Figuren aneinander vorbei gehen. In der Vergangenheit wurde in der Animationsbranche

zum Beispiel bei Disney für diese Art die Multiplane-Kamera (vgl. Disney Family, 2011) eingesetzt, ein Gestell in das unterschiedliche Bilder eingespannt wurden und dann von oben gefilmt wurden. Ein reales vorne und hinten wird zu einem gefilmten, in dem unterschiedliche Ebenen in verschiedenen Geschwindigkeiten bewegt werden konnten, oder gar nur eine Ebene an sich. Durch die Entwicklung der Technik ist es möglich geworden dies daheim am Computer zu machen. Es handelt sich dabei nicht wirklich um eine Hybrid Animation, doch zeigt es sehr gut wie strikt oder schwammig Grenzen gezogen werden können.

Die Animationsprofessorin Tina O'Hailey hat sich in ihrem Tutorialbuch „Hybrid Animation: Integrating 2D and 3D Assets“ insbesondere auf die Kombination von 2D Animation und 3D Animation vertieft und infolgedessen Stop Motion Animation sowie digitale CGI Animation als 3D Animation zusammengefasst. Beide Animationsarten agieren im dreidimensionalen Raum und es gibt zahlreiche Überschneidungen, doch rein von den technischen und den ästhetischen Aspekten sind sie alles andere als dasselbe. Hybrid Animation als Genre bietet sich an, da es die verschwimmenden Grenzen klar benennt. Anders als ein inhaltliches Genre bezieht es sich speziell auf diese beiden Aspekte, Technik und Ästhetik, und diese variieren quer durch die Animationsarten, oft sogar ins Extreme bei Überkategorien. Stop Motion Animation an sich vereint die unterschiedlichsten technischen Möglichkeiten, doch in Kombination mit anderen Animationsarten werden diese nur umso vielfältiger.

Nachteile traditioneller Prozesse

Wie zu Beginn erwähnt geht die Geschichte der Stop Motion Animation in die Anfänge des frühen Filmes zurück und so überschneiden sich einige Nachteile. Viele Probleme der traditionellen Prozesse von Stop Motion Animation, insbesondere dem Puppentrick, sind handwerkliche Probleme wie: Eigenschaften des Materials, Kosten, Stauraum, Platz für die Sets, Wiederholung der Animation einer ganzen Szene, wenn sich nur ein Fehler einschleicht und einiges mehr. Manche Gesichtspunkte davon wie fehlender Platz für Sets, Puppen und Props fallen in digitaler Animation weg. Bei digitaler 2D Animation ist ein Fehlen der Stapel an Zeichnungen im Gegensatz zur analogen auffallend, genauso wie

die realen Objekte bei der Stop Motion Animation wegfallen. Veränderungen und Korrekturen sind bei traditionellen Techniken ein Prozess, der reale Veränderung benötigt. Es bietet sich selten die Möglichkeit diese rückgängig zu machen, wenn nicht ohnehin alles von vorne neu erschaffen wird. Rein traditionelle Animation benötigt Hilfsmittel, von der Kamera über das Verstecken der Armaturen, die aufwendigere Bewegungen ermöglichen. Bei dem Stop Motion Puppentrick werden meist Arme, Stop Motion Rigs, eingesetzt, die Puppen in der Luft halten. Diese können digital einfach wegeditiert werden. Da Stop Motion Animationen seit langem nicht mehr auf Filmrollen aufgenommen werden, wurde eine teilweise Digitalisierung durch die Zeit etabliert. Ein Prozess, der im kommerziellen Bereich viel auf den Kosten-und-Nutzen-Faktor beruht, also wie sehr etwas Geld spart und wie möglichst viel Profit herausgeholt werden kann. „However, despite being cheaper, the digital nature of the Visual Effects and their constant amendments are time-consuming and could subsequently present costly repercussions.“ (Melki, Montgomery , & Maguire, 2020) Obwohl 3D Animation an sich günstiger ist, durch die digitale Natur der Visual Effects, sind ständige Änderungen zeitfressend und können kostspielige Auswirkungen mit sich bringen. Die digitale Natur an sich ermöglicht unendliche Veränderungen ohne Qualitätseinbußen. Eine undurchdachte Revision verändert so den Faktor der Kosten. Kommunikationsprobleme werden somit zum treibenden Kostenfaktor und Misskommunikation, aber vor allem falsche Vorstellungen beim Endkunden oder technisch unversierten Entscheidungsträger*Innen fallen stärker ins Gewicht. Das Abwiegen, ob eine Veränderung finanziell leistbar ist, hat mit dem Kauf von zusätzlichen Materialien zumindest eine Hürde mehr in Gedankenprozessen dargestellt.

Das Problem, dass Animation durch die Zeit fiel, da es mehr Aufwand bedeutete als eine Kamera aufzustellen und diese einfach laufen zu lassen, belastet die Gesamtheit der Filmgeschichte. In der frühen Filmgeschichte gab es zwar diverse Geräte wie das Kinetoskop oder die Laterna Magica, in denen zumindest der gezeichneten Animation mehr Spielraum gegeben wurde, doch mit dem Erfolg des Kinos wurde der Realfilm in den Fokus gestellt. Es gab zahlreiche Animationsstudios im Laufe der Zeit, aber insbesondere in der Forschung, wie auch von Lev Manovich erwähnt, war es eine Selbstverständlichkeit, dass wenn von Filmen gesprochen wurde, dass damit der Live Action Film, der Realfilm,

gemeint war. (vgl. Manovich, 2002, S. 294) Laut ihm verbindet diese Filme der Aspekt wie sie aufgenommen wurden, jenseits ihres Inhalts. Der Aufwand nur eine Linsenbasierte Kamera aufzustellen ist demzufolge geringer und im allgemeinen Verständnis war sie auch in der Vergangenheit von größerem Forschungsinteresses. Als ein Punkt weshalb der Realfilm durch die Geschichte mehr Anerkennung bekam, kann der Zeitfaktor in der Produktion gesehen werden. Es ist aber eine Erzählung, die außer Acht lässt wie einfach Animation auch mit wenig machbar ist und wie viel hinter Großproduktionen aller Genres steht, egal ob Film oder Animation. Eine Minute Film scheint oberflächlich betrachtet weniger Aufwand zu sein, aber die Betrachtung der unterschiedlichen Kontexte und Möglichkeiten rückt dieses Bild in eine andere Richtung. In der Vergangenheit wurden Puppen für Filme wie „KingKong“(1933) als Spezialeffekte benutzt und die Stop Motion Technik war ein Behelf so wie es nun CGI ist. Ihre besondere Fähigkeit war es Dinge darzustellen, die real nicht vorhanden sind oder deren Realität zu aufwändig wäre. Natürlich hätte auch ein normaler Gorilla an einem an seine Größe angepassten Set King Kong spielen können, aber die Animation gab kreative Freiheit und Kontrolle, die einem Gorilla mühsam antrainiert werden hätte müssen und ob dies so tierfreundlich wäre sei in den Raum gestellt. Willis O'Briens Stop Motion Projekt „Creation“(1931) inspirierte „King Kong“ und bat den Regisseur eine Möglichkeit seinen Film über einen Riesenaffen zu verwirklichen. (vgl. Cavalier, 2011, S. 108) In diesem Film wurde eine Welt der Stop Motion Dinosaurier mit Schauspieler*innen verknüpft. In Tests wurden sogar reale Tiere in Kontrast zu den Dinosauriern gesetzt. (vgl. CátedraSzmukler, 2021) Der Unterschied ist erkennbar, aber der Versuch die Realität durch Puppen zu imitieren bekam besonders durch „King Kong“ einen Schub.

Stop Motion Technik zeigte durch diesen Filmerfolg, dass egal ob es sich um Film oder Animation handelt, die Zuseher*innen waren bereit zuzusehen. Jenseits den Welten der Vergangenheit macht der Animationsmarkt alleine in den USA im Jahr 2018 259 Billionen Dollar Wert aus und wuchs bis 2020 auf 270 Billionen. (vgl. Navarro, 2021) Die Industrie ist jenseits der gewählten Technik auf einem aufstrebenden Weg. Das Problem des Aufwandes bleibt dennoch ersichtlich und wird offensichtlich, wenn betrachtet wird, dass für kommerzielle Projekte meist nur Sekunden fertigen Materials am Ende eines Tages herauschauen. Dies ist ein Vorteil, den die Technik des Films gegenüber der Animation

besitzt, denn anders als beim Film ist bei der Animation jeder einzelne Frame wichtig. Durch die Computeranimation und die automatische Berechnung hat sich dies verändert und doch werden noch immer einzelne Frames für die Zwischenberechnungen benötigt. Frames, die den Start und Endpunkt markieren und ab und zu die Action auch unterbrechen. „The LEGO Movie“ (2014) ist ein 3D animierter Film, der die Technik der Brickfilme imitiert und Hommage an „The Magic Portal“ (1985) sowie Laienanimationen Tribut zollt. Brickfilme bezeichnen eine Unterkategorie der Stop Motion Filme, bei der Lego Figuren zum Einsatz kommen. Beim Film „The Lego Movie“ wurden bewusst traditionelle Prozesse imitiert und Materialität durch abblätternde Farbe, Kratzer am Material und Grenzen in der Bewegung festgesetzt. Das Material Plastik wurde digital imitiert. Die Ästhetik hat den Sprung aus der realen Welt in die digitale gemacht, aber mit 3D Druck ist auch ein weiterer Schritt nicht fern.

Vorteile von Stop Motion Animation mit 3D Druck

Ein 3D gedrucktes Objekt kann vor dem Druck auf alle Bedürfnisse angepasst werden. Mit Engineering ist eine Möglichkeit Armaturen, die Skelette von Stop Motion Puppen, selbst zu entwickeln. Charaktere können in großer Zahl gleichzeitig verändert werden. Ausgedruckt werden kann je nach Größe des 3D Druckers auch in beliebiger Größe, und wenn nicht dann können Dinge an unkritischen Punkten zusammengeklebt werden. Ein Objekt kann ebenso verschieden skaliert werden, um unterschiedliche Größen desselben Objekts zu erzeugen. Neben dem Aspekt der Adaptionen von Dingen, bleibt die Eigenermächtigung bestehen. Es ist möglich nach Bedarf zu produzieren, Dinge zu adaptieren und eigenverantwortlich zu handeln. Nicht nur die technischen Vorteile bieten sich an, sondern eine andere Art von Zusammenarbeit.

3D Druck als eigenverantwortlicher Prozess

Die Open Source Initiative beruht auf dem Gedanken, dass gemeinsam mehr erreicht werden kann. Es ist ein kollaborativer Prozess zu dem unterschiedliche Menschen, aus freien Stücken, beitragen. Diese Bewegung wird zu großen Teilen mit Open Source Software in Verbindung gebracht, also Software, aber es gibt auch Teile die sich auf physische Geräte beziehen, Open Source Hardware (OSHW). „Open-Source-Hardware ist

Hardware, deren Baupläne öffentlich zugänglich gemacht wurden, so dass alle sie studieren, verändern, weiterverbreiten und sie sowie darauf basierende Hardware herstellen und verkaufen können.“ (Lars Zimmermann&Open It Agency, 2022) Die Personen, die Dinge bauen oder ihre Baupläne online frei zur Verfügung stellen, werden Maker*innen genannt. Viele dieser Maker*innen sind vereinsmäßig organisiert oder treffen sich auf Events, online oder gar an Orten an denen gemeinsam gearbeitet wird.

Die österreichische Webseite makerszene.at definiert diese physischen Orte als Orte der Zusammenkunft. „Makerspaces / Hackerspaces / Fablabs sind Orte, an denen Maker/innen hinkommen können, um alleine oder gemeinsam Werkzeuge zu nutzen (meist gegen Miete) bzw. Projekte durchzuführen.“ (Kneuer) Für die Orte gibt es verschiedene Begriffe, Makerspaces/Hackerspaces/Fablabs, und während manche wie erwähnt im Verein organisiert sind, sind es andere als Dienstleistung oder Geschäftsmodell mit bezahlten Mitgliedschaften. In Wien gibt es das Mz*Baltazar's Lab², ein Platz der dieses Modell als feministisches Kollektiv lebt. Die Motivationen hinter den unterschiedlichsten Makerspaces ist vielfältig, aber der Grundgedanke als offener Ort des Austausches und ihre Nähe zur Open Source, OSHW sind unverkennbar. „Insgesamt sind FabLabs Teil einer sich dynamisch entwickelnden Do-it-yourself- Lands Räume des Selbermachens und Gemeinsam-Machens (deswegen manchmal auch „Do-it-together“ genannt), des unkommerziellen Reparierens, Tauschens, Anpflanzens und Upcyclings.“ (Spielhofen) An manchen dieser Orte befinden sich neben den unterschiedlichsten technischen Geräten, die äußerst praktisch für Stop Motion Filme sind, wie zum Beispiel CNC-Phräsen zum Schneiden eines Sets aus Holz, auch 3D Drucker.

Mit den Geräten soll möglichst eigenverantwortlich umgegangen werden und der Gedanke des Teilens mit anderen steht im Vordergrund. Eine Dokumentation oder Anleitung, die anderen dasselbe ermöglichen soll, ist unter den drei Hauptverantwortlichkeiten im Fab Lab Wiki, der Fab Lab Charta, zu finden. Sicherheit, Zugang und Bildung sind diese drei, zusammengefasst: Sicherheit in Bezug auf weder Verletzung von anderen Menschen oder den Maschinen, Zugang in Bezug auf eigenverantwortliches Reinigen, Warten und Verbessern des Labs, Bildung in Bezug auf

² <https://www.mzbaltazarslaboratory.org/>

die Weitergabe von Wissen. (vgl. FabWiki, 2012) Egal ob diese Orte nun Makerspaces, Hackerspaces oder Fablabs genannt werden, hinter allen drei Begriffen steht die Mentalität der Gemeinsamkeit und der offene Zugang. Im breit gefächerten und zeitaufwendigen Prozess bietet dieser Aspekt die Lösung sich zumindest für einen Bereich Unterstützung und Wissen zu holen und das eigene zu teilen. Zusätzlich dazu bieten diese Räume einfach räumlichen Platz für diverse Geräte im urbanen Raum, wo nicht jeder den Zugang zu einem Extraraum als Werkstätte besitzt. Makerlabs sind als offene Orte konzipiert, aber nicht jeder fühlt sich dort wohl. Entwicklungen wie Mz*Baltazar's Lab, als feministischer Raum, können dem Abhilfe schaffen. Das Ideal eines Makerspace und die Realität überlappen nicht immer. Toxische Communities sind möglich, wo sich nicht jeder wohlfühlt, aber dies ist nicht ihr Grundgedanke. Das Lernen und Teilen ist einer der wichtigsten Grundpfeiler der Hackermentalität. (vgl. Davies, 2017, S. 69) Das Bild der Hacker*in hat sich verändert, anders als die Computerhacker aus Filmen, geht es bei den Hackerspaces und Hacker*innen im Geiste einer Bewegung um das Tun. Deshalb sind diese Hacker auch unter den Namen Maker auffindbar. Viele Begriffe haben sich für dieselben Ideen gefunden, doch ihr Grundgedanke eint sie alle.

Gesellschaftliche Möglichkeiten hinter 3D Druck

3D gedruckte Stop Motion Animation kann zum einen von den Orten der Zusammenkunft, den Makerspaces profitieren, doch gerade durch solche Orte, profitiert diese Animation nicht nur von der Gemeinschaft, sondern auch der leichten Zugänglichkeit der Technik. 3D Drucker sind in den letzten Jahren zwar immer günstiger geworden, aber es kann nicht davon ausgegangen werden, dass jeder Mensch einen besitzt. In dicht besiedelten Städten mit teuren Mieten könnte allein der Platz für 3D Drucker zu einem Problem werden. Durch die Makerspaces gibt es nicht nur 3D Drucker, sondern für gewöhnlich viele Menschen, die wissen wie die Geräte funktionieren und beim Lernprozess unterstützen. Ein 3D Drucker ist nicht immer fehlerfrei, sei es eine verstopfte Düse, ein schiefes Heizbett oder missglückte Drucke aller Art. Durch die Makerspaces sind Leute vorhanden, die den Einstieg in den technischen Teil der Hardware um ein Vielfaches erleichtern. Erfahrungen wurden gesammelt und auch wenn diese Erfahrungen sich nicht speziell auf den Druck und die Herstellung von Stop Motion

Objekten beziehen, so bieten sie dennoch Hilfe bei der Handhabung des 3D Druckers und seinen Tücken.

Diese Zusammenarbeit lässt sich durch die gegebenen Eigenschaften eines 3D Druckers nicht nur auf den Lernprozess in einem Makerlab begrenzen, sondern größere Kooperationen, jenseits von Grenzen sind möglich. Ein 3D gedrucktes Objekt kann an einem gänzlich anderen Ort neu gedruckt werden, und somit eine Vernetzung ermöglichen, die rein durch den physischen Nachbau nicht möglich ist. Neben Orten an denen Wissen gesammelt werden kann, wird durch den 3D Druck die Verbreitung von Objekten möglich. Die Projektbesprechungen mit Gesprächspartner*innen an verschiedenen Orten würden über dasselbe gedruckte Objekt geführt werden und ein physisches Objekt zur genaueren Betrachtung wäre an voneinander weit entfernten Orten eine Gesprächshilfe. Die Zusammenarbeit über weite Distanzen und die veränderte Kommunikation mit Personen sind ein nicht übersehbarer Vorteil. Experten im Bereich Stop Motion Animation sind quer über die Welt verteilt, doch dank des 3D Druckers wären Kooperationen kein reines Fantasiegebilde. Wenn nur der Aspekt des 3D Druckes betrachtet wird ergibt sich auch die Möglichkeit Lieferketten umweltbewusster zu gestalten oder die Produktion nach Bedarf. „Die 3D-Drucktechnologien haben gegenüber den Massenprodukten folgende Vorteile: Erstens können 3D-Drucker Produkte erschaffen, deren Formen für den jeweiligen Einsatz oder die entsprechende Umgebung optimiert sind. Zweitens ist das Speichern einsatzbereiter Designdateien, das digitale Inventar, umweltfreundlicher als das Lagern von Produkten in Hallen. Und drittens können mit 3D Druckverfahren recycelte oder umweltfreundliche Werkstoffe zum Drucken eingesetzt werden.“ (Lipson & Kurman, 2014, S. 216) Anders als mechanisch hergestellte Objekte ist 3D Druck in der Lage Dinge zu erstellen, die in der Realität mit mehr Produktionsaufwand einhergehen. Die Möglichkeit Dinge exakt nach Maß zu drucken oder verdrehte Formen sind kein Problem. Bei einem Kugellager könnte zum Beispiel das Stützfilament aus wasserlöslichem Material gedruckt werden. Dies ermöglicht Dinge aus einem Guss zu erschaffen und bisher andere unmögliche Formen zu drucken. Dies ist jedoch nicht nur praktisch im Bezug darauf, dass ein Gerät ganze Teile drucken kann, sondern das Optimierungspotenzial ist an die äußeren Umstände anpassbar. Dies beginnt beim Material, geht über die Form bis zur Funktionalität an sich. Der zweite Punkt

ist ohne Frage einer, der Lieferketten verkürzen kann und die ständige Lagerung von Ersatzteilen in großen Lagerhallen obsolet machen könnte. Mit kürzeren Lieferketten wird weniger Energie für den Transport verwendet und regionale Unternehmen werden gefördert. Bis hin zu einer Kreislaufwirtschaft ist großes Potenzial in diesem Punkt zu finden. Der dritte Punkt schließt wieder an die umweltfreundlicheren Verfahren an, indem Material wiederverwendet wird oder der Werkstoff aus umweltfreundlichem Material besteht. Ressourcen sind nur begrenzt auf diesem Planeten vorhanden. Das Beste aus ihnen herauszuholen ist eine mögliche Lösung. 3D Druck hat viel Potenzial in dieser Richtung, aber es muss auch gesellschaftlich anerkannt und verfolgt werden. Das Standardfilament besteht trotz alledem noch aus Kunststoff, da der Werkstoff billig und tief in unseren Produktionsalltag verwoben ist. Alternativen werden entwickelt, doch müssen diese auch fokussiert werden. Neue Werkstoffe werden entwickelt, doch letztendlich besteht die Gefahr die wunderbare Möglichkeit des 3D Drucks durch unbedachtes Konsumieren und der Nachfrage nach eben diesen günstigen Materialien in eine ganz andere Zukunft zu lenken. „Kunststoff zerstört unsere Umwelt. Aber Kunststoff war und ist ein >> demokratischer Gleichmacher<<, [...]“ (Lipson & Kurman, 2014, S. 220) Viele praktische und lebenswichtige Errungenschaften sind auf diesen Stoff zurückzuführen und haben einen breiten Zugang zu neuen Produkten für alle Einkommensschichten erzeugt. Trotz des Bewusstseins welchen Schaden Kunststoff auf unserer Erde verursacht ist es nicht wegzudenken. Schlussendlich macht es jedoch keinen Unterschied ob industriell oder in privaten Haushalten mit Kunststoff hantiert wird. Am Ende ihres Gebrauches werden sie entsorgt und landen im schlimmsten Fall in den Weltmeeren. Ein Umdenken ist längst überfällig. In Bezug auf Stop Motion Puppen ist die Reinigung und Wiederverwertung des Ursprungsmaterials eine Möglichkeit die Puppen zurück in den Kreislauf zu führen.

Neben den Vorteilen in der Produktion eröffnet 3D Druck in der Zahntechnik oder im Versuch Organe zu drucken manchen Bereichen einen Sprung nach vorne, der die Praxis erleichtert. Es gibt zum Beispiel viel mehr Leute die Organspenden benötigen, als es Organspender gibt und deshalb ist 3D Druck Medizintechnik ein großartiges Beispiel. Beim 3D Druck im Medizinbereich, auch Bioprinting genannt, wird mit organischem Material gedruckt.

Es gibt einen Unterschied zwischen dem Drucken von Gewebe und Organen, letzteres ist um ein Vielfaches schwerer umzusetzen. Die Voraussetzungen für das Drucken von Gewebe sind mechanischer, biologischer, geometrischer Natur, außerdem müssen Transport- und Bioprinting-Aspekte beachtet werden. Viel ist zu beachten von der Struktur bis hin zu typischen Eigenheiten des 3D Drucks, wie viel Material benötigt wird, wie schnell gedruckt wird und unter welchen Umständen. (vgl. Jordan, 2018, S. 169-170). Manche der Probleme und Eigenheiten sind klar nicht nur 3D Druckern mit Filament vorenthalten. Vorstöße auf diesem Gebiet erleichtern jedoch das Leben von Menschen enorm, besonders in diesem Bereich. „Im Juni 2018 war es dem Unternehmen gelungen, menschliches Herzgewebe zu drucken, bis Anfang 2019 gelang es ihm, verschiedene Herzkomponenten wie Ventile, Kammern und Blutgefäße zu „biodrucken“.“ (B., 2019) Dem Unternehmen BIOLIFE4D gelang es ein kleines Herz zu drucken. Rein theoretisch ist dieses Herz funktionsfähig, aber es bleibt noch viel Arbeit, da Bioprinting erst in den Startlöchern steht. Die Gefahren der Abstoßung des Gewebes oder der Organe und der Missbrauch der Technik sollten hierbei nicht außer Acht gelassen werden. Bioengineering bietet die Möglichkeit der Verbesserung vom Menschen an sich, dies kann Vorteile haben, aber genauso ausgenutzt werden. So wie bei allen Möglichkeiten darf dies nicht vergessen werden.

Die Medizin profitiert auch im Bereich von zugänglicheren Prothesen vom 3D Druck und die Kombination aus 3D Scans und Drucks erleichtert die Anpassung. 3D Druck steckt voller Chancen und in vielen Bereichen kommt er gerade deshalb zum Einsatz. Im Baubereich können Häuser gedruckt werden mit Materialien vor Ort wie zum Beispiel Sand. Neue Formen und Ästhetiken werden im Bau ermöglicht. Ersatzteile können dank 3D Drucker selbst im Eigenheim produziert werden. Ein großer Vorteil, wenn besagtes Ersatzteil nicht mehr produziert wird.

Für die Zukunft des 3D Drucks fasst John Jordan folgende Richtungen als ausschlaggebend zusammen. Zum einen muss Material erweitert werden, da wir momentan sehr von den alten Werkstoffen und Produktionsabläufen abhängig sind. Das Drucken mit mehreren Materialien, der Multi Druck, muss seinen Platz ausbauen. Das Investieren in 3D Druck ist in einigen Fällen von alten Geschäftsmodellen limitiert. Er sieht also nicht nur im Material Handlungsbedarf, sondern auch in den Modellen wie mit Kapital im Bereich 3D Druck

umgegangen wird. Talent ist immer wieder rar in neuen Feldern, also ist dies natürlich ein weiterer Faktor. Insbesondere, wenn es nicht nur um die Benutzung von Techniken geht, sondern ihre Weiterentwicklung. Das Druckvolumen von 3D Druckern gehört erweitert. Neue Systeme müssen entwickelt werden, da individuelle Massenanpassungen an Kunden nicht unserem aktuellen Informationssystem entsprechen. Und sein letzter Punkt ist der Neustart des Ökosystemes, da sich in vielen Bereichen wie der Lagerung, der Produkttests, der Regulationen, dem Verkauf und noch vielem mehr Veränderungen anbahnen. (vgl. Jordan, 2018, S. 190-193)

Viele Errungenschaften des 3D Druckes werden das Leben in den nächsten Jahren prägen. So wie er Einzug in schon vorhandene Prozesse und Produkte gefunden hat, so ist er auch in den Bereich der Stop Motion Animation vorgedrungen. Der Stop Motion Puppenbau wurde durch ihn verändert, doch wie sieht dies in der Praxis aus?

3D Druck Stop Motion Animation in der Praxis

Puppenmodellierung

Bei der Puppenmodellierung startet alles mit der Auswahl des Materials. Puppen können aus unterschiedlichstem Material erzeugt werden. Die Puppen aus Ton, die sich selbst zusammenbauen in Jan Švankmajers „Darkness, Light, Darkness.“ (1989), wären ein Beispiel für den Einsatz eines Materials. Auch Holz, Stoffe, Knetmasse und andere Modelliermassen bis hin zu gefundenen Objekten eignen sich als Ausgangspunkt für die Puppen. Neben der Entscheidung in welcher Stilisierung die Puppen erzeugt werden, ob cartoonhafter oder realistischer, ist die Auswahl der Materialien ein wichtiger Prozess. Das Material mit seinen Eigenschaften gibt zu einem gewissen Teil vor was beim Animieren möglich wird. Ein verformbares Material wie Plastilin macht es möglich, dass Objekte ihre ursprüngliche Form verlieren und in die Länge gezogen werden. Dies ermöglicht auf schnelle Art überzeichnete Bewegungen und Formen an sich. Plastilin ist ein Markenname einer Knetmasse, der inzwischen als Überkategorie benutzt wird.

In Jan Švankmajers Film wird ein Raum dargestellt und nacheinander kommen die einzelnen Teile eines menschlichen Körpers in den Raum. Zuerst nur eine Hand, dann ein Paar Kugeln, die als Augen erkennbar werden. Zu Beginn dienen sie als Erweiterung der Hand, statt als Teil des noch nicht vorhandenen Kopfes. So werden die Augen durch die Interaktion der Hand mit ihnen zu einem Teil dieser Hand. Die Hand bekommt Augen und zwei der sorgsam modellierten Fingerspitzen werden zusammengedrückt durch dieses Hinzufügen. Durch den Ton, der von der Hand auf die Augen weiterwandert, kann diese surrealistische Zusammensetzung sogar auf einmal blinzeln. In „Darkness, Light, Darkness“ wird nacheinander ein Mensch zusammengebaut, also in dem Sinne eine menschliche Stop Motion Puppe, die durch die Technik zum Leben erweckt wird. Viele Dinge wie das Hinzufügen von den Augen und des spätere Wegnehmen von ihnen wird durch die Materialität des Tons unterstützt. Die Bestandteile der Puppen sind also auch hilfreich für bestimmte Arten von Animationen und referenzieren sich selbst.

Bei gehäkelten Stop Motion Puppen wird gerne mit dem Auflösen der gehäkelten Masse animiert oder mehrere Objekte vorbereitet. Die vorbereiteten Objekte werden dann durch Replacement Animation ausgetauscht. Das Austauschen von mehreren vorgefertigten Objekten spielt hierbei eine große Rolle. Diese Technik kommt ebenso gerne zum Einsatz von Dialog- und Gesichtsausdrucksszenen. Hierbei ist zu unterscheiden, dass es genauso Animationen gibt, bei denen das Gesicht direkt verformt wird oder die minimale Bewegung im Gesicht als Stilmittel fokussieren. In Abbildung 12 sind verschiedene Gesichter von Norman, den Hauptcharakter aus „ParaNorman“(2012) vom Studio Laika zu sehen. Diese Gesichter werden auf einen fertigen Kopf gesetzt. In diesem Fall sind die einzelnen Köpfe nicht verformbar und die Verformungen in der Animation entstehen durch den Austausch. Diese Köpfe sind 3D gedruckt und dann bemalt worden, anders als in der traditionellen Herstellung von Stop Motion Puppen findet das digitale Element in der Vorproduktion seine Rolle, auf die näher im nächsten Kapitel eingegangen wird.



Abbildung 12 Replacement Animation

Knetmasse und Latex sind zwei Materialien, die gerne für Stop Motion Puppen eingesetzt werden. Schaumstofflatex hat anders als Plastilin in getrockneter Form nicht die Möglichkeit, dass es verformbar bleibt. Seine Textur erinnert an Schaumstoff und es ist möglich in die Puppe mit der Hand zu drücken, sodass das Material nachgibt, doch sobald die Krafteinwirkung verschwunden ist herrscht wieder die Originalform vor.

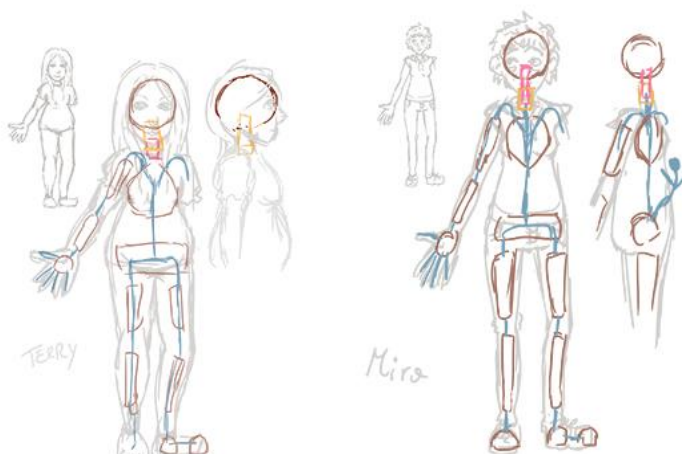


Abbildung 13 Skelette

In Abbildung 13 sind Vorskizzen zu meinem Film „Vanishing“ zu sehen. Ein einfaches günstiges selbst produzierbares Skelett bildet die Grundkonstruktion der Puppen. Es besteht aus Draht, ineinander steckbare Köpfe und Körper, leichtem doch stabilem Zwischenmaterial an Punkten wie den Armflächen, dem Oberkörper, dem Kopf, der Hüfte, sowie formgebendem Zwischenmaterial an Armen und Beinen. Das stabile Zwischenmaterial ist an Punkten, die für die Animation oft berührt werden und somit zumindest etwas aushalten müssen. Diese Puppen sind komplett traditionell entstanden und ohne den Einsatz von 3D Druckern. Die Entscheidung gegen eine gekaufte Stop-Motion-Armatur fiel nicht nur aus Kostengründen, sondern da ein selbst entwickeltes Grundskelett mehr Entscheidungsfreiheit bietet, wie etwa die Größe der Puppen. Anhand der Puppengröße, also ihres Maßstabs werden alle anderen Objekte für einen Puppen Stop Motion Trick erstellt. Für bestimmte Aufnahmen werden zwar noch größere oder kleinere Modelle gebaut, doch diese Freiheit fällt völlig weg, wenn sich nur an Bausets für Armaturen gehalten wird. Dieses Problem wird obsolet, wenn durch die Zuhilfenahme von 3D Druckern eigene Skelette gedruckt werden und an die passende Größe aufgezogen fällt die Beeinflussung von außen weg. Sehr oft sind diese Skelette zu kompliziert und zu groß für das was eine Puppe können muss, denn in den meisten Fällen tut es ein einfaches Drahtgerüst. Der Punkt, der für selbst erstellte Armaturen spricht, ist die Individualität und Anpassung an Projekte. Nicht nur in Bezug auf die Größe, auch in Bezug auf etwaige Fantasiewesen oder Tiere mit anderem Aufbau werden Grenzen auferlegt. Es gibt zwar ein paar Armaturen, die sich auch für Tiere eignen, aber die meisten sind auf humane Formen ausgelegt. Der erste Schritt beim Bau einer Puppe sollte nicht das Anpassen an Gegebenheiten sein, sondern die Entwicklung von Charakteren, fern ab davon. Wenn sich die Größe der gekauften Armaturen als passend erweist spricht nichts gegen sie, aber sie als alleiniges Maß aller Dinge zu nehmen, in einer Zeit wo eine Vielzahl an Individualisierungen allein durch Technik möglich sind, verbaut Chancen.



Abbildung 14 Puppen für Vanishing, Hautüberzug

Der nächste Schritt nach dem Bau eines Skeletts war das Überziehen der Puppe mit Haut. Das Skelett wurde dann von in Latex getränktem Schaumstoffverband umwickelt, ehe ihm mit weiteren Latexschichten seine Farbe und Strukturen gegeben wurde. Wenn eine glatte Oberflächenstruktur gewünscht ist, muss wiederholt eingefärbter Latex aufgetragen werden. Die Nähe zu FDM durch sein Schichtverfahren und die Oberflächenstrukturen fällt auf. Es ist in beiden Techniken eine sichtbare Oberflächenstruktur vorhanden. Im Fall von Vanishing wurde nur eine Schicht für die Farbgebung benutzt, da die Struktur des Schaumstoffverbandes durchscheinen sollte. Materialität war die oberste Priorität des Filmes. Die Puppen hatten an Anlehnung an den russischen Stop Motion Film nur einen modellierten Kopf, dem durch Lichtspielereien Leben eingehaucht wurde. Die Tradition des Puppentheaters sollte auf diese Art referenziert werden, dass all unseren Stop Motion Puppen zu eigen ist, jenseits ihrer Materialität. Das Skelett der Puppen bestand aus Draht und obwohl dieser Draht stabil war, war er genauso die Schwachstelle der Unterkonstruktion. Im Schnitt ist es möglich mit einem Körper in etwa eine Minute Material zu produzieren, ehe er beginnt an den oft bewegten Umbruchstellen zu brechen, deshalb wurden die Köpfe als austauschbare Elemente angedacht und Reservekörper produziert, wie in Abbildung 14 ersichtlich. Mit aufwendigeren Armaturen aus stabileren Material wird dieser Faktor weniger bedeutend,

doch diese kommen mit einem erhöhten Preis und der Aufwand der Puppenproduktion mit der schon erwähnten Beschneidung der Freiheiten, wenn in einem konstanten Maßstab produziert werden soll.

Anders als bei der Hauterzeugung durch Schaumstoffverbände gibt es noch die Möglichkeit von Foam Latex, welches als Material für Monster in größeren Filmproduktionen verwendet wurde. Diese Form von Latex ist nicht flüssig und wird durch die Kombination von Komponenten zu einer schaumstoffartigen festen Basis. Auch Knetmasse, gehäkelte Strickpuppen und gefundene Materialien können mit einem Skelett unter den Ausgangsmaterialien leichter handhabbar für den Puppentrick gemacht werden. Die Möglichkeiten sind endlos. Ein Skelett ist nicht unbedingt für alle Materialien erforderlich, doch es kann die Bewegung und das Stabilisieren einzelner Posen der Puppen leichter machen. Aardman Animation ist bekannt für ihren Charakter Morph und genauso für ihre „Wallace and Gromit“ Filme. Der Unterschied zwischen diesen beiden Figurentypen ist, dass Morph sich sein eigenes Material zu eigen macht. Er ist aus Knetmasse und bewegt sich auch dementsprechend. Morph ist erdverbunden und bewegt sich über eine horizontale Fläche, während andere Figuren viel mehr herumbalancieren müssen, muss dies Morph eben nicht. (Lord, Sibley, 2010, S. 94) Er ist demzufolge aus reiner Knetmasse gemacht, da dies zu seinem Bewegungsmuster und benötigten Aktionen passt. Andere Aardman Figuren stützen sich für aufwendigere Animationen auf ihr Grundgerüst. Die Armatur hilft, dass sie ihr Gleichgewicht halten können. Je nach Armatur werden Magnete eingearbeitet oder Löcher in die Füße gebohrt, damit diese stabil auf einer Grundplatte befestigt werden, um der Schwerkraft zu trotzen. Stabilere Armaturen können entweder selbst hergestellt werden, mit Material aus dem Baumarkt oder im Fachmarkt gekauft werden, doch mit dem 3D Drucker und frei zugänglichen Objekten wie den Modibot eröffnet sich ein neuer Pfad. Der Modibot und zahlreiche Variationen von ihm sind neben dem Erwerb auf seiner Webseite auch auf Plattformen wie thingiverse.com auffindbar. Thingiverse ist eine vielfach benutzte Webseite der Makerszene.

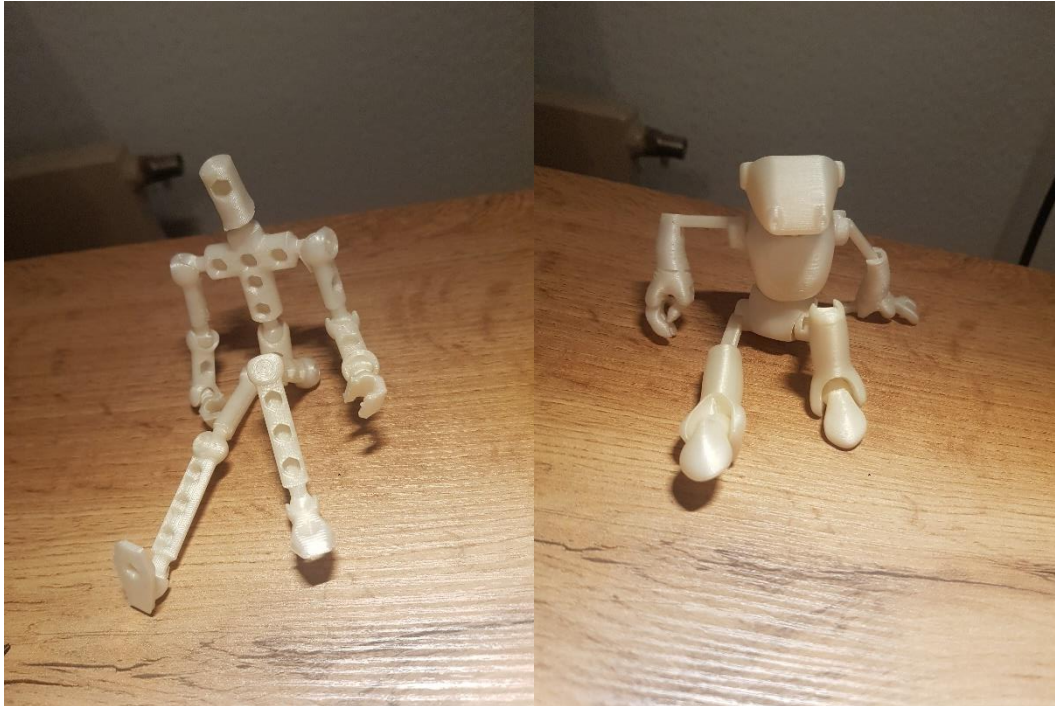


Abbildung 15 Modibot und Ankly Robot

Einsatz 3D Scanner

Um ein computergeneriertes Modell eines Objektes zu bekommen kann dieses Objekt mithilfe eines 3D Scanners erfasst werden, oder durch Techniken wie der Photogrammetrie. Es werden zahlreiche Fotos von allen Seiten gemacht, möglichst an einem gut beleuchteten Ort mit neutralem Hintergrund. Diese Fotos werden dann durch ein Programm durchgeschickt, das ein 3D Modell berechnet. Dies wäre die Photogrammetrie. „Im 3D-Scanning tastet ein Laserstrahl das Objekt aus 360° ab, wird dort reflektiert, von einem CCD(charge-coupled device) aufgezeichnet und ermittelt so die Position jedes Punktes auf der Oberfläche“ (Flückinger, 2008, S. 13) Beim 3D Scanner wird das Objekt auf einen Drehteller gestellt, der sich in derselben Geschwindigkeit um sich selbst dreht, um ein Modell des ganzen Objektes zu bekommen, oder der Scanner bewegt sich selbst um das Objekt herum. Hierbei geht es darum viele Punkte der Oberfläche aufzuzeichnen und aus diesen ein Gesamtobjekt zu generieren. Diese Punktwolken können aus den speziellen Scan Software Programmen exportiert werden und in 3D Programmen bei Bedarf weiterbearbeitet werden.

Die Aufgabe der Generierung übernimmt Software, jedoch ist zu beachten, ob die Ausgangssituation optimal ist und das Scannen gut möglich ist. Die Kameraeinstellung des 3D Scanners muss möglicherweise an die Lichtverhältnisse des Raumes oder des gescannten Objektes angepasst werden, oder das Objekt selbst bei glänzender Oberfläche mit matter Farbe eingesprüht werden. Glänzende Oberflächenstrukturen behindern die Erfassung eines Objektes. Weiters sollten rund um das zu scannende Objekt keine anderen Objekte platziert werden, da dies zu Scanartefakten führen kann. Notfalls kann das gescannte Objekt noch von Scanartefakten manuell gereinigt werden, doch dies stellt sich bei mit dem Objekt verschmolzenen Artefakten als schwierige Aufgabe heraus. Ein einzelner Scan bietet außerdem für gewöhnlich nicht genug Details und es führt zu Löchern im Modell. Diese Löcher lassen sich manuell schließen, oder aber mehrere Scans von dem Objekt oder Scans von unterschiedlichen Positionen werden zu einem einzelnen Modell zusammengerechnet.

Ein Laserstrahl ist neben der Möglichkeit anhand von Fotos ein Modell zu generieren also eine weitere Möglichkeit. Professionelle 3D Scanner starten im Budgetbereich bei ca. 200 Euro und können mehrere tausend Euro kosten, doch sie sind nicht die einzige Möglichkeit, um 3D zu scannen. Verschiedenste Geräte wie zum Beispiel das Ipad mit LiDAR(Light Detection and Ranging)-Sensor oder die Kinect, ein Objekt zur Steuerung von Spielen, können 3D Scans erzeugen. Am Ipad Pro 2020 wird eine Scansoftware heruntergeladen und durch den LiDAR-Scanner das Bild ermittelt. Der Scanner arbeitet mit Laserlicht, das in etwa 5 Meter weit reicht. Dieses prallt auf ein Objekt und anhand der Reflektionszeit des Lichts wird das 3D Objekt berechnet. (vgl. Zelder, 2021) Die Person bewegt sich mit dem Ipad um das zu scannende Objekt herum und füllt die fehlenden Informationslöcher aus. In einer App wird dieses 3D Modell dann berechnet und verschiedene Anpassungsmöglichkeiten wie Wegschneiden von Hintergrund, Größe und Positionierung im Raum bieten sich. Bei beobachtetem Test mit dieser Technik fiel auf, dass es sich als schwierig darstellt alle Löcher zu füllen. Durch schnellere Bewegungen während des Scanvorgangs kam es zu Artefakten im 3D Raum. Die Trennung vom Hintergrund kann sich je nach Scanort als aufwendig erweisen. Ursprünglich stammt dieses Verfahren mit LiDAR aus der Vermessungstechnik und ermöglicht im Gegensatz zu herkömmlichen Scannern weitaus großflächigere Scans, die auch in der Spielfilmbranche

zum Einsatz kamen. (vgl. Flückinger, 2008, S. 64) Im Internet sind auch Produkte wie Structure zu finden, ein 3D Scanner, der sich am Ipad befestigen lässt. Für einen 3D Scan sollte ein neutraler Hintergrund ohne viel Bewegung gewählt werden und wie bei der Photogrammetrie auf gute Beleuchtung gesetzt werden.

Ein häufig auftretendes Problem bei 3D Scans sind stark reflektierende Materialien, da viele Scanner mit Laser arbeiten. Andere Dinge, die zu beachten sind, wären die Größe der Objekte, die benötigte Genauigkeit des Scans, ob dieser eine Textur benötigt, und wie viel Zeit für den Scan vorhanden ist. Im Falle des Scans von Objekten und Puppen fällt die Gefahr weg, dass Laserscanner die Augen schädigen, wie es beim Scan von Personen ist, aber dennoch sollte man aufpassen und nicht direkt in den Laser blicken.

Neben Laserscanning, das einiges an Zeit benötigt gibt es noch SLS, „structured light scanning“. Hierbei wird ein geometrisches Muster auf ein Objekt projiziert. Die Verformungen dieser Muster werden von einer Kamera aufgenommen und die Ergebnisse in den Computer geladen. Anhand der Rekonstruktion des originalen Musters wird es somit möglich das Objekt zu berechnen, welches für die Verformungen gesorgt hat. Die App Qlone arbeitet mit einer Matte auf der ein geometrisches Muster aufgedruckt ist. Es werden Fotos von zwei Seiten geschossen und die App berechnet anhand dieser beiden Bilder das Objekt, welches auf die Matte gestellt wurde. Die größte Ähnlichkeit dieser beiden Verfahren ist der Einsatz von geometrischen Mustern, um ein Objekt zu digitalisieren.

SLS ist eine der 3D Scan Techniken, die es ermöglicht schneller Scans anzufertigen, als es zum Beispiel mit den Laserscannern der Fall wäre. Sie ist ebenso dafür bekannt genauere Ergebnisse als Photogrammetrie zu bieten. Nötig für die Ausführung dieser Technik ist lediglich ein Projektor, eine Kamera und Software. Beide Techniken zeigen die Fähigkeit gescannte Artefakte mit einer 0.1mm Toleranz zu rekonstruieren, wobei SLS eine breitflächigere Verwendung mit konstanteren Ergebnissen liefern kann.(vgl. Freeman Gebler, Goudswaard., Hicks, Jones, Nassehi, Snider, Yon, 2021) Bei allen Scanmethoden ist Vorbereitung nötig. Dies umfasst den Umfang von der Bearbeitung des Objektes, falls es zu viel reflektiert, bis hin zur Anordnung eines für die jeweilige Scantechnik optimalen Umfelds. Verschiedene Laserscanner oder auch Hybriden wie der SQL von Scan

Dimensions kommen mit einem inkludierten Drehteller, der sich in konstanter Geschwindigkeit dreht. Um ein Objekt von mehreren Seiten erfassen zu können bleibt die Bewegung um das Objekt oder des Objektes nicht erspart. Nicht alle 3D Scanner, die mit Laser agieren, kommen mit dem zugehörigen Equipment. Für das Scannen der Puppen bietet sich ein Drehteller an. Die Alternative ist es, dass Objekt von mehreren Seiten zu scannen oder die Bewegung um es herum. Solche Verfahren ermöglichen dadurch aber im selben Maße auch Fehlerquellen: wenn sich eine Person zu langsam oder zu schnell bewegt oder wenn sie vergisst Bereiche zu scannen. Andere Bereiche bieten keine Möglichkeit für einen Scan, wie der Boden eines Objektes, auf dem es steht. 3D Scanner sind für gewöhnlich keine Technik des „Einfach einstecken und los“-Prinzips, da vieles zu bedenken ist. Der Mensch selbst oder die Objekte können eine Fehlerquelle sein und ein Vertraut machen mit der Technik bleibt nicht aus. 3D Scanner umfassen vom Einsatz der Kinect zum Ipad, sogar speziellen PCs und 3D Druckern, Scannen mit Linienlaser und Kamera, SLS, bis hin zu Spezialverfahren verschiedener Firmen wie HP, Open Technologies und Shining 3D. Neben den Hobbylösungen gibt es auch Scanner im höherpreisigen Segment von Spezialisierungen in 3D Messtechnik, bis hin zu Körperscans und Handscannern. Das Scannen mit strukturiertem Licht ist auch dort verbreitet. (vgl. Sommer, Schlenker, & Lange-Schönbeck, 2018, S. 346-370)

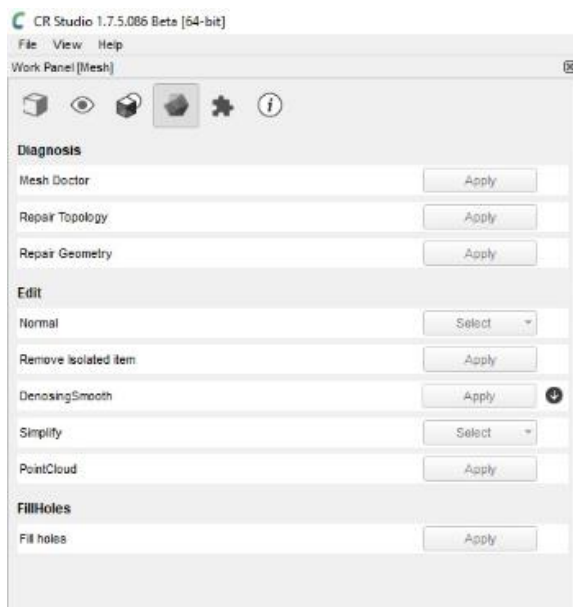


Abbildung 16 CR Studio – Software für einen Budget 3D Scanner

In Abbildung 16 sind die Funktionen einer dieser Scansoftwares abgebildet. Eine Unterscheidung zwischen Diagnosis, Edit und FillHoles fällt ins Auge. Also Diagnosetool, um den Zustand der Topologie und des Mesh sowie der Geometrie zu verändern. In diesem Sektor wie auch den Fill Holes, dem Füllen von Löchern, geht es um das Reparieren der berechneten 3D Skulptur. Die Abteilung Edit, also die Veränderungen, beschäftigen sich hingegen sehr mit dem Vereinfachen, dem Glätten, der Punktwolke sowie Zusatzsettings für die Normalen und das Entfernen isolierter Objekte. Das Prinzip des Reparierens, dem Füllen von Löchern und der genauen Einstellung der Vereinfachung beziehungsweise auch der Glättung wird von manchen Scannern automatisch im Scanner generiert, während andere externe Software dafür benötigen. Die Zwischenschritte sind dafür da das Objekt bestmöglich für die Weiterverarbeitung zu optimieren, da der Scanner wie erwähnt nur eine Punktwolke erfasst, nicht die Oberfläche eines ganzen Objekts und erst das Zusammenrechnen mehrerer Scans ein gutes Ergebnis erzielt. Dies kann manuell in Programmen oder automatisiert im Scanner selbst geschehen.

Grundsätzlich ist egal ob Photogrammetrie oder 3D Scanner für das Erstellen benutzt werden. Beides erfordert Zeit und ist umständlich. Die Nachbearbeitung bleibt wie erwähnt selten aus und ein Verstehen der Techniken, ihrer Programme oder 3D Software an sich ist essenziell. Nach dem Scanvorgang bleibt die Aufbereitung in 3D. Diese kann durch zahlreiche Apps und Programme erleichtert oder automatisiert werden. Wenn die volle Kontrolle über das gescannte Objekt behalten werden soll, dann bleibt eine Beschäftigung mit 3D Programmen nicht aus, da die Scans nicht in allen Fällen als perfektes Objekt die Digitalität erblicken. Ein Nachbessern bleibt für manche Teile nicht aus, sei es aufgrund der Materialität dieser Objekte, fluffiges Haar, oder Fehler beim Scanvorgang. Wenn mit der Kinect gescannte Bewegungen in ein 3D Programm geladen werden fällt auch einiges an Datenmüll an, der gesäubert werden muss für eine fehlerfreie Weiterverarbeitung. Vom 3D Scan zur 3D Animation oder Modellierung geht es fließend weiter, doch nicht ohne Arbeit.

3D Animation und Modellierung

Für 3D gedruckte Stop Motion Puppen gibt es neben der Möglichkeit einen realen Puppenprototypen zu modellieren und diesen zu scannen auch die Chance die Teile der Puppe oder Stop Motion Objekte rein digital zu erstellen. Da die Objekte oder Puppen vielleicht in einem für sie gebauten Set agieren, darf hierbei der Maßstab nicht außer Acht gelassen werden, damit sie in ihr Set passen. Neben dem Modellieren der Charaktere verbleibt noch ihre Animation, etwas das für Objekte oder Skelette meist nicht nötig ist. Wie schon erwähnt werden häufig verschiedene Gesichtsausdrücke modelliert und animiert.

Beim 3D Animieren und Modellieren im Computer ist es Standard sich das Objekt von mehreren Ansichten zu betrachten. Wird in Virtual Reality modelliert ergibt sich dies mit dem Herumbewegen um das Objekt oder das Drehen des besagten Objektes. Beim Modellieren bleibt die Anzahl der Polygone, also die Genauigkeit der Modelle, nicht außer Acht zu lassen, je nachdem was der eigene Rechner schafft oder in der Größe der Objekte überhaupt nötig wird. Für den Fall, dass ein 3D Drucker zur Verfügung steht, der Farbe drucken kann, gewinnt das Einfärben und Texturieren der Charaktere und erschaffenen Objekte an Bedeutung.

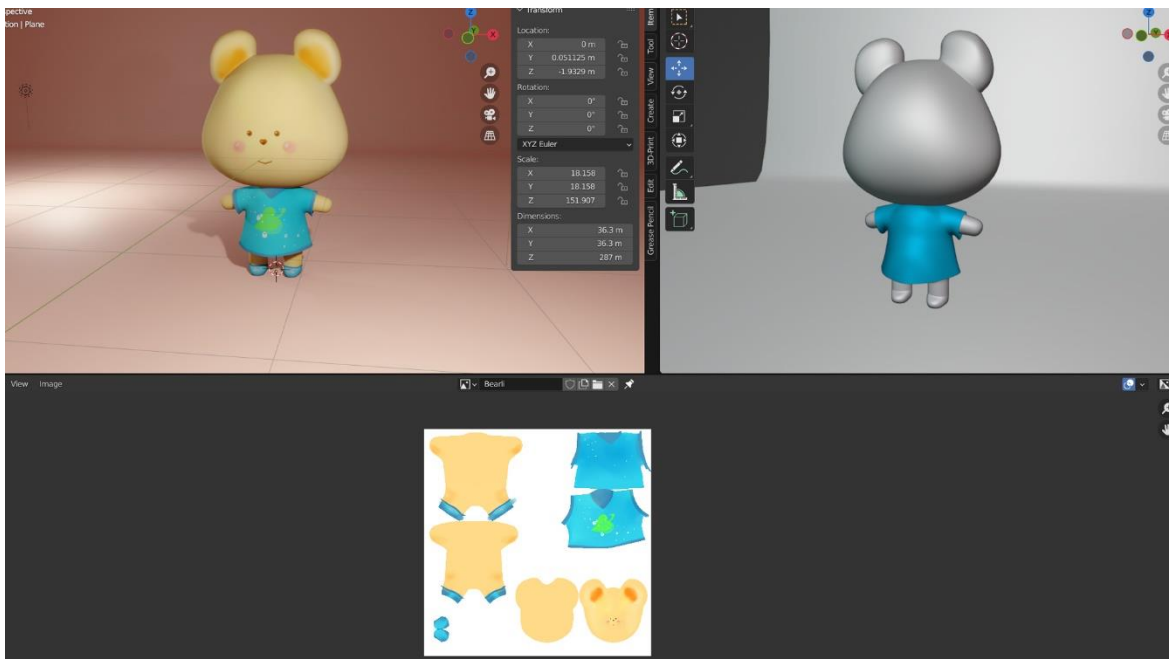


Abbildung 17 texturierter Teddybär in blender

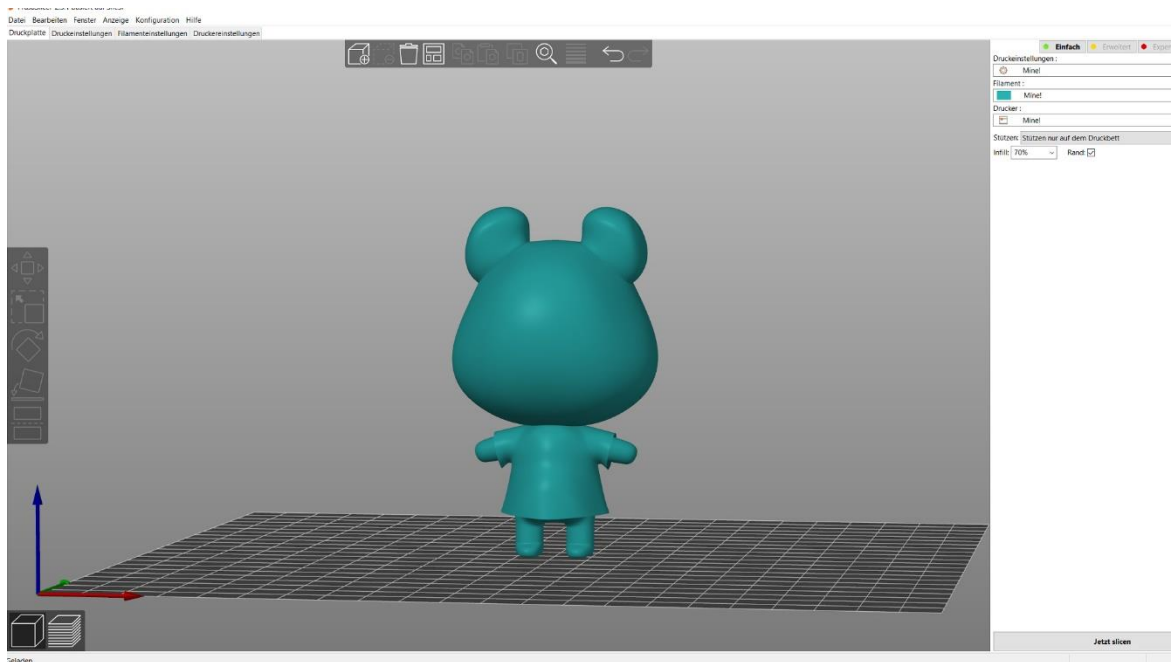


Abbildung 18 PrusaSlicer Druckvorschau

In dem oben abgebildeten Beispiel ist der Teddybär zwar im 3D Programm texturiert, aber dies bietet höchstens eine Orientierung für die Kolorierung des fertigen Objektes, da kein Drucker verwendet wird, der sich dies zunutze machen könnte. Für einen Prusa Drucker wäre die Möglichkeit vorhanden durch ein MMU(Multi Material Unit) mit mehreren Materialien zu drucken und so ein fertig gefärbtes Objekt aus dem Drucker zu bekommen. Solche Module lassen sich an 3D Druckern auch nachträglich anbringen. Dies erfordert jedoch Planung der Farbreihenfolge und ebenso wird dadurch der Prozess des schichtweisen Auftragens nicht außer Kraft gesetzt. Das Slicing wird durch mehrere Materialien auch verkompliziert und es sind weniger Modelle online zur freien Benutzung verfügbar. Slicing geschieht durch eine Software, die ein 3D Modell in ein für den Drucker verständliches Objekt verwandelt.

Puppenaufbau für 3D Druck und Druckprozess

Dank des 3D Druckers ist es möglich das Skelett unter der Puppenhaut preisgünstig auszudrucken, sowie einzelne Teile wie Gesichtsausdrücke, Requisiten und Accessoires. Die Mischung aus traditionellem Puppenbau und Gedrucktem bietet die unterschiedlichsten Kombinationsmöglichkeiten. Die Frage nach dem Modellieren und dem Gedruckten bringt die Entscheidung auf welche Teile der Puppen sich verformen müssen und welche gleichbleiben können. Durch Replacement Animation kann hier zwar

viel herausgeholt werden, doch es darf nicht vergessen werden, dass jedes weitere Gesicht weitere Druckzeit und Materialkosten mit sich bringt. Die Replacement Animation kann auch dazu benutzt werden ganze Filme zu produzieren wie es in Chase me (vgl. Deschaud, 2015) der Fall ist. Die Figuren und Objekte verformen sich und bewegen sich nahezu organisch und das alles durch das Austauschen eines leicht veränderten neuen Objektes. In Abbildung 19 sind mehrere Pinguine zu sehen, die einen einfachen Gang erzeugen, wenn diese hintereinander fotografiert werden.



Abbildung 19 Replacement Animation mit Pinguinen

Die gedruckten Objekte müssen in jedem Fall vor dem Druck in 3D modelliert werden, ob als echte Puppe, die dann durch 3D Scan in den digitalen Raum kommt oder sofort in der 3D Software. Diese Entscheidungen sind alles eine Kosten-, Zeit- und Verständnisfrage der einzelnen Software. Es gibt auch Varianten wie den Modibot, der den digitalen oder analogen Aufbau motiviert. Zum einen ist es möglich 3D-Modelliertes auf ihn zu

befestigen, da er mehrere Löcher besitzt oder ihn aber traditionell mit einer Schicht Modelliermasse einzukleiden. Beide Wege ermöglichen unterschiedliche Richtungen für die Endästhetik.

In manchen Filmproduktionen wie „Anomalisa“ (2015) wird das Gesicht in zwei Teile aufgesplittet. Dies ermöglicht mehr Kombination, also mehr Gesichtsausdrücke mit denen animiert wird. Bei „Anomalisa“ wurde die Trennlinie der beiden Bereiche nicht wegeditiert, es ist also ersichtlich wie gearbeitet wird.

Wenn eine Animation ausgedruckt wird, sind die technischen Aspekte des 3D Drucks zunächst das wichtigste. Materialien können jedoch aus den unterschiedlichsten Ressourcen hergestellt werden und ein Filament Extruder kann für die additive Fertigungstechnik sogar mit Plastikflaschen betrieben werden. Neben zahlreichen Experimenten in der Makerszene gibt es Projekte wie Filamaker, der Schredder oder das gleichnamige Projekt von Marek Senický (vgl. Gartner, 2013), welches wie Felfil Filament Maker, ein Gerät beschreibt, welches anhand von geschreddertem Material neues Filament hervorbringt.

Des Weiteren benötigen 3D gedruckte Objekte Stützstrukturen, diese können automatisch generiert werden, oder individuell. Wichtig ist es beim Wegbrechen dieser vorsichtig zu sein, um die gedruckten Objekte nicht zu beschädigen.



Abbildung 20 PrusaSlicer

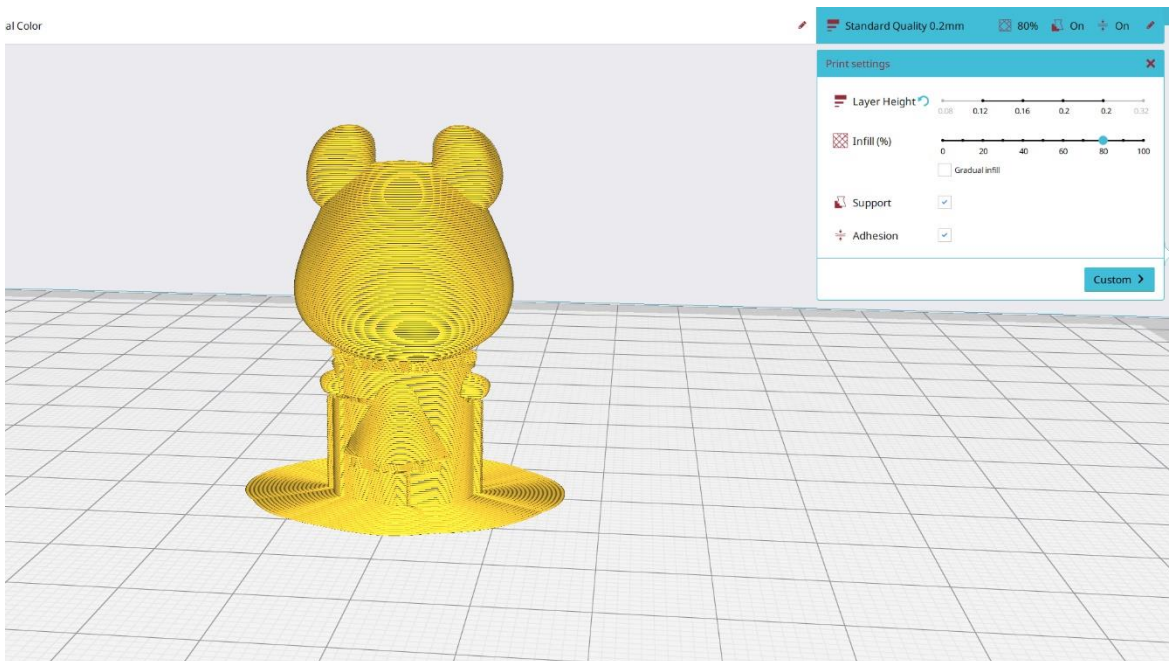


Abbildung 21 CrealitySlicer

In Abbildung 20 und Abbildung 21 sind zwei verschiedene Slicer und ihre Standarddarstellung der Druckvorschau zu sehen. Es ist leicht erkennbar, dass der Druckvorgang in Schichten geschieht. Die Bodenplatte wird Brim genannt und ist dafür da, dass die Bodenhaftung erhalten bleibt. Eine andere Technik ist noch unter dem Namen Raft benannt und der Unterschied zwischen den beiden ist wie viel Material für den Druck benutzt wird. Beide haben den Sinn den Druck von der Bodenplatte zu

trennen, um für Bodenhaftung zu sorgen. Brim und Raft sind also Stützstrukturen. Im anfängerfreundlichen Menü von Creality werden diese nur als Adhesion, also Haftung, beschriftet. Jedoch ist es in diesem Slicer wie auch in anderen möglich tiefer ins Menü hinein zu gehen, um weitere genauere Einstellungen zu erzeugen. Der Support bezeichnet die Stützstrukturen rundherum. Es gibt noch das Skirt. Im Grunde keine Stützstruktur, sondern nur eine Linie die um den 3D Druck gedruckt wird. Anhand dieser Linie ist erkennbar, ob Probleme mit dem Druck bestehen. Ist dies der Fall, kann er vorzeitig abgebrochen werden. Als Standardmodell um dies festzustellen wird das Benchy benutzt, ein kleines Schiff anhand dessen Druck verschiedene Fehlerquellen sofort ersichtlich und diagnostizierbar sind.



Abbildung 22 Benchy

Am Benchy sind Schichthaftung, Wrapping und auch das Drucken von Löchern im Modell ablesbar. Ein falsch eingestellter Drucker oder Besonderheiten von Materialien lassen sich sofort erkennen. Für das Drucken von Stop Motion Puppen wird klar, dass durch das schichtweise Auftragen des Materials Grenzen gegeben sind. Für vieles werden Stützstrukturen benötigt, aber das benchy ist von seiner Form so erstellt, dass es keine benötigt. Viele Dinge, die beim Drucken schief gehen können, haben mit den Druckeinstellungen oder der Konzeption des Modells zu tun. Trotz allen fantastischen Möglichkeiten ist besonders beim FDM Druck die Physik nicht außer Acht zu lassen. Ein jedes Material hat auch bestimmte Eigenschaften und so werden Druckgeschwindigkeiten von Hersteller*innen empfohlen. Wenn sich an diesen orientiert wird sind die Dinge, die zusätzlich noch eingestellt werden die Schichthöhe, der Infill, also wie dicht gedruckt wird

und die Art der Stützstrukturen. Bei den Stützstrukturen kann je nach Modell überall eine gesetzt werden oder nur dort wo die Druckplatte darunter sitzt. Bei dem Bären würde also der Körper und die Arme gestützt werden, aber nichts mehr zwischen Körper und Kopf solange keine direkte Schichtmauer von der Druckplatte hochführt. Mit der Support Angle, also ab welchem Grad Überhang gestützt wird, kann auch gespielt werden. So werden manche überhängenden Strukturen mit Stützen gedruckt und andere nicht. Die Dichte, das Druckmuster der Stützstruktur, die Dicke und vieles mehr kann eingestellt werden.

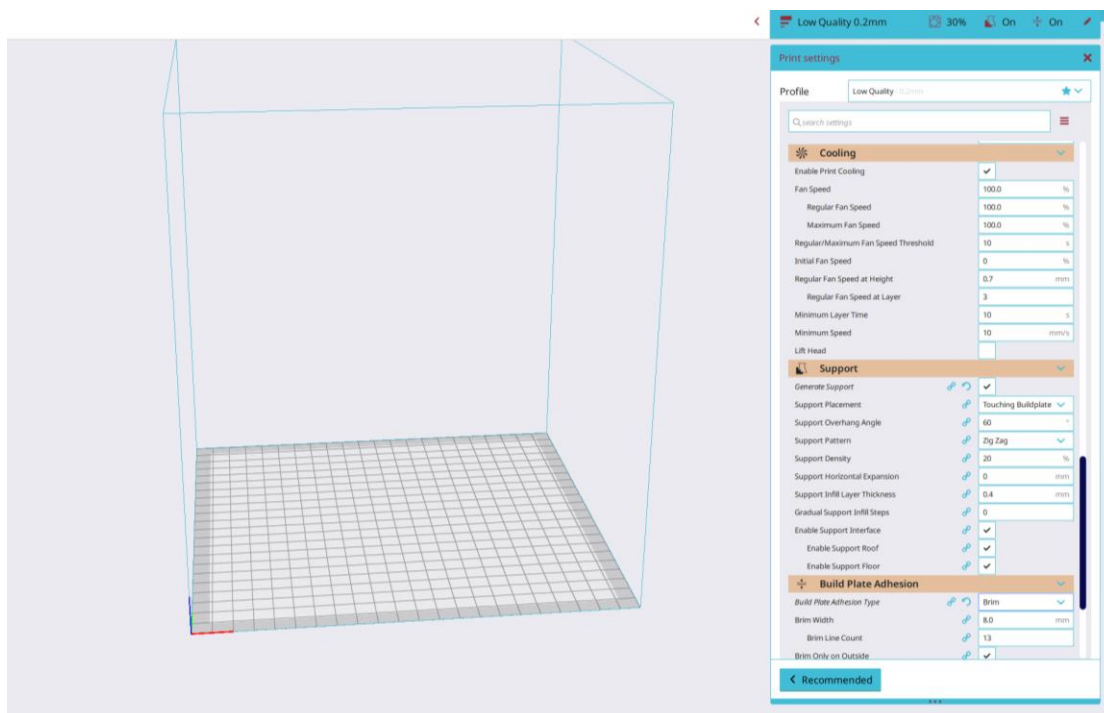


Abbildung 23 erweitertes Menü in Creality Slicer

Für den unkomplizierten Gebrauch ist eine Fokussierung auf den Support und die Build Plate Adhesion ausreichend. Also die beiden Einstellungen aus dem vorhergehenden kleinen Menü (Abbildung 21) nur genauer, die Stützstrukturen und die Bodenplattenhaftungsdruckarten. Andere Dinge wie das genaue Einstellen des Infills(Füllung), der Shell(Schale) sind auch möglich, doch für gewöhnlich wird sich an den empfohlenen Materialparametern orientiert. Ein wenig mit den einzelnen Geschwindigkeiten oder der Retraction(Rückzugrate) zu experimentieren kann bei Fehlern vielleicht genau zur Lösung führen.

Troubleshooting 3D Drucker

Beim Einsatz von 3D Druckern kann es immer wieder zu Problemen kommen, aber viele lassen sich leicht auf bestimmte Ursachen zurückführen. Beim SLA Drucker und FDM sind die Stützstrukturen und die Betthaftung zwei Faktoren, welche wiederholt zu Problemen führen können. Sie unterscheiden sich zwar grundsätzlich im Aufbau, doch ihre Grundprobleme ähneln sich.

FDM Drucker tragen Materialien Schicht für Schicht auf, während sich der Druckkopf nach oben bewegt und je nach Modell auch die Bodenplatte in verschiedene Richtungen, während beim SLA Druck der Druck selbst aus dem Resinbad auf der Druckplattform kopfüber nach oben gezogen wird, während Schicht für Schicht mit einem Laser belichtet wird. Dies betrifft diese zwei Techniken insbesondere mit Fokus auf den Konsument*innenmarkt, da SLA und FDM zum Beispiel auch im Bioengineering verwendet werden, dort natürlich mit anderen Materialien. In Bezug auf viele Probleme, die den gewöhnlichen Konsument*innen begegnen werden, sind Filament und Resin alltäglicher. Bei schlechter Betthaftung wird beim FDM also die nächste Schicht vielleicht am falschen Fleck angebracht oder das Modell selbst haftet an der Druckdüse und fährt mit dem Druckkopf eine Runde, während beim SLA der ganze Druck im Resinbad landen könnte aufgrund der Schwerkraft. Die Haftung der ersten Schicht ist bei diesen beiden Modellen also von höchster Wichtigkeit. Die korrekte Einstellung des Nullpunktes, also eine Kalibrierung beugt dieser Fehlerquelle für gewöhnlich vor. Eine nicht richtig gesicherte Druckplattform kann ein weiterer Grund für Probleme in diesem Bereich sein, oder fehlerhaftes Druckmaterial. In beiden Fällen können verschiedene frei zugängliche Modelle bei der Diagnostizierung des Problems helfen. Auf Thingiverse gibt es Kalibrierungswürfel, die erkennen lassen auf welcher der drei Achsen das Problem liegt. Für FDM bieten sich noch das benchy an, ein zu druckendes Boot, an dem verschiedene Probleme leicht diagnostiziert werden können. Es gibt auch Temperatur Kalibrationtürme, um die richtige Drucktemperatur für spezielle Materialien oder aufgerüstete Drucker besser zu erkennen, Extruder Tests und noch vieles mehr. Die einfache Suche nach „Kalibration Druckvorlagen“ erleichtert die Suche nach Fehlerursachen. Die Bettneivellierung und die Betthaftung sind neben losen Schrauben eine häufige Fehlerursache des Druckers selbst. Ist das Problem bei der Haftung des Materials selbst zu

finden, kann eine Druckplatte mit Struktur, raues Klebeband oder spezieller Sprühkleber aushelfen.

Die Nivellierung wird je nach Modell bei FDM Druckern mit einem dünnen Papier eingestellt, indem zwischen Druckdüse und Druckbett ein Papier eingeklemmt wird und die Schrauben in jeder Ecke so angepasst werden, dass das Blatt fest eingeklemmt ist, aber noch nicht komplett durchdrückt und reißt. Eine andere Möglichkeit sind bestimmte Sensoren für automatische Bettnivellierung. Diese Sensoren messen den Abstand der Düse zum Druckbett an verschiedenen Punkten und erstellen ein Modell, das dieselbe Distanz von Düse zum Druckbett ausrechnet. Trotz des Modells sollten die Schrauben das Druckbett in etwa auf gleicher Höhe halten, damit der Druck auf jeden Fall gelingt, doch die Sensoren beschleunigen die allgemeine Handhabung.

Ist kein Problem am Drucker selbst festzustellen kann immer noch eines mit dem gedruckten Modell vorliegen. Die Einstellungen für unterschiedliche Materialien und empfohlene Druckeinstellungen gehören kontrolliert. Dieses Problem kann wiederum auch beim SLA Drucker vorkommen. Neben den Voreinstellungen sind bestimmte Formen nur mit Stützstrukturen druckbar. Beim SLA führen fehlende Stützstrukturen dazu, dass sich schon gehärtetes Resin löst und als Faden anderswo am Modell haftet. Beim FDM hingegen können zu tief sitzende Teile dazu führen, dass das Filament am Druckkopf haften bleibt oder in die Luft gedruckt wird, was auch zu seltsamen Formen führt. Beim SLA muss umgekehrt gedacht werden. Auch hier wird Schicht für Schicht gehärtet, doch die Schwerkraft ist nicht wie beim FDM ein Freund, der hilft, sondern ein Feind, der den Druck im Weg stehen kann. Dies führt zu kleinen Löchern, Ausbrüchen, Wrapping und Schichtablösungen. Weitere Fehler beim Drucken mit SLA sind verunreinigte Sensoren. Bei diesem Druckertyp wird Resin durch ein Laserlicht gehärtet und dadurch kann es im Bereich der optischen Sensoren Probleme geben. Eine weitere Ursache dafür können Schäden im Harztank sein. Diese beiden oft benutzten Drucktypen haben beide ihre Besonderheiten, doch da sie so häufig gebraucht werden gibt es auch eine Vielzahl an Internetseiten, die dabei helfen können, das Problem zu diagnostizieren. Die häufigsten Fehlerursachen lassen sich aber tatsächlich auf die Druckbetthaftung zurückführen. Beim SLA lässt sich dies meist am besten durch die Kontrolle des Nullpunktes und der Festigkeit

der Druckplatte beheben und beim FDM gibt es zahlreiche Hilfsmittel, falls das Ursprungsproblem nicht lösbar ist. Der Abstand zwischen Düse und Druckbett, der bei FDM eine wichtige Rolle spielt und durch die Bettnivellierung beeinflusst wird, ist aber auf alle Fälle ein Punkt, der zuallererst kontrolliert werden sollte und genauso die Einstellung des Nullpunktes. Das Druckbett sollte vor jedem Druck auch von Druckresten der vorhergehenden Drucke gereinigt werden. Ein sauberes glattes Druckbett ermöglicht erfolgreiche Projekte.

Weitere Problemursachen können fehlerhaftes Druckmaterial sein. Kunstharz kann ablaufen und Filament saugt sich nach einiger Zeit mit zu viel Feuchtigkeit an, dies sollte nicht außer Acht gelassen werden. Für zu feuchtes Filament gibt es aber eigene Trockner, die gekauft werden können oder durch Community Anleitungen selbst gebaut werden. Ein kurzer Besuch im Ofen mit Temperaturen vor dem Schmelzpunkt kann auch helfen dieses Problem zu lösen.

Anhand dieser langen Liste fällt auf, dass im 3D Druck noch einiges schief gehen kann und anders als beim normalen Drucker können sich die 3D Drucker häufig nicht selbst diagnostizieren. Es gibt also eine Einstiegshürde und „einfach einstecken und loslegen“ ist im 3D Druckraum noch nicht möglich. Ein jeder Teil der Geräte ist fehleranfällig, sei es vom beschädigten Harztank des SLA Druckers bis zur verstopften Düse des FDM aufgrund zu feuchten Materials. Es gibt Lösungen für die Probleme, nicht nur das Neukaufen der Einzelteile, sondern auch der gewissenhafte Umgang, doch nichts wird die Beschäftigung mit dem Problem ersetzen und das richtige Erkennen sowie Beheben von normalen Verschleißerscheinungen. Bei teureren 3D Druckern ist der Support eine gute Anlaufstelle oder die Onlinecommunity um diese speziellen Druckertypen, doch viele Probleme sind Druckertypübergreifend und so kann die Lösung auch in allgemeinen Foren oder auf Videoplattformen gefunden werden. Das systematische Ausschließen von Problemstellen führt meist bis zu einer klaren Lösung hin. Das Eintauchen in die Welt der 3D Drucker mag vielleicht ein wenig abschreckend sein, doch im Grunde sind sie genauso wie normale Drucker und wirklich viel falsch machen ist nur ohne jegliche Information möglich. Alle ungewollten Gebrechen können durch das Ersetzen von Einzelteilen repariert werden und somit kann mit ein wenig Vorsicht nichts wirklich komplett schief gehen.

Nachbearbeitung der 3D Modelle

Beim FDM Druck des Materials PLA entsteht durch das schichtweise Auftragen des Materials eine Textur. In den letzten Jahren konnte durch Softwareupdates und feinere Düsen der Prozess verbessert werden, aber eine kleinere Düse führt auch automatisch zu mehr Druckzeit. Ein Problem mit dem Hobbyisten vermehrt zu kämpfen haben. Eine Nachbearbeitung ist jedoch durch verschiedene Mittel möglich, wenn die Originaltextur nicht ohnehin als ästhetisches Mittel gewählt wird. Zum einen ist es möglich die 3D Drucke zu besprühen oder zu bemalen und zum anderen ihnen mit Schleifpapier, Heißluftpistolen oder Multifunktionsgeräten zu Leibe zu rücken, oder sie chemisch zu behandeln. Epoxidharz wird hier auch gerne benutzt, doch die Gefahren, die es mit sich bringt, sollten nicht außer Acht gelassen werden. Typische Fehler beim Einsatz von Epoxidharz sind „mangelhafte oder fehlende Lüftung bei der Arbeit, keine oder die falschen Handschuhe, ungeeignete Arbeitskleidung wie kurzärmelige Hemden, kein Duschen am Arbeitsplatz nach Arbeitsschluss, Tragen der Arbeitskleidung auch nach Feierabend.“ (Haufe Online Redaktion, 2021) Durch seine leichte Zugänglichkeit auch im Hobbybereich wird das Material zu leicht unterschätzt und ebenso kann es zu Fehlern im Berufsalltag kommen. Es steht im Verruf Allergien und Verätzungen auszulösen. Epoxidharz oder auch Kunstharz genannt, sollte mit großer Vorsicht benutzt werden. Neben der Beseitigung der Oberflächenstruktur ist auch die Möglichkeit gegeben verschiedene Druckmaterialien durch chemische Behandlung stabiler oder härter zu machen. Das Verstärken von Bauteilen ist neben dem Glätten der Oberfläche eine der Nachbearbeitungsmöglichkeiten. 3D gedruckte Teile können genauso nur als Teil eines großen Ganzen benutzt werden und mit verschiedenen Bauteilen wie Schrauben, Stangen, Elektronik, Beschichtungen und weiteren zu einem neuen Gegenstand erweitert werden. Zusammenfassend können all die erwähnten Möglichkeiten entweder als ästhetische oder funktionelle Nachbearbeitungen bezeichnet werden. Die weitere Verarbeitung kann additiv und subtraktiv erfolgen. Wie bei anderen Materialien ist vieles möglich.

Für Stop Motion Puppen bieten sich, wie zum Beispiel durch den Überzug mit anderem Material, Bemalung oder Glättung, vorwiegend ästhetische Nachbearbeitungen an. Funktionell ist es möglich die Puppen selbst als Teil einer Armatur aus verschiedenen

Einzelteilen zu erschaffen oder das Material für den Widerstand von höheren Temperaturen zu optimieren.

Aufrüstung 3D Drucker

3D Drucker sind nicht immer optimal für alle Druckprozesse geeignet. Ein 3D Drucker kann aber nachträglich aufgerüstet werden um bessere Leistungen zu erzielen.

Das Filament wird bekannterweise durch den Extruder auf das Heizbett gedrückt. Ein derartiges Schema ist in Abbildung 24 zu sehen. Dieser Extruder besteht aus einem Lüfter, also den Cooling fan, und den Kühlrippen am Rand, die allgemein ein Teil des Kühlkörpers sind. Dieser wird in der englischen Grafik mit Heat sink bezeichnet. In diesen Teilen des Extruders wird das Filament noch gekühlt, damit es danach am Ende der Heat Break erhitzt wird und kontrolliert gesteuert werden kann. Um die Heat Break befindet sich der Heatblock in dem die Heizpatrone und ein Temperaturmesser steckt, auf Englisch die cartridge und der thermistor. Das Ganze wird von einer Nozzle, der Düse, in einer bestimmten Größe abgeschlossen.

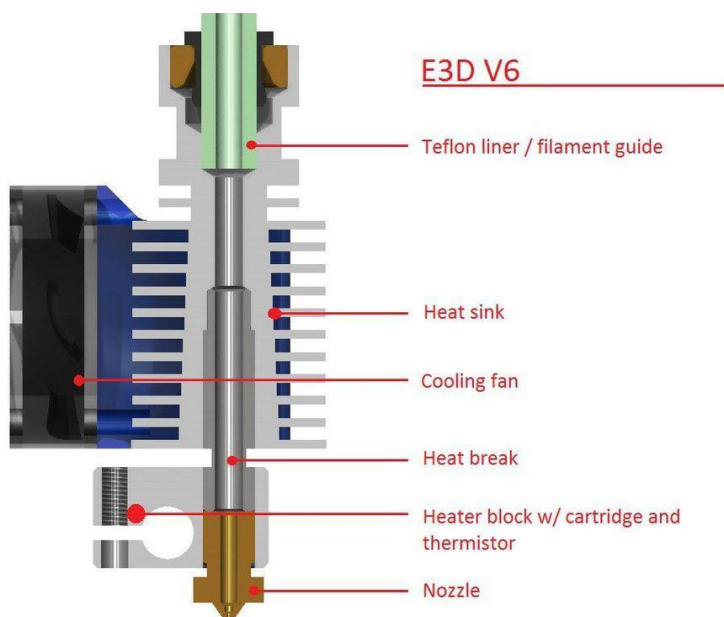


Abbildung 24 Extruder Aufbau

<https://docplayer.org/108158836-Instandsetzung-eines-extruders-bei-einem-3d-drucker.html>

All diese Teile sind austauschbar. Ein besserer Lüfter wäre eine Möglichkeit oder unterschiedliche Düsengrößen für feinere Druckergebnisse oder schnellere Drucke. Je kleiner das Loch in der Düse ist, desto feiner wird die Oberflächenstruktur, aber auch

Verstopfungen können sich häufen. Mit größerem Loch geht das Drucken schneller, doch die einzelnen Schichten sind klarer erkennbar. Für gewöhnlich wird die Düse aufgerüstet und bei besonderem Bedarf auch der Kühlkörper sowie die Heat Break. Wenn diese Teile aus besserem Material bestehen ist es möglich Filamente bei höheren Temperaturen zu drucken. Ein Extruder mit einem Schlauch wird Bowden Extruder genannt, der Antrieb befindet sich nicht direkt am Druckkopf. Es gibt aber auch Direct Extruder, die für Materialien wie das elastische TPU, besser geeignet sind. Mit ihnen kommt es aber zu höheren Druckzeiten als mit einem Bowden, auch führt das erhöhte Gewicht am Extruder zu unschöneren Drucken. Vorteile wären, dass das Filament direkt eingezogen wird. Somit kommt es zu keinen Verzerrungen von elastischen Material und Fädenbildungen aufgrund dieser.

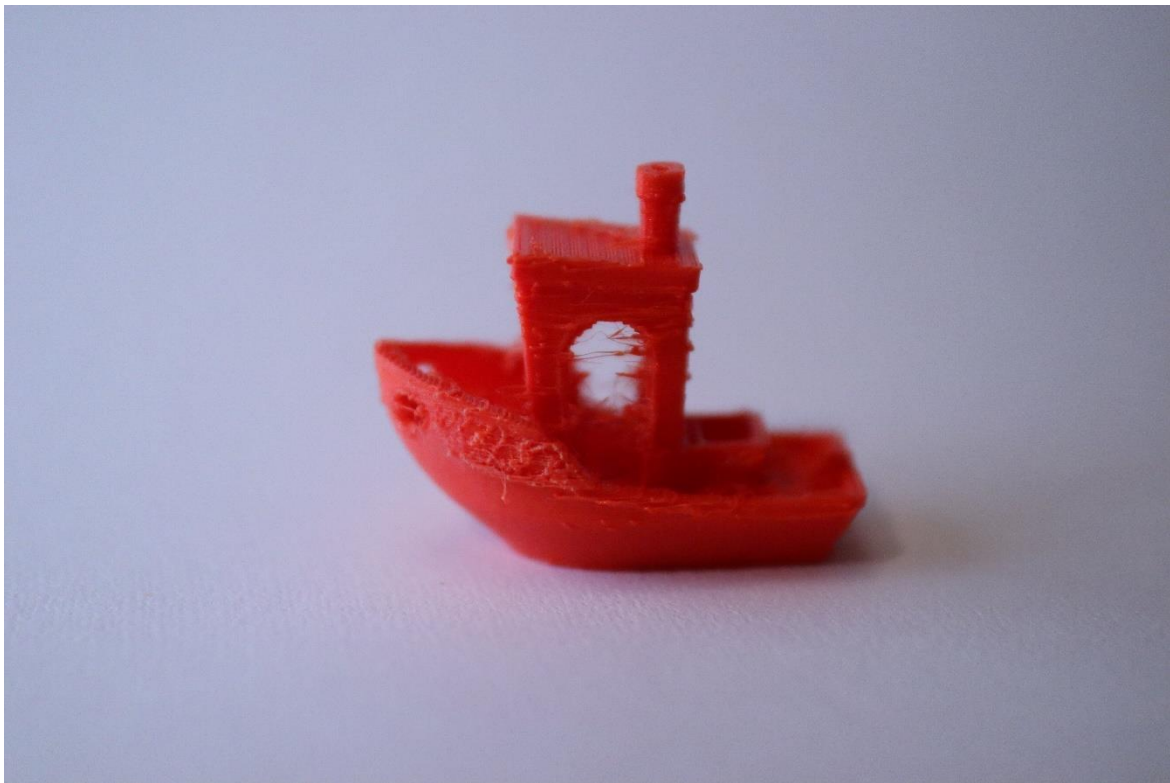


Abbildung 25 TPU BENCHY mit Bowden Extruder und Retraction

Die Vorteile des Direct Extruder sind also vor allem vielfältigerer Materialeinsatz. Bei ihm ist es auch nicht nötig eine Retraction, also einen Rückzug des Materials, einzustellen. Viele der Probleme von elastischem Material kommen gerade aus dieser Eigenschaft des 3D Druckes, die sich aber mit anderen Filamenten als praktisch erweist, da genauere Kontrolle über sie möglich wird.

Je nach Drucker kann noch vieles mehr aufgerüstet werden. Die Halterungen für Filament können verbessert, die Steuerungselektronik gegen stärkere ausgetauscht, das Druckbett durch andere Materialien optimiert oder auch nur eine zweite Z-Achse für die Stabilität eingesetzt werden. Für das Druckbett gibt es abnehmbare bedruckbare Magnetunterlagen, die einfach nur aufgeklebt werden. Ein Magnet wird auf das Originalheizbett geklebt und die metallene Druckplatte daraufgelegt. Dies kann bei schlechter Haftung zu Verschiebungen führen, ist jedoch der Magnet stark genug ergibt sich der Vorteil die Druckplatte einfach vom Drucker zu heben. Auch anders beschichtete Materialien oder Strukturen sind am Druckbett möglich.

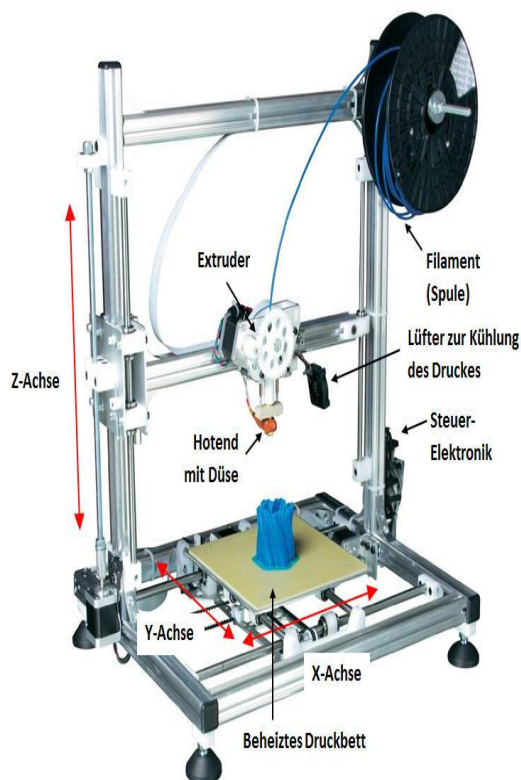


Abbildung 26 Aufbau des Druckers
<https://www.stayathome.ch/3d-drucker.htm>

Der Einbau weiterer Sensoren ist sehr beliebt. Sensoren zur Abmessung des Druckbettes und seiner Ausrichtung oder andere Sensoren, wie solche die kontrollieren ob sich noch Filament im Drucker befindet, sind leicht erhältlich. Manche 3D Drucker haben diese Sensoren schon integriert, aber bei den anderen Modellen ist ein Nachrüsten keine Schwierigkeit. Mehrere Riemen zur Unterstützung der y und x-Achse sind neben der

erweiterten z-Achse möglich. Die Frage, die sich dabei stellt, ist aber immer, ob so viel Kontrolle nötig ist und ob diese auch wirklich genutzt wird. Je nach Drucker kann hierfür eine andere Antwort aufkommen.

Das Drucken mit höheren Temperaturen erfordert nicht nur bessere Extruder Elemente, sondern bei der Druckplatte gehört ebenso aufgepasst, ob diese höhere Temperaturen verträgt. Die Magnetplatten tun dies für gewöhnlich seltener. Je nach Material kann ein Druckzelt oder Druckergehäuse ebenso nötig werden. Dank Druckzelt oder Druckergehäuse wird Staub auf den Geräten vermieden und konstante Temperaturen sind im abgeschlossenen Bereich möglich. Dies ist für wärmeempfindliche und Wrapping prädestinierte Materialien ein Lebensretter.

Das Anschließen eines Computers oder die Erstellung eines Drahtlosnetzwerkes sind bei manchen Druckern möglich, doch selbst wenn nicht kann die Elektronik im 3D Drucker diesbezüglich aufgerüstet werden. Die Verbreitung von Multi Color Druck ist im Konsument*innenbereich eher mäßig, doch auch ein 3D Drucker ohne die Möglichkeit dazu kann zumindest leicht auf zwei verschiedene Filamentextruder aufgerüstet werden. Das einzige Problem dabei sind die speziellen Einstellungen, die dafür nötig werden und dass eher weniger Modelle vorgefertigt im Internet zu finden sind. Doch der 3D Drucker muss auch kein 3D Drucker bleiben. Aufsätze und Austauschmodule ermöglichen es den Drucker als Multifunktionsgerät aufzuziehen, das neben den 3D drucken noch gravieren, schneiden, CNC fräsen und lasern kann.

Einige Upgrades lassen sich auch selbst drucken. Eine Filament Führung oder eine aufsetzbare Werkzeughalterung können praktisch sein. So gibt es zahlreiche Möglichkeiten einen 3D Drucker noch zusätzlich aufzurüsten. Funktionell für das Erstellen von 3D Gedrucktem sind diese Upgrades nicht essenziell, wobei zumindest die Filamentführung und eine weitere Z-Achse das Druckerlebnis um Welten verbessern.

[Stop Motion Puppen Armaturen](#)

Für Stop Motion Puppen werden zahlreiche Materialien benutzt, so sind zwar reine 3D gedruckte Stop Motion Puppen möglich, aber die Kombination aus den unterschiedlichsten traditionellen Materialien gestaltet dies erst als interessant. Ob aus den Kugeln eines Kugellagers und Schrauben ein Kugelgelenksmechanismus entwickelt

wird, oder durch kochendes Wasser erwärmter Thermoplast es ermöglicht formbare doch feste Bestandteile einer Stop Motion Armatur zu bauen - vieles ist denkbar. Zweifellos sind rein mechanische Stop Motion Armaturen stabiler, doch die Kombination und die Möglichkeiten reiner 3D gedruckter Armaturen ist verlockend. Neben dem Modibot bieten unterschiedliche Hersteller*innen, aber auch Privatpersonen 3D gedruckte Stop Motion Armaturen an. Das Model von Bruno Cruz³ nutzt Schrauben, um die gedruckten Teile zu fixieren. Zusätzlich wird ein Rig aus Metallrohren und Plastik genutzt, um die Puppe schweben und Laufen zu lassen. Im Vergleich zu professionellen Armaturen wird durch solche Projekte der Zugang für Student*innen und kleinere Produzent*innen erleichtert.

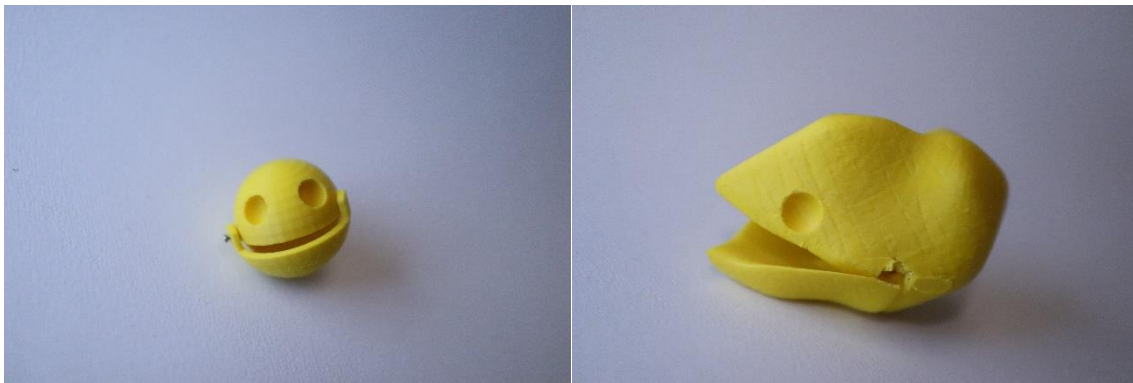


Abbildung 27 gedruckte Kopfarmaturen aus ASA für Temperaturtests, ähnliches Material wie ABS

Als Material empfiehlt Bruno Cruz ABS, welches temperaturbeständiger als PLA ist, aber auch nicht aus nachwachsenden Ressourcen. Wenn mit traditionellen Scheinwerfern gearbeitet wird macht die Materialwahl Sinn. Wenn hingegen mit LED Lampen gearbeitet wird ist PLA eine Alternative, da diese auch wenn sie warm werden nicht dieselbe Wärme erreichen. PLA bleibt bei Temperaturen bis 60 Grad formbeständig. In der Maker Szene gehen auch einige Tricks herum, wie dies erhöht werden kann, wie zum Beispiel das gedruckte Werk kurzzeitig bei der höchstmöglichen Temperatur im Backofen zu backen oder es mit anderem Material zu beschichten oder abzudichten. Die Backofenmethode hat das Ziel das Objekt über seinen Schmelzpunkt zu erwärmen, um es zu kristallisieren.

³ https://cults3d.com/de/modell-3d/gadget/stopmotion-armature-15cm-basic-model_v01

Kleinere Formen können dadurch aber ihren Detailgrad verlieren. Eine Armatur mit Löchern für spezielle Schrauben müsste im schlimmsten Fall nachgebohrt werden. Anderes Druckmaterial zu verwenden bietet sich jedoch als Alternative, doch muss eventuell der 3D Drucker nachgerüstet werden, damit er mit höherer Temperatur drucken kann. Sehr hitzebeständiges Material wird auch teurer im Vergleich zu günstigen Alternativen wie PLA. Für gewöhnlich sind Armaturen von anderem Material ummantelt, welches sie in ihrer Form hält und somit ist das Risiko für Abnützungerscheinungen weit höher als für Formverlust.

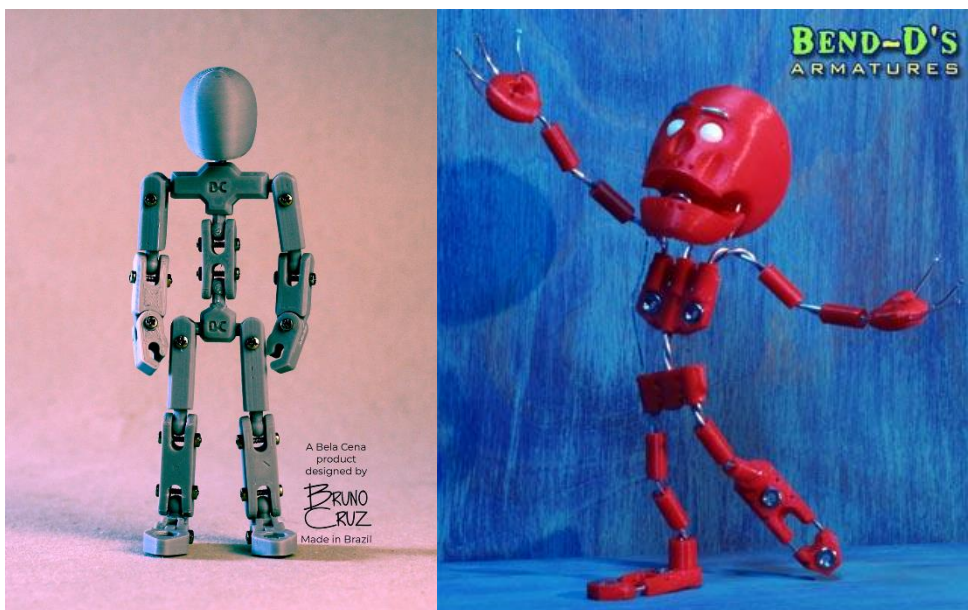


Abbildung 28 Armatur von Bruno Cruz und Bend-D's
https://cults3d.com/de/modell-3d/gadget/stopmotion-armature-15cm-basic-model_v01
https://www.stopmotionstore.com/index.php?main_page=index&cPath=25_55

Verschiedene Beispiel für 3D-gedruckte Stop Motion Armaturen sind in Shops und Onlineportalen zu finden. Bruno Cruz hat eine Armatur erstellt (Abbildung 28), bei der die Druckdateien käuflich erworben werden können. Sie besteht aus gedruckten Teilen und standardisierten Schrauben und Muttern. Auch die Armatur Bend-D's (Abbildung 28) fand ihren Beginn in einer Freeware Version, ehe man sie nun komplett gedruckt oder nur die Druckfiles käuflich erwerben kann. Beim schon erwähnten Modibot (Abbildung 15) wird ein ähnliches Modell verwendet, bei dem die gedruckten Figuren käuflich erworben werden können. Diese verschiedenen Typen zeigen die typische Verwendung von Elementen, die auch bei klassischen Stop Motion Armaturen zum Einsatz kommen, wie

gezwirbelter Draht, Kugelgelenke und Schrauben an die Riggs angeschlossen werden können. Der Modibot besteht ganz aus gedrucktem Material, während die anderen Armaturen sich weitere Materialien zunutze machen. Das Drucken von Schrauben ist zwar möglich, doch je nach Größe und Druckausrichtung sind diese natürlich nicht genauso stabil. Die Kombination erhöht die Praktikabilität der Armaturen.



Abbildung 29 Modifizierter Modibot mit aufsteckbaren Vorder- und Hinterkopf und einfacherer Test Armatur

Das Bauen einer Armatur für den 3D Druck erfolgt in einer 3D Software wie Blender, doch die Möglichkeit des Konstruierens ist komfortabler in einer technisch konstruierenden CAD Software. CAD steht für Computer Aided Design und beschreibt Programme, in denen durch die Hilfe eines Computers Konstruktionsdaten erstellt werden. Grob gesagt können aus 2D Zeichnungen technische 3D Modelle erstellt werden mit genauen Maßen. Es gibt verschiedene Freeware CAD Software und neben AutoCAD bietet sich FreeCAD oder OpenSCAD an. In letzteren wird ein 3D Modell durch eine Scripting Sprache erstellt. Auch blender ist eine Open Source Möglichkeit, um 3D Modelle für den 3D Druck zu konstruieren. Ein jedes dieser Programme hat andere Spezialisierungen und eignet sich für die unterschiedlichsten Anwendungen sowie verschiedenste Arten von Benutzer*innen. In blender lassen sich zwar auch 3D Modelle erstellen und Objekte erschaffen, jedoch bieten die anderen Programme die Möglichkeit höchst präzise Modelle zu erstellen und ihr Prozess hat mehr vom technischen Konstruieren. Blender hingegen eignet sich fantastisch für organische Formen und das Erstellen von Charakteren. Es ist zwar genauso möglich technisch zu konstruieren, aber die Art zu arbeiten unterscheidet

sich. Durch Plugins wie Solvespace oder CAD Sketcher, das auf dem erstgenannten aufbaut, kann Blender jedoch aufgerüstet werden. Die Kombination der beiden für Armatur und Charakterdesign ist eine von vielen Möglichkeiten. Eine technisch funktionierende Armatur stützt sich auf Genauigkeit, während Eigenheiten der Charaktere beachtet werden. Eine jede Benutzer*in hat hierbei die eigenen Vorlieben, doch Blender hat klar andere Workflows als das Konstruieren in einem Programm wie FreeCAD.

Armaturen können grob gesehen in 3 Typen eingeteilt werden: Reines 3D Druckmaterial, Hybride und traditionelle Armaturen ohne Druckkomponenten. In jeder Unterkategorie gibt es zahlreiche Möglichkeiten, doch dank 3D Druck ist es um ein Vielfaches leichter eine Kugelgelenk-Armatur zu erschaffen. Einzelteile wie Kugelgelenke und Blöcke oder ganze Armaturen lassen sich käuflich erwerben, doch für Student*innen und kleinere Produzent*innen ist dies selten eine Option. Das Anpassen auf eigene Bedürfnisse ist ein weiterer Faktor, welcher für die 3D Druck Armaturen spricht. Sie sind stabiler als reine Drahtarmaturen und können unendlich oft nachgedruckt werden in gleicher Form oder Variationen. Das einzige Hindernis an ihnen ist jedoch das technische Verständnis von 3D Druck, der zugehörigen Programme und der Mechanik hinter Bewegungen. Das 3D Scannen einer Armatur ist zwar möglich, jedoch sprechen etwaige Löcher und nicht von außen sichtbare Verstrickungen gegen die Praktikabilität. Das physische Erstellen einer Armatur ohne 3D Druck erweist sich also als die einsteigerfreundlichere Alternative, wenn nicht auf schon vorhandene 3D Modelle von Armaturen zurückgegriffen werden kann und einfachere Materialien zum Einsatz kommen.

Postproduction

Am Ende der Animation folgen die letzten Schritte. Farben werden korrigiert, Elemente angepasst und Compositing betrieben, das heißt Spezialeffekte hinzugefügt und kleine Fehler verbessert. Die Nachbearbeitung der Animation, wie das Wegeditieren von Verbindungslinien, passiert in diesem Prozess der Nachproduktion. Die Kombination von 3D Effekten über die 3D gedruckte Animation bietet sich an, da die Ästhetik der gedruckten Elemente zu einem großen Teil schon aus dem 3D modellierten Raum stammt. Effekte, die sich eher schwer im Stopptrick darstellen lassen, finden ihren Platz.

Dinge wie realistische Flammen, Vervielfältigungen von einzelnen Animationen, wie das Aufpoppen von hunderten Blumen gleichzeitig, oder das taktische Hinzufügen von Wettergegebenheiten wie Nebel oder Regen können so um ein Vielfaches schneller, einfacher und kostengünstiger produziert werden (vgl. Contenido Extra, 2020). In „Coraline“ (2009) war vieles möglich, doch heutzutage durch die gesteigerte Leistung von Computern sind Spezialeffekte in weitaus kürzerer Zeit umsetzbar und in manchen Fällen sogar mit weitaus mehr Details.

Im Puppentrick ist es möglich Puppen kurzzeitig schweben zu lassen durch den Einsatz eines Stop Motion Rigs. Diese Rigs müssen nachträglich editiert werden, ob Frame per Frame oder in einem Compositing Programm. Hierfür ist ein Foto des leeren Hintergrundes oder eine Animation der Puppe vor einem Greenscreen praktisch. Ein Greenscreen ist nichts anderes als ein einfärbiger Hintergrund, mit dem eine Matte digital erstellt wird. Es wird also in gewissen Programmen nur diese Farbe wegeditiert. Anders als beim Compositing ist dies nur ein Vorschritt und dieser muss dann noch zusammengefügt werden. In die Postproduktion fällt auch der Schnitt. Für gewöhnlich ist dieser minimal bei Stop Motion Filmen, da alles vorgeplant wird, aber auch das Aneinanderreihen von Sequenzen ist ein Teil davon. Vieles ist also in der Postproduktion möglich, aber ihr größter Nutzen bleibt die Organisation des fotografierten Materials.

Testaufbauten

Erste Drucktests fanden im HappyLab Wien und Salzburg statt. Die Orte boten eine Umgebung mit interessierten Maker*innen, auch wenn die größte Hilfe ohne Frage die Betreiber dieser zwei Makerspaces waren. Da es sich um eine vernetzte Kette handelte

erleichterte dies den Wechsel von Standorten. Ein weiterer Vorteil war die große Verfügbarkeit von Filamenten.



Abbildung 30 Filament im Happylab Salzburg

Neben dem Prusa i3 MK3S, waren noch Elegoo Mars und der dimension SST 1200 in Salzburg vorhanden. Anders als Salzburg mit dem Elegoo Mars setzt das Happylab in Wien auf Formlabs Form 2 im Bereich des SLA Verfahrens mit Kunstharz. Tests und Einschulungen in der Handhabung der einzelnen Drucker hoben die SLA Drucker als gute Geräte für glatte Oberflächenstrukturen hervor, auch die aufwendige Nachbereitung der Drucke und die Gefahren mit ihnen. Während des gesamten Prozesses wurde dazu angeraten Handschuhe und Masken zu tragen. SLA sollte nur in gut ventilerten Räumen gedruckt werden. Die Stützkonstruktionen für SLA sind einfach wegwaschbar nach dem Druck. Ein Prozess der diese Druckvariante als angenehmer anmuten lässt, wäre da nicht die Giftigkeit von flüssigem Resin, das für den Druck verwendet wird. In ausgehärtetem Zustand ist das Material unbedenklich und dafür werden die Drucke gereinigt und mit UV

Licht ausgehärtet. Danach sind die Figuren auch um ein Vielfaches hitzebeständiger als andere Materialien und der Prozess des Druckes mit Laser ermöglicht feinere Details als es bei den FDM Druckern möglich ist. Trotz alledem ist Resin ein Material das schwer zu entsorgen ist und die Gefahren während des Druckprozesses können ungünstig ausfallen. Bei Unachtsamkeit frisst sich das flüssige Grundmaterial schmerzhaft in die Haut. FDM waren aufgrund dieser Faktoren ein klarer Favorit für die Stop Motion Tests.

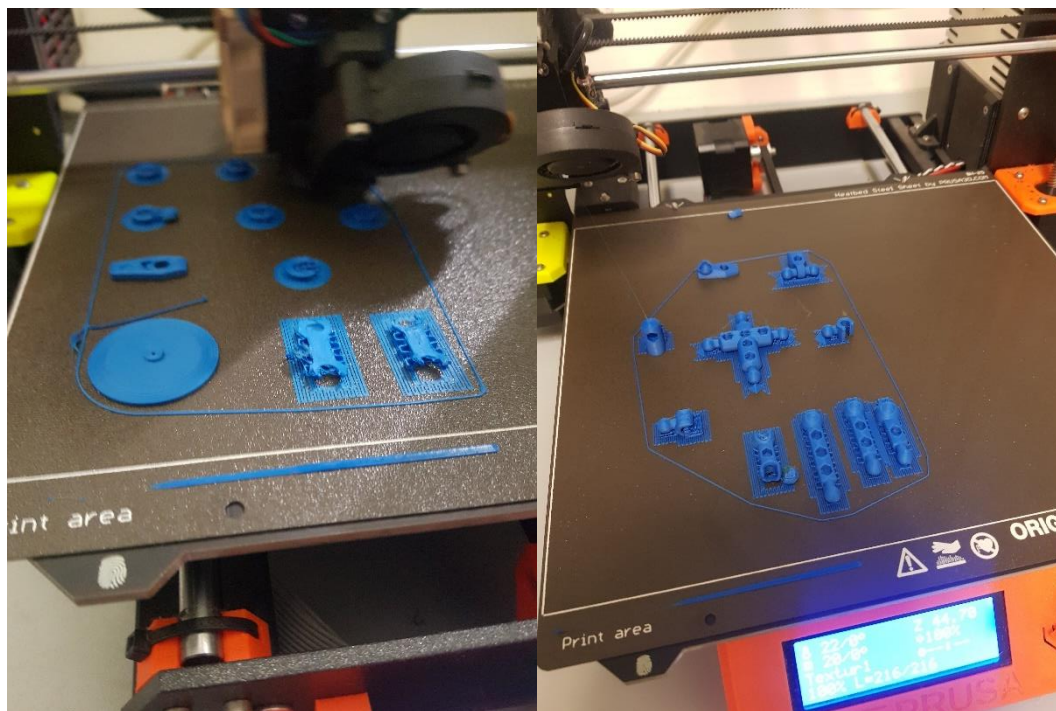


Abbildung 31 FDM Prusa Drucker

Beim ersten Versuch des Ausdrucks vom Model Modibot, funktionierte der erste Druckvorgang hervorragend, auch wenn lange Druckzeiten dazu führten, dass nicht viel anderes im Makerspace zu tun war, außer zu warten. Der zweite war jedoch weit weniger gut und es kam zu kleinen Fehlerquellen. Die Düse spuckte zu viel überflüssiges Material aus und fuhr mit Teilen der gedruckten Objekte im Kreis herum. Der erste Versuch einen Modibot zu drucken scheiterte. Am Ende blickte nur ein halbfertiger Modibot heraus.

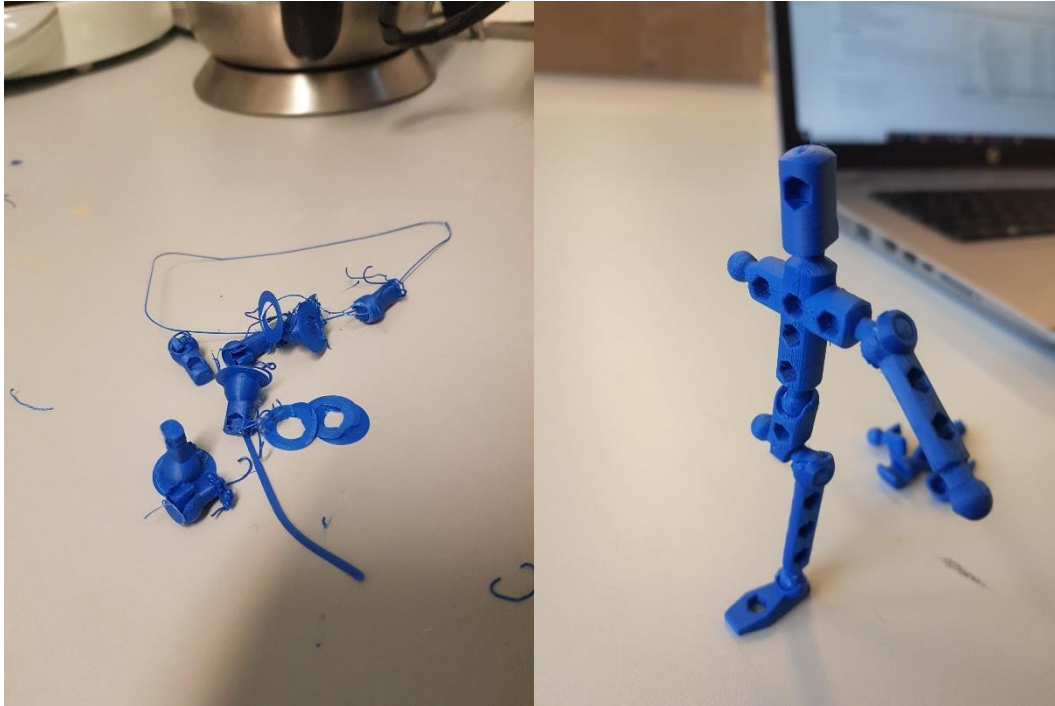


Abbildung 32 Modibot misslungene Teile und halbfertiger Modibot

Lösungsvorschläge des Personals inkludierten, vorsichtshalber Einzelobjekte zu drucken und diese zentral zu positionieren. Im Werk „3D Printing Failures“ von Sean Aranda werden diese Fehler als Spaghetti Monster bezeichnet. Hitzeplattenhaftung wird als mögliche Fehlerursache erwähnt. Eine, die ebenso vom Personal sofort kam, als nach den Brim gefragt wurde. Der Brim ist eine Schicht von Material die extra gedruckt wird, um im Nachhinein entfernt zu werden. Durch die größere Druckfläche steigert dies die Haftung des Materials, somit werden Verformungen und insbesondere das Herumfahren der Düse mit losgelösten Teilen verhindert. In diesem Fall ist in Abbildung 31 sichtbar, dass ein Brim vorhanden war. Herumspielereien mit kleinen Sprüngen in der Z-Achse, den Z-Hop, werden auch als mögliche Fehlerlösung genannt. Dieser sollte in etwa immer auf der Höhe der gedruckten Schichthöhen sein. (vgl. Aranda, 2020, S. 174)

Das HappyLab bot eine großartige Chance in den 3D Druck hinein zu schnuppern, aufgrund der unsicheren Lage mit Corona wurde das Experiment des Nutzens der Makerspaces als Ort des Austausches unterbrochen. Diverse makerspaces sind quer durch Österreich verteilt und auf diversen Makerwebseiten befinden sich Auflistungen der makerspaces. Sie sind mit ein wenig Recherche leicht auffindbar. Weitere Besuche

von Kollektiven in makerspaces in anderen Bundesländern blieben aus, da schlichtweg nicht auf Nachrichten reagiert wurde oder bei Besuchen niemand vor Ort war.

Die weiteren Drucke wurden deshalb mit dem Ender 3 Pro 3D-Drucker erstellt, einen Budget 3D Drucker. Von der Handhabung ist er ähnlich zu gebrauchen wie der Prusa, da derselbe Grundbauplan dahintersteckt, aber der Prusa ist um ein Vielfaches hochwertiger. Dieses Modell hat keine automatisch kallibrierte Bodenplatte und so ist ein manuelles Einrichten vor und zwischen mehreren Drucken Pflicht.



Abbildung 33 ein Ender 3D Drucker - <https://www.creality3dofficial.com/files/goods/20210917/Ender-3PRO.jpg>

Die Ergebnisse sind akzeptabel und als Startpunkt für weitere Tests eignet er sich hervorragend. Weitere geplante Tests beinhalten den Bau von Skeletten, das Modifizieren des Modibots mit 3D Teilen und in Latex getauchten Schaumstoffbinden. Replacement Animation wurde mit den Pinguinen aus Abbildung 19 getestet, doch soll diese infolgedessen noch weiterverfolgt werden. Die ersten Schritte im Bereich der 3D gedruckten Stop Motion Animation wurden gemacht und die weiteren folgen. Tests im Bereich der Herstellung von eigenem Filament, um dieses für Animationsprojekte zu nutzen, steht ebenso im Raum. Dieses Vorgehen benötigt einen Schredder, um das Filament in seine Einzelteile zu zerlegen, und einen Extruder, um neues Filament zu formen. Precious Plastic (<https://preciousplastic.com>) stellt die Anleitungen für den Bau

dieser Maschinen zur Verfügung und im Internet sind auch andere Anleitungen sowie fertige Produkte zu finden. In verschiedenen Städten wie Linz und Wien gibt es diese Zusammenschlüsse und somit auch eine Möglichkeit dies in Zukunft anzudenken.

Zusammenfassung

Der Prozess der 3d gedruckten Stop Motion Animation ist eine frei zugängliche Technik. Als Open Source Hardware ist es theoretisch möglich mit Materialien aus dem Baumarkt seinen eigenen 3D Drucker zu bauen, auf Kollektive zurück zu greifen oder sich privat ein Gerät zuzulegen. Der Prozess vereint handwerkliche Fähigkeiten des Puppenbaus mit der digitalen Auseinandersetzung in Programmen. Materialkosten können zwar reduziert werden, aber jeder einzelne Schritt benötigt Hintergrundwissen. Viele Möglichkeiten bieten sich, wenn eine tiefergehende Beschäftigung mit den einzelnen Themengebieten stattfand. Bei der Handhabung mit den 3D Druckern ist das Internet mit der Makerszene und Webseiten wie thingiverse eine große Hilfe, doch auch natürlich gewachsene Strukturen in Makerspaces können eine große Hilfe sein. Bei der 3D gedruckten Stop Motion Animation ist das technische Verständnis eine von unterschiedlichsten Fertigkeiten, die umso essenzieller wird desto mehr adaptiert und selbstständig gemacht werden will.

Der Prozess unterteilt sich in verschiedene Grundkompetenzen wie den Puppenbau und die Materialkunde, die auch beim 3D Drucker wieder wichtig wird. Der digitale Prozess kann durch Apps beschleunigt werden, aber mehr Individualität ist durch ein Verständnis dieser vorhanden. Das Digitale kann dadurch leichter modifiziert werden, um an eigene Bedürfnisse angepasst zu werden, um nicht nur von schon Vorhandenem abhängig zu sein. In der Postproduktionsarbeit warten diverse Retuscharbeiten und die Möglichkeit der Kombination mit 3D Animation. Ein jedes dieser Gebiete ist groß und erfordert tiefergehendes Wissen.

Erste Tests mit den 3D Druckern haben vor Augen geführt wie unzuverlässig bestimmte Drucktechniken sind, aber zumindest bieten diese weniger Verletzungsgefahr und bieten das Recycling von schon vorhandenem Plastik. Viele der Probleme lassen sich mit Hintergrundwissen leicht lösen und sind nicht nur den FDM Druckern zu eigen, sondern auch anderen Arten. Die Benutzung eines 3D Druckers ist aktuell noch mit viel Tüftelei

verbunden und es handelt sich nicht um ein reines Konsumprodukt. Nicht nur die Prozesse der handwerklichen Fähigkeiten, der technische Zusammenbau, sondern auch die digitalen Prozesse haben eine hohe Lernkurve. Viele der neuen Erfindungen im Bereich des 3D Druckers gehen auch nicht von großen Firmen aus, sondern momentan noch von Makern, die dann in den Markt integriert werden. Der Fokus einzelner Maker ist sehr individuell und dies wird gerade durch die Technik gefördert. Weitere Möglichkeiten liegen in der Zukunft, doch wie sieht es mit der Zukunft von 3D gedruckter Stop Motion Animation aus?

Zukünftige Entwicklung

Stop Motion als aussterbende Technik? Revival, warum?

Das Ende der Stop Motion Technik stand lange im Raum als aussterbende Technik, doch in den letzten Jahren wurde von verschiedenen Studios und Künstler*innen anderes bewiesen. Da es sich bei Stop Motion Animation und digitaler 3D Animation bei beiden um dreidimensionale Animationen handelt, wäre der Schritt weg von der Materialität rein zum digitalen nicht unlogisch gewesen, doch Techniken wie der 3D Druck und seine Verknüpfung des Digitalen und Analogen zeichnen ein anderes Bild. Das Haptische wird in einer digitalen Welt nicht zur Ausnahme, sondern nur zu einem anderen Weg, welcher zeitgleich entsteht. In manchen Fällen wird gerade diese Ausnahme zur Sehnsuchtserscheinung. Vielen Kindern wird über dies hinaus heutzutage Stop Motion Wissen über das Internet, engagierte Lehrer*innen, Freizeitinitiativen und vielen anderen Orten vermittelt. Youtube und tiktok, sowie andere Videoplattformen fördern den Austausch und die Veröffentlichung von Werken. Trends entstehen und verschwinden wieder, doch die einfache Umsetzung von Stop Motion Tricks lässt sie fest verankert weiterbestehen.

3D Druck und Stop Motion

3D Drucker sind in den letzten Jahren immer leistbarer geworden, zumeist aus China importierte billige Exemplare im Kontrast zu den Marken aus dem europäischen Raum, oder den Industriedruckern, die momentan noch an der Grenze der Erschwinglichkeit verweilen. Open Source 3D Drucker als ebenso erschwingliches Produkt sind ebenso vorhanden. Die Auswirkungen auf die Umwelt durch lange Lieferstrecken und der Einsatz von Material, das unter bestimmten Umständen nicht nachhaltige Druckpraktiken ermutigt, sollten jedoch nicht außer Acht gelassen werden. 3D Druck kann nachhaltig sein wie globale Initiativen, zum Beispiel Precious Plastic, zeigen. Recyceltes Plastik kann wieder in den Kreislauf der Verwertung zurückgeführt werden. Auf ihrer Webseite werden Prozesse auf verschiedenen Leveln erklärt, aber ein Schredder und ein Extruder wären für Filament Herstellung Grundvoraussetzungen. Die Möglichkeit der Nachhaltigkeit ist also gegeben, aber ob diese auch genutzt wird ist eine andere Frage. Für Replacement Animationen frisch aus dem 3D Drucker eignet sich der Recyclingprozess

am allerbesten, da dabei das Material in seiner Ursprungsform belassen werden kann und so den Prozess erleichtert. Um Material für die Wiederverwertung fit zu machen, muss dieses nämlich sauber sein, in eine bestimmte Größe geschreddert werden und im optimalen Zustand nur aus einem Material bestehen. (vgl. CNCKitchen, 2018)

Nichtsdestotrotz darf nicht vergessen werden, nicht erzeugtes Plastik ist die beste Methode um Plastikabfälle zu vermeiden. In einer kapitalistischen Gesellschaft, die den Neukauf von Material attraktiver macht als das Recyclen von Altmaterial, werden alleine durch das Mindset nachhaltigem Drucken Steine in den Weg gelegt, obwohl am Ende des Tages dieses günstiger kommen würde als der Kauf neuen Materials. Während des Prozesses des 3D Druckes fällt allein durch gedrucktes Stützmaterial zahlreiches Recyclingmaterial ab. Auch wenn die Entscheidung geschieht, dass gedruckte Material mit einem weiteren Material wie zum Beispiel Latex zu ummanteln, könnten zumindest Stützmaterial und Testdrucke ein zweites Leben im 3D Drucker bekommen.

3D Druck ist mit PLA – FDM/FFF, Harzen - SLA, Metallen in Pulverform und vielen weiteren Materialien möglich. Für die Kombination mit Stop Motion Animation wird von Kunstschaffenden viel auf FDM/FFF und SLA gesetzt. Diese zwei Arten von 3D Druckern sind auch österreichweit in den meisten FabLabs zu finden. SLA ermöglicht klare Details, aber birgt die Gefahr, dass giftige Abfallprodukte im Prozess entstehen, die gesondert eliminiert werden müssen, während FDM/FFF durch das schichtweise Auftragen von Material durch eine Düse eine bestimmte Oberflächenstruktur mit sich bringen. Die Oberfläche kann im Nachhinein noch abgeschliffen werden oder es besteht die Möglichkeit, dass mit kleiner Düse und großem Maßstab gedruckt wird. Dies führt dann zu dem Nachteil, dass auch die anderen Teile der Stop Motion Animation in diesem Maßstab angefertigt werden müssen und so mehr Material zu Verwendung kommt. Es können auch diverse Probleme wie das Verformen von gedrucktem Material entstehen, die sich gerne in weiteren Höhen entwickeln, da das Objekt weiter vom Hitzebett entfernt ist. Ein 3D Drucker Gehäuse kann bei der gleichförmigen Verteilung der Temperatur helfen. Vieles das zu beachten ist bezieht sich auf technische Faktoren. Materialtechnisch ist der 3D Druck in Kombination mit Stop Motion Animation eine breite Spielwiese, die jedoch viel Geduld erfordert, da es zu langen Druckzeiten kommen kann. Neben der Erstellung der Puppen und der Postproduction sind die Druckzeiten ein Faktor, welcher

am weitesten mitgetragen wird. Wenn wie für „Chase me“ 2500 Einzelstücke gedruckt werden ist das eine Menge Druckzeit(vgl. Deschaut, 2015). Das Animieren dieser Teile dauert genauso viel Zeit, aber da im Stop Motion Puppentrick die Faustregel gilt, dass zwei Drittel aller Zeit für die Erschaffung von Kulissen und Puppen verwendet werden, wäre dies keine allzu große Umgewöhnung. Die Zeit würde nur in andere Sphären geleitet werden, statt selbst Miniperücken zu kleben wäre es möglich Frisuren zu drucken.

Animationsbranche

Anfang der 90er stand im Raum, dass 3D Animation als Technik die Puppenanimation ersetzt, da dies auch in der generellen Entwicklung des Marktes zu sehen war.

Spezialeffekte wurden in den Jahren davor an Computer ausgelagert und so wurde es von vielen für den Puppenfilm prophezeit. Doch jenseits dieser Prophezeiungen produzierte Disney den Featurefilm „*Nightmare before Christmas*“ (1993). Ein Haufen passionierter Stop Motion Animator*innen kam zusammen und gab im Glauben, dies als einmalige Chance zu bekommen, mit einem Produktionszeitraum von 3 Jahren, ihr Bestes und ihr Engagement war mit Erfolg gekrönt. (vgl. Priebe, 2011, S. 39) Die Geschichte der 3D Animation geht selbstverständlich ebenso weiter in die Vergangenheit und auch die Anleihen aus dem Experimentalfilm und der Forschung sollen nicht unerwähnt bleiben, die in den ersten Kapiteln angerissen wurden, doch die Stop Motion Animation erlebte eine Wandlung in den letzten Jahren. Diese wurde ihr davor nicht zugetraut. Gerade durch die Kombination aus der 3D Animation und wandelten sich die Produktionsprozesse.

Es geht sogar so weit, dass sich eine Steigerung verzeichnen ließ. „...by 2012 there were more stop motion films in production than there had been in the 1950s.“ (Sito, 2013, S. 268) 2021 waren mehr Stop Motion Filme in Produktion als in den 1950ern. Das Umfeld des Stop Motion Films hat sich durch technische Erneuerungen entwickelt. Das Interesse an dieser Technik ist in den letzten Jahren nicht abgerissen und es werden weiterhin Filme produziert die im Zwischenraum von Stop Motion, 3D Druck und 3D Animation bestehen. Sie werden produziert und genutzt für Werbespots, Kurzfilme und Kinofilme und auch als diverse digitale Hybriden wie Stop Motion Games, „Vokabulantis“ (vgl. Ravn, 2021).

Stop Motion Animation wurde also zu Beginn der 90er als sterbende Technik gesehen bis Henry Selick durch „Nightmare before Christmas“ (1993) ein Erfolg gelang. Das prophezeite Ende der Stop Motion Animation war noch nicht da. In künstlerischen Kreisen ohnehin nicht, aber auch in der Industrie wurde die Technik noch nicht zu Grabe getragen, um der neuen mit Computer erzeugten 3D Animation Platz zu machen. Pixar gelang mit dem 3D Animationsfilm „Toy Story“ (1995) ein Riesenerfolg, doch aufgrund der noch technischen Begrenzungen wurde sich für Spielzeuge als Hauptcharaktere entschieden, da aufwendigere Oberflächenstrukturen Computer an die Grenzen ihrer Rechenkapazitäten trieben. Dieser Umstand ist heutzutage anders und immer aufwendigere Produktionen sind möglich, aber mit ihnen auch scheinbare Experimente.

Mit „Arcane“ (2021) veröffentlichte Netflix eine 3D Animation, deren Oberflächenstrukturen zum großen Teil aus gezeichneten Texturen bestehen. Auf der anderen Seite experimentiert Studio Laika Inc. mit der Kombination aus 3D Druck, Stop Motion Animation und 3D Animation, sowie Aardman Animation das auch Teile ihrer Knetmassepuppen im 3D Drucker produziert. Auch die österreichische Werbeagentur Salone Alpine hat mit einem Werbespot die Kombination der Techniken ausprobiert. Das in Montreal ansässige Studio See Creature Animation hat auch 2018 einen Film über Baba Yaga in der 3D Druck Technik produziert (vgl. Thu, 2018). DBLG, ein Designstudio aus London, veröffentlichte eine Kurzanimation eines Bären der eine Treppe hochsteigt mit dem Zusatz, dass es spannender ist einfache 3D Geometrie auszudrucken und als Stop Motion Animation in Szene zu setzen, als die 3D Animation an sich (vgl. Jobson, 2014).

Das Spannungsfeld zwischen 3D Animation und Stop Motion Animation veranschaulicht das Interesse vieler verschiedener Studios, Kunstschaffenden und Hobbyisten. Vieles an dieser Spannung kommt gerade durch die gedruckten Strukturen der FFF/FDMA Technik zustande im selben Zuge wie die 3D Animation „Arcane“ mit seinen gezeichneten Texturen. So wie die sichtbare Materialität der 3D Animation die Serie spannender macht ist dies auch mit der einfachen ausgedruckten Animation der Fall. Der Charme von Materialität und der Kombination von Technologien ist auch den FabLabs inne. Ein Hackerlab in Italien „The Rabbit Hole“ hat genauso herumexperimentiert. Die ersten Schritte des 3D Druckes sind ein Lernprozess, aber dieser treibt Forschungsinteresse nur weiter voran. Es ist ein gewisses Grundinteresse in Bezug auf Stop Motion Animation und

3D Druck zu erkennen. Die Kombination dieser zwei Techniken bringt Vorteile für Projekte industrieller, künstlerischer und von privater Natur.

3D Druck half der tschechischen Produktionsfirma Fresh Films beim Design und Produktionsprozess. Einige Puppen wurden in anderen Ländern produziert und es war wichtig für die Designer*innen und Produzent*innen ein dreidimensionales Modell in ihren Händen zu halten. Der Gebrauch von 3D Modellen ermöglichte schnelle Verbesserungen der Designs und der Größenanpassung. (vgl. Prusa, 2021) Die Technik des 3D Druckers vereinfachte demzufolge die Produktion der Puppen und ermöglichte es, dass mit weit entfernten Leuten verständlich über dasselbe Objekt kommuniziert werden konnte. Künstler*Innen wie Ryan Uzilevsky, nutzen 3D Druck für Vorvisualisierungen. Er ist ein Lichtkünstler, der vor einer Lichtinstallation das Gebäude scannt und in 3D ausdruckt, um Inspiration zu bekommen, was mit den Formen möglich wird. (vgl. CBS Sunday Morning, 2022) Die Prävisualisierung wird durch die reale Form unterstützt, ganz wie es Fresh Films mit seinem Stop Motion Film praktizierte.

2020 bei der digitalen Version der View Konferenz war Eloi Champagne zu Gast. Er stellte in einem seiner Talks die Möglichkeiten von Virtual Reality vor. Ein Talk befand sich in einem 3D gescannten Stop Motion Set, in dem über die geplante Animation in diesem Set geredet wurde, direkt neben einer digitalen Kopie dieses Sets. Er nannte diesen Prozess Social VR und sprach mit dem Wort einen Trend von Treffen in der Virtual Reality an. Wenn diese zwei Ideen kombiniert werden von der gedruckten Realität an verschiedenen Orten samt der virtuellen Kopie von Sets im VR Raum ermöglicht dies eine weltweite Vernetzung von Stop Motion Animation. (vgl. Champagne, 2019) Die Modelle sind zum einen greifbar und zum anderen ist ein Foto eines Stop Motion Sets nicht mehr ein reines Foto, sondern wie das echte Set ein Raum zum Durchschreiten. Die fehlende Präsenz vor Ort ist kein Hindernis für Zusammenarbeit. Arbeitsprozesse können dadurch optimiert werden und ein weltweites vernetztes Denken steht als reale Möglichkeit offen. Der Austausch ist nicht auf einen physikalischen Ort begrenzt und durch gute Planung werden neue Arten der Kooperation in greifbare Nähe gerückt. Durch diesen Prozess öffnen sich jedoch neue Problemfelder wie die Dringlichkeit einer stabilen Internetverbindung oder das schwere Einschätzen der Aufmerksamkeit von digitalen Avataren im Vergleich zu echten Menschen wegen der fehlenden Mimik.

Fresh Films erwähnt auch die anderen Bereiche in denen sich 3D Druck als große Hilfe erwiesen hat, den Konstruktionen unter der Oberfläche, also dem Skelett der Stop Motion Puppen und den Requisiten in Szenen, den Props. (vgl. Prusa, 2021) Die Vervielfältigung von Objekten und den mechanischen Grundskeletten als exakte Kopien ermöglicht es zeitgleich auf identischen Sets an denselben Szenen zu arbeiten. Die Kopie an sich wird ein Hilfsmittel, das vieles erleichtert. Der Kostenfaktor von Stop Motion Animation im Vergleich zur 3D Animation bleibt bestehen, aber dafür ist die Handhabung intuitiver und nicht vom ständig wachsenden technischen Verständnis des digitalen 3D Raumes und seiner Programme abhängig. Wenn die Originalfiles einmal erschaffen wurden, können sie unendlich oft ausgedruckt werden am 3D Drucker, aber die unterschiedlichen Kombinationsmöglichkeiten obliegen ganz den Animator*innen selbst.

Im persönlichen Gespräch mit den Machern des Werbespots Magic of Craft, die Werbeagentur Salone Alpine aus Wien, wurde die Aufwändigkeit der Technik betont und dass ohne Montblanc, den Auftraggeber*innen, der Werbespot in der Hybridtechnik aus Stop Motion und 3D Druck nie das Licht der Welt erblickt hätte. Zum einen dem Umstand geschuldet, dass es sich hierbei um eine Auftragsarbeit handelt und dadurch die Produktion unter anderen Bedingungen stand als ein Kunst- oder Privatprojekt, zum anderen aber eben genau dieser Aufwändigkeit von Stop Motion Animation zu verdanken. Ein jeder Frame wird einzeln fotografiert. Auch wenn der 3D Druck manche Preproduktionschritte verändert hat und ein wiederholtes einfaches Drucken einer Kopie die Reproduzierbarkeit auf ein anderes Niveau hebt, wurden die gedruckten Objekte noch nachbehandelt, bemalt, geschliffen. Ein Gesundheitsrisiko bestand des Weiteren durch das Material der Druckobjekte, die durch längere Zeit unter dem Scheinwerferlicht Dämpfe ausstießen. Dies ist je nach benutztem Trägermaterial, wie in dieser Arbeit erläutert, eine reale Gefahr. Unbedenklichere Stoffe weisen nicht dieselbe Widerstandsfähigkeit aus, doch sind sie eine Option. Insbesondere in Anbetracht des Umweltgedanken sind die Kunststoffe ebenso nicht die beste Wahl, aber im Gegensatz zu den Harzen ohne die offensichtliche Art der Ausdünstungen verbunden.

„...any technology gradually creates a totally new human environment. Environments are not passive wrappings but active processes.“ (Luhan, 2013, S. 82) Marshall Mc Luhan geht in seiner Einleitung zu Understanding Media noch einmal auf sein Buch „The Medium is

the message“ ein und klarifiziert seinen Gedankenprozess dadurch, dass Technologien neue menschliche Umgebungen erschaffen, die aber keine passiven Umhüllungen sind, sondern aktive Prozesse. So ist auch der 3D Drucker eine Technologie, die unsere Welt prägen und wandeln wird, aber nicht als passives Objekt, sondern viel mehr als aktiver Prozess wo durch die Erleichterung der Technik, ihren Fehlern und ihren Gegebenheiten eine Gesellschaft geformt wird. Nicht diese Gegebenheiten sind das ausschlagende Argument, sondern aktive Prozesse von Menschen, die diese formen. Menschen werden sich an den 3D Drucker anpassen und an ihre eigenen sowie die Grenzen der Technik stoßen, aber auch die Technologie erweitern und verbessern. Einen Stop Motion Film mit 3D Drucker zu produzieren benötigt Zeit, manche Dinge erleichtert er und manche erschwert er, doch wir als Menschen werden uns über ihn hinausentwickeln, solange wir nie aus den Augen verlieren, dass wir das Werkzeug benutzen, aber das Werkzeug nicht uns.

Schlussteil

Stop Motion Animation hat sich über die Jahre entwickelt. Ihre Anfänge waren rein handwerklicher Natur, doch durch den Einsatz von Technik hat sich dies verändert. Nicht nur Technik hat die Stop Motion Animation verändert, sondern auch die Möglichkeiten der Kooperationen im Prozess. Es ist möglich durch die einfache Digitalisierung handwerklicher Prozesse, sei dies der 3D Scan, der 3D Druck oder gar das gescannte Set in der Virtual Reality auf eine völlig neue Art an dieses Handwerk heranzugehen. Die Möglichkeit sich Zeit zu sparen und auf das wirklich Wichtige zu konzentrieren rückt in den Mittelpunkt. Kommunikation über Objekte bietet die Chance klarer zu werden durch die Betrachtung der ausgedruckten Prototypen in frühen Produktionsstadien. Stop Motion Animation aus dem 3D Drucker streift die 3D Animation und ist eine hybride Form der Animation, die ein Vielfaches an Möglichkeiten erschafft. Wenn Stop Motion Puppen Prototypen durch Photogrammetrie 3D-gescannt werden, digital verändert, kann durch die Kombination aus digital und analog weitläufig agiert werden. Makerspaces, private Communities, Universitäten oder Schulen als Anlaufstelle für die Veränderungen des digitalen Prozesses, aber auch weitläufige Kooperationen mit anderen Orten ermöglichen eine Vernetzung.

Der 3D Druck hat die Stop Motion Animation verändert, aber zu großen Teilen zum Besseren. Neue Materialien fanden Anschluss und auch das Interesse von vielen Studios, Privatpersonen und Forschungseinrichtungen an den Techniken besteht. 3D Druck wird vielseitig in der ganzen Industrie eingesetzt und hat wie die 3D Animation unser Leben vereinfacht. Stop Motion Animation ist per se nicht mehr die innovativste Technik, doch durch die Kombination mit den anderen hat sie einen Schritt in die Zukunft getan. Die Aspekte, die diesem Thema am meisten eingeschrieben sind, sind mögliche Kooperation über weite Distanzen und Technikverständnis im Zwischenfeld zwischen handwerklichen Fähigkeiten und digitalen Erneuerungen. Die Digitalität ist längst Teil unserer heutigen Zeit und mit neuen Entwicklungen hält vielleicht in der Zukunft das Taktile Einzug in eine digitale Welt. Bis es soweit ist und Virtual Reality weniger klobig in seiner Handhabung wird, kann uns das Taktile in seiner jetzigen Form noch begleiten. Für Animation bedeutet dies, dass Stop Motion Animation auf keinen Fall ausgedient hat.

Möglicherweise vermischt sie sich noch mit weiteren technischen Erneuerungen, die erst kommen mögen, doch allein ihren taktilen Grundeigenschaften verdankt sie eine intuitive Handhabung. Kinder können einfach drauf loslegen und eine Stop Motion Animation erstellen, dank der weiten Verbreitung von Geräten mit Kameras und zugehörigen Apps ist dies um ein Vielfaches leichter geworden. Ob Pixilation, Objektanimation oder Puppentrick, Stop Motion Animation bleibt uns noch lange erhalten und wächst in seiner künstlerischen Ausdruckskraft an sich selbst.

3D Druck hat eine neue Tür zu dieser Animationsart geöffnet und durch die Individualisierungsmöglichkeiten eine völlig neue Box an künstlerischen Ausdrücken hervorgebracht. Natürlich lässt dies nicht den Aspekt der Umweltverträglichkeit des Druckvorgangs außer Acht. Hier ist noch einiges zu tun. Verschiedene ökologische Materialien sind zwar vorhanden, doch es muss auch das Bewusstsein vorangehen diese zu benutzen. Resin hat seine Vorteile. Im Druckprozess sind glattere schöne Modelle möglich, doch die Frage nach der Einmalverwendung und der Schädlichkeit eines Produktes stellt sich nicht nur bei Plastik. Des Weiteren bietet der Druck mit Resin sowie mit PLA verschiedene Fehlerquellen und führt somit zu mehr Abfall. Bei PLA gibt es in der Makerszene schon verschiedene Geräte, um die fehlgeschlagenen Drucke wieder zu verwerten, und kompostierbare Materialien. Eine Kreislaufwirtschaft wird für unser

ganzer Leben in Zukunft unabdingbar. Die 3D gedruckte Stop Motion Animation ist von sich aus nicht umweltfreundlich, aber es gibt verschiedene Möglichkeiten, um dies mit einem bewussten Umgang voran zu treiben. Wir befinden uns diesbezüglich auf einem guten Weg und wie weit wir diesen Weg noch einschlagen können, zeigt nur die Zukunft.

Literaturverzeichnis

- #LivingCircular. (2.7.2019). In Rotterdam unsold fruit becomes fake leather. *#Living Circular*. Abgerufen 23.März.2022 von <https://www.livingcircular.veolia.com/en/inspirations/rotterdam-unsold-fruit-becomes-fake-leather>
- Alec. (9.3.2016). Extruder unveils new Green TEC 3D printer filament made from renewable and natural materials. *3ders*. Abgerufen am 26.Februar.2022 von <http://www.3ders.org//articles/20160309-extruder-unveils-new-green-tec-3d-printer-filament-made-from-renewable-and-natural-materials.html>
- Aranda, S. (2020). *3D Printing Failures*. Polen: Amazon Fulfillment.
- B., L. J. (3.10.2019). *BIOLIFE4D druckt zum ersten Mal ein menschliches Herz in den USA*. Abgerufen am 5.Mai.2022 von 3dNatives: <https://www.3dnatives.com/de/biolife4d-druckt-zum-ersten-mal-ein-menschliches-herz-in-den-usa-031020191/#!>
- Baier, A., Hansing, T., Müller, C., & Werner, K. (Eds.). (2016). *Die Welt repapieren - Open Source und Selbermachen als postkapitalistische Praxis*. Bielefeld: transcript Verlag.
- BBCCreative. (25.1.2022). How we made The Olympic Winter Games titles. Abgerufen am 22.Februar.2022 von <https://twitter.com/bbccreative/status/1485966370269499395?s=20&t=Z6sVgyDZfpBPT1z7t3RoEA>
- Bendazzi, G. (1994). *Cartoons*. London: John Libbey & Company Ltd.
- Botes, C. (Director). (2004). *The Making of 'The Lord of the Rings'* [Motion Picture]. Youtube. Abgerufen am 25.Januar.2022 von <https://www.youtube.com/watch?v=TAIKNVnyRpk>
- Cátedra Szmukler. (11.11.2021). "Creation" (Willis O'Brien, 1931) escenas rescatadas comentadas por Ray Harryhausen (sub. español). Youtube. Abgerufen am 8.Februar.2022 von <https://youtu.be/OoTzUtsjICA>

- Cavalier, S. (2011). *The World History of Animation*. Berkeley, Los Angeles: University of California Press.
- CBS Sunday Morning. (30.1.2022). Projection mapping: Art and technology illuminated. Youtube. Abgerufen am 9.Februar.2022 von <https://youtu.be/5oOAoKk6gww>
- Champagne, E. (2019). Eloi Champagne at VIEW 2020. *View Conference 2020*. Online. Abgerufen am 19.Oktober.2020 von <https://www.viewconference.it/>
- Claire Warnier, D. V. (2014). *Dinge Druckn, Wie 3D Druck das Design verändert*. Berlin: Gestalten.
- CNCKitchen. (10.11.2018). Recycle your failed 3D prints! Make new filament at home. Youtube. Abgerufen am 10.Februar.2022 von https://youtu.be/vqWwUx8l_lo
- Cornwell, A. (6.10.2021). Reuters. *Dubai Expo offers close-up of Michelangelo's David, but only from neck up*. Abgerufen am 22.Februar.2022 von <https://www.reuters.com/world/middle-east/dubai-expo-offers-close-up-michelangelos-david-only-neck-up-2021-10-06/>
- D., J. (7.10.2021). 3D Natives. *Top 10 Applications of 3D Printing in Art From 2021*. Abgerufen am 22.Februar.2022, from <https://www.3dnatives.com/en/top-10-3d-printing-art-141020174/>
- Davies, S. R. (2017). *Hackerspaces Making the Maker Movement*. Cambridge, Malden: Polity Press.
- Deschaud, G.-A. (Director). (2015). *Chase me* [Motion Picture]. Abgerufen am 26.Januar.2022 von <http://www.chasemefilm.com>
- Disney Family. (4.2.2011). Walt Disney Introduces the Multiplane Camera. Abgerufen am 13.Januar.2022 von <https://youtu.be/kN-eCBAOw60>
- Eldersch, T. (10.10.2021). Bayerischer Künstler setzt Merkel ein Denkmal: Kanzlerin aus dem 3D-Drucker. *Merkur*. Abgerufen am 22.Februar.2022 von <https://www.merkur.de/bayern/etsdorf-bayern-angela-merkel-statue-pferd-kuenstler-3d-drucker-beton-kanzlerin-kunst-zr-91041989.html>

- EUWID. (19.4.2018). China kündigt Importverbote für weitere Abfälle an. Abgerufen am 23.2.2022 von <https://www.euwid-recycling.de/news/international/einzelansicht/Artikel/china-kuendigt-importverbote-fuer-weitere-abfaelle-an.html>
- Extra, C. (21.1.2020). Como se hizo: Los Mundos de Coraline. Youtube. Abgerufen am 15.Januar.2022 von https://youtu.be/6AP9aC_5L4k
- FabWiki. (20.10.2012). *FabWiki*. Abgerufen am 15.Januar.2022 von Fab Charter: http://wiki.fablab.is/wiki/Fab_Charter
- Fastermann, P. (2016). *3D-Drucken*. Berlin, Heidelberg: Springer -Verlag.
- Flückinger, B. (2008). *Visual Effects*. Marburg: Schüren Verlag.
- Gartner, J. (10.10.2013). 3DDruck.com. Abgerufen am 11.Januar.2022 von <https://3druck.com/objects/filamaker-filament-maker-mit-integrierten-schredder-1912511/>
- Gupta, V., & Kuntal, G. (02.2018). *The History of Indian Animation (1921-1961) - Part 1*. Abgerufen am 1.Mai.2022 von World Wide Journals: https://worldwidejournals.com/global-journal-for-research-analysis-GJRA/recent_issues_pdf/2018/February/February_2018_1517837896_76.pdf
- Haufe Online Redaktion. (19.8.2021). Gefahr durch Epoxidharz wird unterschätzt. Abgerufen am 17.3.2022 von https://www.haufe.de/arbeitschutz/gesundheit-umwelt/vorsicht-gefahr-durch-epoxidharz-wird-unterschaetzt_94_301886.html
- Heilbronn, H. (16.5.2018). *UniTyLab* . Abgerufen am 25.Januar.2022 von EVELyn – Psychotherapie mit virtual Reality: <https://www.unitylab.de/services/evelyn-psychotherapie-mit-virtual-reality/>
- Hickethier, K. (2002). *Genretheorie und Genreanalyse* (Vol. Moderne Film Theorien). (G. Felix, Ed.) Mainz: Blender Verlag.
- Insider. (11.06.2020). Why 'The Mandalorian' Uses Virtual Sets Over Green Screen | Movie Insider. Youtube. Abgerufen am 16.Januar.2022 von <https://youtu.be/Ufp8weYYDE8>

- Isabell I. (11.5.2021). PLA vs PETG: Ein Vergleich der beiden Materialien. *3Dnatives*.
Abgerufen am 26.Februar.2022 von <https://www.3dnatives.com/de/pla-vs-petg-ein-vergleich-der-beiden-materialien/#!>
- Jobson, C. (14.4.2014). Bears on Stairs: A Stop Motion-Animation Created from 3D-Printed Frames. *Colossal*. Abgerufen am 27.Januar.2022 von <https://www.thisiscolossal.com/2014/04/bears-on-stairs-dblg/>
- Jordan, J. (2018). *3D Printing*. United States of America: The Massachusetts Institute of Technology.
- Kneuer, M. (13.4.2017). *Makerszene*. Abgerufen am 10.Januar.2022 von <http://www.makerszene.at>
- Koyama-Richard, B. (2010). *Japanese Animation*. Paris: Flammarion.
- L., A.-K. (19.8.2021). Wie nachhaltig ist PLA Filament wirklich? *3dNatives*. Abgerufen am 23.Februar.2022 von <https://www.3dnatives.com/de/feature-story-3d-druck-material-pla-nachhaltig-230720191/#!>
- Lars Zimmermann, O. I. (2022). *Open Source Hardware Association*. Retrieved 01 10, 2022, from <https://www.oshwa.org/definition/german/>
- Lipson, H., & Kurman, M. (2014). *Die neue Welt des 3D-Drucks*. Weinheim: Wiley-Vch Verlag & Co. KGaA.
- Lord, P., & Sibley, B. (2010). *Cracking Animation*. New York: Thames & Hudson.
- Luhan, M. M. (2013). *Understanding Media: The Extensions of Man*. Gingko Press.
- Manovich, L. (2002). *The Language of New Media*. United States of America: Massachusetts Institute of Technology.
- Melki, H., Montgomery, I., & Maguire, G. (13.9.2020). *Beauty and The Beast: A Dynamic Relationship Between 3D animation and Adaption to Change*. Abgerufen am 9.Februar.2022 von Animation Studies: <https://journal.animationstudies.org/henry-melki-ian-montgomery-greg-maguire->

beauty-and-the-beast-a-dynamic-relationship-between-3d-animation-and-adaption-to-change/

Monaco, J. (2008). *Film verstehen*. Reinbeck bei Hamburg: Rowolt Taschenbuch Verlag.

Navarro, J. G. (2.9.2021). Animation market size worldwide 2017-2020 . Abgerufen am 26.Januar.2022 von <https://www.statista.com/statistics/817601/worldwide-animation-market-size/>

Neuhaus, S. (2016). *Film.Bild.Wirklichkeit*. (T. Metten, & M. Meyer, Eds.) Köln: Herbert von Halem Verlag.

Neupert, R. (2011). *French Animation History*. West Sussex,Oxford: Wiley-Backwell.

Oxman, N. (n.d.). *Neri Oxman*. Abgerufen am 22.Februar.2022 von Projects: <https://oxman.com/#projects>

Pala, G. (2020). *Design as Allegory*. doi:10.1515/9783035622164-049.

Pala, G. (1.10.2020). *GiacomoPala*. Abgerufen am 22.Februar.2022 von Hypnerotomachia Naturae: <https://www.giacomopala.com/hypnerotomachianaturae>

PlasticsToday. (25.9.2008). Additives boosts strength, processability of PLA. Abgerufen am 23.Februar.2022 von <https://www.plasticstoday.com/additives-boosts-strength-processability-pla>

Portney, K. E. (2015). *Sustainability*. United States of America: Massachusetts Institute of Technology.

Priebe, K. A. (2011). *The advanced art of Stop Motion*. Boston: Course Technology.

Prusa, J. (18.10.2021). 3D printing stop-motion puppets for an animated feature film Even Mice Belong in Heaven. Youtube Abgerufen am 13.Januar.2022 von <https://youtu.be/wE2KX-0SNIA>

Ravn, E. K. (27.3.2021). Stop Motion Video Game Unlike Anything You've Seen Before - Vokabulantis. Youtube. Abgerufen am 27.Januar.2022 von <https://youtu.be/1ry67uHZSS0>

Richardson, M. (2006). *Surrealism and cinema*. Oxford, New York: BERG.

- Richter, S. (2008). *Digitaler Realismus*. Bielefeld: transcript Verlag.
- SaloneAlpin. (8.11.2016). Montblanc Making Of "The Magic of Craft" 2016. Vimeo.
Abgerufen am 22.Februar.2022 von <https://vimeo.com/190707674>
- Seymour, M. (13.2.2008). *fx guide*. Abgerufen am 16.Januar.2022 von Eyes are the Window to Madame Tutli Putli:
https://www.fxguide.com/featured/eyes_are_the_window_to_madame_tutli_putli/
- Sito, T. (2013). *Moving Innovation - A History of Computer Animation*. Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press.
- Sommer, W., Schlenker, A., & Lange-Schönbeck, C.-D. (2018). *Faszination 3D Druck*. Burgthann: Markt + Technik Verlag GmbH.
- Spielhofen, M. (n.d.). *Umweltbildung.de*. Abgerufen am 16.Januar.2022 von Aktionsportraits Fablabs: https://www.umweltbildung.de/fileadmin/inhalte-projekte/Transformation_von_unten/Aktionsportraits_FabLabs.pdf?PHPSESSID=c4bfa623d10db3e9c15d483a8e43395d
- Stratasys Ltd. (17.3.2019). The New Face(s) of LAIKA. USA. Abgerufen am 9.März.2022 von https://www.stratasys.com/contentassets/4b44c16668e745e384cfe492092ccab7/cs_pj_en_laika_1218a.pdf?v=48faf6
- Thu, c. o. (11.1.2018). Bone Mother: Non-Stop 3D Printing for Stop-Motion Animation. *Lulzbot*. Abgerufen am 16.Januar.2022 von <https://www.lulzbot.com/learn/case-studies/bone-mother-non-stop-3d-printing-stop-motion-animation>
- Traldi, L. (18.4.2013). Neri Oxman, MIT: «3D print materials that imitate nature». *design@large*. Abgerufen am 22.Februar.2022 von <https://www.designatlarge.it/neri-oxman-mit-3d-printing-materials/?lang=en>
- vgl. *Sculpteo*. (11.4.2018). Abgerufen am 24.Januar.2022 von <https://www.sculpteo.com/blog/de/2018/04/11/die-geschichte-des-3d-drucks/>
- Wells, P. (1998). *Understanding Animation*. New York.

Zelder, H. (14.3.2021). Lidar geil. *Spiegel Netzwelt*. Abgerufen am 10.Februar.2022 von <https://www.spiegel.de/netzwelt/apps/lidar-praktische-programme-fuer-apples-neuen-3d-scanner-a-8a22dadb-b9b5-4596-814c-3194d4ffdf4>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Drahtgitterstruktur in einem 3D Programm	8
Abbildung 2 Skelett, sichtbare Knochen – Bones http://www.downloads.redway3d.com/downloads/public/documentation/wf_SkeletalAnimation01.jpg	9
Abbildung 3 Texturieren und Weight Painting.....	10
Abbildung 4 – Performance Capturing, https://www.youtube.com/watch?v=w_Z7YUyCEGE , Aufruf 7.7.2019, 1:14min.....	11
Abbildung 5 – David OReilly, External World, 17:00, https://vimeo.com/19723116 , Aufruf 7.7.2019, 12:38.....	15
Abbildung 6 – Viking Eggeling, Symphonie Diagonale, https://www.youtube.com/watch?v=KpCl67GMe7o	17
Abbildung 7 Hypnerotomachia Naturael, Fotos von Bart Lootsma - https://www.giacomopala.com/hypnerotomachianaturae	38
Abbildung 8 – Kubo and the two Strings.....	42
Abbildung 9 - Rabbit and Deer (Nyuszi és Óz), 14:24 https://vimeo.com/52744406	44
Abbildung 10 - Madame Tutle Putli, 3:48 https://youtu.be/GGyLP6R4HTE	45
Abbildung 11 Mademoiselle Kiki et le Montpanos,2019,14:29 https://youtu.be/puGrUFeA51o	46
Abbildung 12 Replacement Animation	58
Abbildung 13 Skelette	58
Abbildung 14 Puppen für Vanishing, Hautüberzug.....	60
Abbildung 15 Modibot und Ankly Robot.....	62
Abbildung 16 CR Studio – Software für einen Budget 3D Scanner	65
Abbildung 17 texturierter Teddybär in blender	67

Abbildung 18 PrusaSlicer Druckvorschau.....	68
Abbildung 19 Replacement Animation mit Pinguinen	69
Abbildung 20 PrusaSlicer.....	71
Abbildung 21 CrealitySlicer	71
Abbildung 22 Benchy.....	72
Abbildung 23 erweitertes Menü in Creality Slicer	73
Abbildung 24 Extruder Aufbau https://docplayer.org/108158836-Instandsetzung-eines-extruders-bei-einem-3d-drucker.html	78
Abbildung 25 TPU BENCHY mit Bowden Extruder und Retraction	79
Abbildung 26 Aufbau des Druckers https://www.stayathome.ch/3d-drucker.htm	80
Abbildung 27 gedruckte Kopfarmaturen aus ASA für Temperaturtests, ähnliches Material wie ABS.....	82
Abbildung 28 Armatur von Bruno Cruz und Bend-D's https://cults3d.com/de/modell-3d/gadget/stopmotion-armature-15cm-basic-model_v01 https://www.stopmotionstore.com/index.php?main_page=index&cPath=25_55	83
Abbildung 29 Modifizierter Modibot mit aufsteckbaren Vorder- und Hinterkopf und einfacherer Test Armatur	84
Abbildung 30 Filament im HappyLab Salzburg	87
Abbildung 31 FDM Prusa Drucker	88
Abbildung 32 Modibot misslungene Teile und halbfertiger Modibot	89
Abbildung 33 ein Ender 3D Drucker - https://www.creality3dofficial.com/files/goods/20210917/Ender-3PRO.jpg	90



CC BY-NC-ND 4.0 International
Namensnennung - Nicht-kommerziell - Keine Bearbeitung 4.0 International