



3D-Motion-Design als Kommunikationsmittel für komplexe und abstrakte Sachverhalte

Studiengang Medieninformatik

Bachelorarbeit

vorgelegt von

Sophia Isabelle Friedrich

geb. in Bad Homburg v.d.H

durchgeführt im Unternehmen
LIEBCHEN+LIEBCHEN Kommunikation GmbH, Frankfurt am Main

Referent der Arbeit: Prof. Dr. Cornelius Malerczyk
Korreferent der Arbeit: Hans Christian Arlt, M. Sc.
Betreuer bei L+L: Vincent Master

Friedberg, 2022

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle die Gelegenheit nutzen, mich ganz herzlich bei allen Menschen zu bedanken, die mich unterstützt und auf dem Weg zur Bachelorarbeit begleitet haben. Mein besonderer Dank gilt zunächst Prof. Dr. Cornelius Malerczyk und Hans Christian Arlt, die mich während der gesamten Arbeit betreut und durch konstruktives Feedback unterstützt haben. Sie brachten mir im Verlauf des Studiums die Welt der 3D-Computergrafik nahe und weckten so mein großes Interesse dafür. In diesem Zuge möchte ich mich auch bei Mayra Fahrer bedanken, durch deren Wahlpflichtmodul ich die Leidenschaft für Motion Design entdecken konnte. Weiterer Dank gilt Liebchen+Liebchen und meinem Betreuer Vincent Master für die Unterstützung während der Arbeit.

Des Weiteren möchte ich mich bei meiner Familie und meiner Partnerin für die Unterstützung während des Studiums bedanken, dass sie mich stetig motiviert und mir emotionalen Rückhalt gegeben haben. Hier gilt auch ein besonderer Dank meiner Mutter, die sich die Zeit genommen hat, diese Arbeit ausführlich Korrektur zu lesen. Zusätzlich möchte ich mich bei meinen Freunden Rebecca Matz, Sandra Trautmann, Paul Wolf und Tim Zimmerman bedanken, die immer für mich da waren und mich bestmöglich unterstützt haben. Zu guter Letzt gilt auch ein großer Dank an die Teilnehmerinnen und Teilnehmern meiner Befragung für die investierte Arbeit und Zeit.

Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre, dass ich die eingereichte Bachelorarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Friedberg, Juni 2022

Sophia Isabelle Friedrich

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	i
Selbstständigkeitserklärung	iii
Inhaltsverzeichnis	v
Abbildungsverzeichnis	ix
Tabellenverzeichnis	x
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Problemstellung und Zielsetzung	3
1.3 Organisation der Arbeit	5
1.4 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	6
2 Grundlagen	9
2.1 Motion Design	9
2.1.1 Begriffsdefinition	9
2.1.2 Anwendungsgebiete	11
2.1.3 Prinzipien und Techniken	13
2.1.4 Zusammenfassung	20
2.2 Wissensvermittlung	21
2.2.1 Wie funktioniert Lernen?	21
2.2.2 Visuelle Kommunikation	22
2.2.3 Zusammenfassung	26
3 Stand der Technik	27
3.1 Wissensvermittlung im Informationszeitalter	27
3.2 Techniken zur Vermittlung wissenschaftlicher Sachverhalte	29
3.3 Verwendung von Motion Design im wissenschaftlichen Kontext	37
3.4 Zusammenfassung	40
4 Wissenschaft und Animation im historischen Kontext	41

4.1	Lehrfilme und klassische Animationstechniken	41
4.2	Animationen der Mikro- und Molekularbiologie	45
4.3	Zusammenfassung	49
5	Analysen und Planung der Prototypen	51
5.1	Zwischenstand	51
5.2	Zielsetzung und Hypothesen	52
5.3	Analysen zur Identifikation der Grundtechniken	54
5.3.1	Analyse - The Inner Life of the Cell	54
5.3.2	Analyse - Cell-to-Cell Communication: Osseointegration	56
5.3.3	Zusammenfassung	57
5.4	Konzeptplanung zur Überprüfung der Wissensvermittlung	57
5.4.1	Analyse bestehender Animationen	58
5.4.2	Anforderungen und Planung der Motion-Design-Animation	60
	Zielgruppe	60
	Art der Wissensvermittlung	60
	Wissenschaftliche Akkuratessse und Design	61
5.4.3	Erstellung des Fachtexts	62
5.4.4	Storyboard	64
5.5	Zusammenfassung	67
6	Umsetzung der Prototypen	69
6.1	Überprüfung der ersten und zweiten Hypothese	69
6.1.1	Vorbereitung und Einstellungen	69
6.1.2	Grundtechnik 1	70
	MASH-Netzwerk	70
	Key-Framing-Technik	72
6.1.3	Grundtechnik 2	72
	MASH-Netzwerk	72
	Key-Framing-Technik	73
6.1.4	Grundtechnik 3	73
	MASH-Netzwerk	74
	Key-Framing-Technik	75
6.1.5	Grundtechnik 4	75
	MASH-Netzwerk	76
	Key-Framing-Technik	76
6.1.6	Grundtechnik 5	77
	MASH-Netzwerk	77
	Key-Framing-Technik	78
6.1.7	Zusammenfassung	78
6.2	Überprüfung der dritten Hypothese	78
6.2.1	Vorbereitung	79
6.2.2	Aufbau der Szenen	79
6.2.3	Animationen	81

6.2.4 Zusammenfassung	82
7 Ergebnisse	85
7.1 Evaluation der Grundtechniken	85
7.1.1 Arbeitsaufwand	85
7.1.2 Qualität	87
7.1.3 Komplexität der Prozesse	89
7.2 Auswertung des Erklärvideos	90
7.3 Zusammenfassung	91
8 Zusammenfassung und Ausblick	93
8.1 Zusammenfassung	93
8.2 Ausblick	95
Literaturverzeichnis	97

Abbildungsverzeichnis

1.1	Beispiel für Motion Design	4
2.1	Werbespot für einen Sportschuh der Firma Adidas	10
2.2	Ausschnitt des Vorspanns der Serie „The Girl In The Woods“	10
2.3	Screenshot aus einem Erklärvideo zur Auswirkung von Covid-19	10
2.4	Titelsequenz des Films „Psycho“	11
2.5	Titelsequenz des Films „Die Monster AG“	11
2.6	Visualisierung der Mechanik eines Swatch Systems	12
2.7	Visualisierung einer Funktion des iPhone SE	12
2.8	Intro der ZDF heute-show	13
2.9	Erklärvideo Blutkrankheiten	13
2.10	Erklärvideo mit Charakteren	13
2.11	Ausschnitt aus einem Musikvideo	14
2.12	Interaktive Wand-Installation	14
2.13	MASH Audio-Node	18
2.14	Balance-Beispiel	24
2.15	Harmonie-Beispiel	24
2.16	Beziehungen-Beispiel	25
2.17	Kontrast-Beispiel	25
2.18	Wiederholung-Beispiel	25
2.19	Raum-Beispiel	25
3.1	Visualisierung von Osseointegration	31
3.2	Visualisierung von Entzündungsreaktionen	31
3.3	Animationsvideo zur medizinischen Notfallversorgung	32
3.4	Sirtuin Protein	34
3.5	Sirtuin Protein Struktur	34
3.6	Molekül in mMaya	34
3.7	Animation per Motion-Path	35
3.8	Animation durch verformen mittels des Lattice deformer	35
3.9	Sea of Cells - Zelle	36
3.10	Sea of Cells - Innere Ansicht einer Zelle	36
4.1	Zeichentrickfilm „Les deux méthodes“	44

4.2	Aufklärungsfilm „Feind im Blut“	44
4.3	Steuerraum des Whirlwind Computers	46
4.4	Sketchpad System	46
	48figure.caption.35	
	55figure.caption.36	
	56figure.caption.37	
5.3	Collage aus „Es war einmal . . . das Leben“	58
5.4	Farbliche Kodierung der Aufgaben des Immunsystems	59
5.5	Einfache Formen zur Visualisierung des Immunsystems	59
5.6	Aktivierung einer T-Zelle	60
5.7	Storyboard Szenen 1 und 2	64
5.8	Storyboard Szenen 3 und 4	65
5.9	Storyboard Szenen 5 und 6	66
5.10	Storyboard Szenen 7 und 8	66
5.11	Storyboard Szenen 9 und 10	67
6.1	Kombination des Curve- und Distribute-Nodes	71
6.2	Übersicht Tunnel mit Blutplättchen	71
6.3	Protein-Struktur aus einzelnen Teilchen	73
6.4	Darstellung durch „Bounding-Boxen in MASH	75
6.5	Crater-Textur für den Color-Node	75
6.6	Wurzel-Strukturen und Bakterien	76
6.7	Transformierte Kugelobjekte	78
6.8	Collage der Grundtechniken	79
6.9	Darstellung eines Adenovirus	80
6.10	3D-Modell eines Virus	80
6.11	Collage der Szenen	81
6.12	Collage der Szenen des Animationsvideos	82
7.1	Collage der Grundtechniken	87
7.2	Schematischer Ablauf der Nodes	89
7.3	Umfragengrafik Video	91
7.4	Umfragengrafik Text	91

Tabellenverzeichnis

7.1	Vergleich des MASH-Systems und der Key-Framing-Technik	86
-----	--	----

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Motivation

Heutzutage gibt es durch die Technologieentwicklung und Digitalisierung eine regelrechte Informationsüberflutung. Jeden Tag sind wir durch Social Media, Fernsehnachrichten, Streamingdienste, E-Mails, Werbung und vielem mehr einer großen Menge an Informationen ausgesetzt. Während diese Menge im Jahre 1986 noch einem Äquivalent des Inhalts von 55 Zeitungen pro Person und Tag entsprach, lag sie 2007 schon bei 175 Zeitungen [Hil12]. Es lässt sich vermuten, dass diese Zahl mittlerweile durch die rasant wachsende Internetnutzung um ein Vielfaches gestiegen ist. Wir haben Zugriff auf mehr Informationen als jemals zuvor in der Geschichte der Menschheit. Das bietet ungeahnte Möglichkeiten, aber auch Probleme. Der Durchschnittsmensch fühlt sich durch die große Masse an irrelevanten Informationen überfordert. Resultate davon sind geistige Erschöpfung, eine reduzierte Aufmerksamkeitsspanne, ein erhöhtes Stresslevel und eine folglich verringerte Produktivität [DSS⁺18].

Dramatisch ist das Ganze vor allem im Kontext der Bildung und des dadurch negativ beeinflussten Lernprozesses. Die Lernenden haben Schwierigkeiten, die relevanten Informationen aus der Menge zu extrahieren. Infolgedessen verschlechtert sich die Qualität ihrer Arbeit, das innovative Denken sowie die Kreativität nehmen ab und die Motivation sinkt [AKHS⁺21]. Schlimmstenfalls hat dies den Abbruch ihrer Lerntätigkeit und die Beeinträchtigung der psychischen Gesundheit, durch beispielsweise Depressionen, Schlaflosigkeit, Angstzustände und soziale Isolation zur Folge.

Die Gründe für die Informationsüberflutung sind zahlreich und gehen über die reine Menge an Informationen hinaus. Ein weiterer Grund ist die Vielfalt und Komplexität von Informationen. Festzustellen, welche Informationen nützlich oder nutzlos, genau oder ungenau, zuverlässig oder unzuverlässig sind, erhöht das Überlastungspotential einer Person. Auch nicht zu unterschätzen sind diejenigen Informationen, die ständig „aufgezwungen“ werden, ohne gesucht zu werden. Gerade im Bereich der Sozialen Medien ist dies ein großes Problem, aufgrund der Leichtigkeit, mit der man Inhalte Erstellen, Duplizieren und Teilen kann. [BR20]

Nun stellt sich die Frage, wie man das Problem der Informationsüberflutung lösen kann. Für das Individuum gibt es einige Lösungsansätze, die unter anderem das Vermeiden und Filtern

von Informationen, das bewusste und angepasste Informationsmanagement und technische Hilfsmittel mit einzubeziehen. Aber das Problem als solches ist so gewaltig, dass es über den Horizont einer einzelnen Person hinausgeht.

Das Phänomen der Überflutung hat ein gewaltiges Ausmaß, was sehr viele Bereiche des Lebens betrifft: Von Politik und Wirtschaft hin zu Literatur. Es gibt fast keinen Teil unserer Gesellschaft der nicht betroffen ist. Denn natürlich wächst nicht nur die Informationstechnologie sehr schnell, sondern auch die Forschung auf den einzelnen Gebieten selbst. Aber gerade ein Bereich ist besonders bedeutungsvoll betroffen, nämlich die Naturwissenschaften und dort vor allem die Medizin. Will man beispielsweise als angehender Arzt oder Ärztin das gesamte relevante Material für die eigene, eng definierte Fachrichtung lesen, dann müsste man vierzig Veröffentlichungen am Tag für elf Jahre lesen, um auf den neusten Stand zu kommen und in der Zeit wären dann wiederum zweiundachtzigtausend neue Artikel veröffentlicht worden. [BR20]

Dieses Beispiel zeigt, wie wichtig es ist, in diesem Bereich der Informationsüberflutung entgegenzuwirken. Aber dies ist natürlich nicht der einzige Grund, warum gerade die Naturwissenschaften von so einer großen Bedeutung sind: Wie entsteht ein Regenbogen? Warum wird uns kalt, wenn wir nass sind? Wieso gibt es den Wechsel von Tag und Nacht? Warum blutet man, wenn man sich verletzt? Seit je her versuchen die Menschen die wahrgenommene Wirklichkeit zu deuten und zu erklären. Die Naturwissenschaften sind allgegenwärtig und essenziell, um die Grundlagen unseres Lebens und deren Zusammenhänge zu verstehen. Durch die Erforschung und Anwendung der Gesetzmäßigkeiten, konnten überhaupt erst die Werkzeuge und Maschinen gebaut werden, die heute unseren Alltag prägen und unsere Lebensqualität ermöglichen. Aber nicht nur die praktische Verwendung ist von Bedeutung, sondern vor allem die zu Grunde legende methodische Denkweise. Das genaue Beobachten unerklärter Ereignisse, der Versuch diese im Rahmen einer Hypothese modellhaft zu erklären und diese wiederum durch Experimente unter unterschiedlichsten Bedingungen zu beweisen, ist die Herangehensweise, welche unser heutiges aufgeklärtes Weltverständnis ermöglicht hat. Gerade in der aktuellen Zeit mit den Problemen des Klimawandels, der Corona-Pandemie und dem wachsenden Wissenschaftsskeptizismus in der Bevölkerung, ist eine naturwissenschaftliche Bildung fundamental. Es ist wichtig, dass jeder ein Verständnis für die naturwissenschaftlichen Grundlagen hat, damit bedeutende Entscheidungen verantwortungsvoll getroffen werden und eine nachhaltige Zukunft möglich ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass wir in einer Zeit leben, in der wir fast unbegrenzten Zugriff auf nahezu alle Informationen der Menschheitsgeschichte haben und die Erforschung von neuem Wissen, sowie die Entwicklung neuer Technologien, in einem rapiden Tempo von statten geht. Nun stellt sich also die Frage, wie man effizient die teils sehr abstrakten und komplexen Sachverhalte im naturwissenschaftlichen Bereich den Menschen erklären kann, unter Berücksichtigung der Gegebenheiten des Phänomens der Informationsüberflutung.

So wie in allen Bereichen, gibt es auch in der Disziplin der Wissensvermittlung viele neue Entwicklungen und Ansätze. Vor allem das Prinzip des multimedialen Lernens hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Hiervon spricht man, wenn das Lernmaterial aus mehreren medialen Inhalten, wie Texte, Grafiken, Audio, Video, etc. besteht [May02]. Dieses Prinzip wird von mehreren Untersuchungen in seiner Effizienz gestützt.

Beispielsweise besagt das Phänomen des „Picture Superiority Effect“, dass sich ein Mensch besser an Bilder, als an Worte erinnern kann. Wenn man einen Text liest, kann man sich drei Tage später meist nur an zehn Prozent des Gelesenen erinnern. Aber wenn eine unterstützende Visualisierung dabei ist, dann sind es ganze fünfundsiebzig Prozent. [Kru13] Lernvideos sind also eine sehr effiziente Form der Wissensvermittlung, da sie viele mediale Formen, wie Texte, Sprache und Bilder, miteinander kombinieren. Sie werden bereits weitreichend zur Unterstützung im Schulunterricht und auch im E-Learning-Bereich genutzt. Ein großer Vorteil ist die Möglichkeit durch Videos komplexe Abläufe und Prozesse zu visualisieren, was gerade in den Naturwissenschaften eine große Hilfe ist. Statt der bloßen Theorie, kann der Zuschauer das Wissen in der Praxis sehen und es besteht ein aktiveres Lernen. Wenn Lernstoff intuitiv und beobachtbar ist, dann fällt es den meisten Leuten leichter diesen zu verstehen. Man kann durch ein kurzes Video eine große Menge an Informationen aufnehmen. Während reine Literatur zwar umfangreicher und zwingend notwendig ist, um ein Thema in seiner Gesamtheit zu erfassen, sind Videos jedoch ein gutes Mittel, um ein grobes Verständnis für einen Sachverhalt zu bekommen. Wie man an der täglich steigenden Anzahl von YouTube-Videos und dem rasanten Wachstum der Social-Media-Plattform „TikTok“ erkennen kann, werden Videos als Medium immer beliebter und sie bieten sich an, um eine breite Masse an Leuten anzusprechen. Setzt man also die Vermittlung von naturwissenschaftlichem Wissen in Form eines Videos um, kann man potenziell das Allgemeinwissen des Einzelnen stärken und dem Wissenschaftsskeptizismus entgegenwirken. Aber Realfilm stößt gerade im naturwissenschaftlichen Bereich oft an seine Grenzen: Man kann zum Beispiel nicht den Blutkreislauf im Menschen filmen; genauso schwierig ist es, chemische bzw. biologische Prozesse zu filmen, die im winzig kleinen stattfinden. Hier ist man also angewiesen auf Animationen, mit deren Hilfe man diese komplexen Abläufe visualisieren kann.

1.2 Problemstellung und Zielsetzung

Animationen sind also notwendig, um gewisse Prozesse und Prinzipien im naturwissenschaftlichen Bereich zu visualisieren. In der Vergangenheit waren diese jedoch häufig sehr aufwändig und zeitintensiv in der Produktion, wenn man an handgezeichnete Frame-By-Frame Animationen denkt. Für ein paar Minuten Video, braucht man tausende Bilder, in denen immer wieder aufs Neue die gleichen Charaktere leicht angepasst in ihrer Position sowie die ganzen Hintergründe gezeichnet werden müssen. Heute gibt es durch die rapide Technologieentwicklung neue Methoden und Ansätze. Allein der Einsatz von Computern zur Erstellung von Animationen, hat den Aufwand deutlich verringert. Vereinfacht gesagt müssen Charaktere und Objekte nur einmal modelliert werden und können dann beliebig oft genutzt werden. Aber bei den klassischen Animationsverfahren müssen die geplanten Bewegungen oft immer noch händisch durch beispielsweise Keyframe-Animation erzeugt werden. Zwar kann der Computer zwischen den Keys eines Bewegungsablaufs interpolieren und die Zwischenbilder berechnen, aber damit die Bewegung natürlich wirkt, muss das Ganze oft angepasst werden und ist mit einem großen Aufwand verbunden.

Es wird also eine Animationstechnik benötigt, mit der man schneller und mit weniger Aufwand komplexe und abstrakte Sachverhalte visualisieren kann. Hier bieten sich insbesondere

die neuen Techniken des sogenannten Motion-Designs im 3D Bereich an. Diese Disziplin stellt Funktionalität in den Vordergrund und nicht ein Narrativ mit dem Ziel Emotionen beim Zuschauer zu wecken. Es lässt sich also vermuten, dass dieses Grundprinzip gut kombinierbar ist, um objektive und sachliche Animationen gerade im naturwissenschaftlichen Bereich zu erstellen. Gerade auch um eine große Anzahl gleichartiger Objekte in der Szene zu verteilen oder anhand eines Pfades zu animieren, wie man in Abbildung 1.1 erkennen kann, eignet sich Motion Design besonders gut. Es kann häufig ein Zufallswert eingestellt werden, so dass hier auch organische Sachverhalte gut visualisiert werden können.

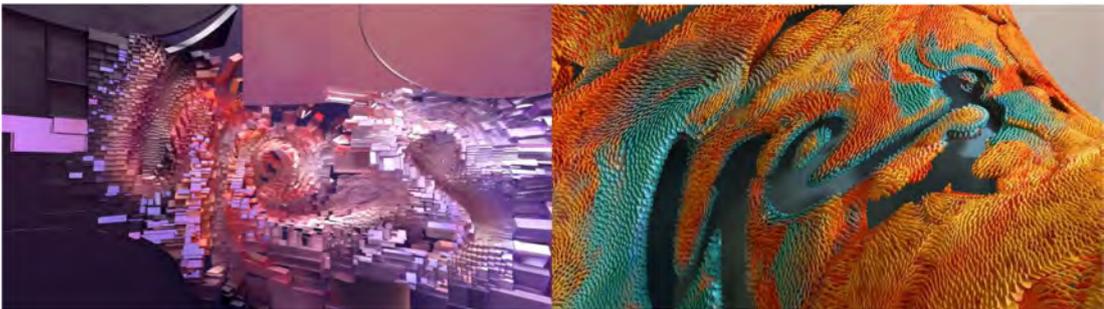


Abbildung 1.1: Zwei Screenshots aus einem Video von Rich Nosworthy, in dem einige Techniken von Motion Design angewendet werden. (<http://www.richnosworthy.tv/optus-yes/> Stand: 22.03.22)

Trotz dieser potenziell großen Vorteile ist die Eignung von Motion Design zur Visualisierung von komplexen Sachverhalten noch nicht ausreichend von wissenschaftlicher Seite her erforscht und dokumentiert. In diesem Bereich gibt es viel praxisorientiertes Können. So findet man beispielsweise zahlreiche Online-Tutorials, um einen bestimmten Effekt zu Erzeugen. Aber systematische Untersuchungen der Verwendbarkeit und Möglichkeiten über den Horizont eines einzelnen Projektes hinaus sind in dieser Form kaum zu finden. Die Disziplin des Motion Designs ist eher einseitig geprägt durch die Auslebung der Kreativität und des „einfach mal Machens“, ohne dass sich über die Techniken und Verfahren dahinter viele Gedanken gemacht werden. Viele Designer setzen den Fokus auf ein ästhetisch ansprechbares Design, statt auf wissenschaftliche Akkuratess, was gerade im naturwissenschaftlichen Bereich und für den Prozess des Lernens aber natürlich sehr wichtig ist.

Deswegen ist es Ziel dieser Bachelorarbeit zu untersuchen, ob 3D-Motion-Design effektiv zur Visualisierung abstrakter Prozesse verwendet werden kann, gerade auch im Vergleich zu anderen Animationstechniken und unter Analyse bestehender Animationen. Dabei werden die Vor- und Nachteile herausgearbeitet und anhand von Prototypen aus dem biologisch-chemischen Bereich als ein typisches Beispiel verifiziert. Es wird ausgewertet, in welchen Anwendungsgebieten hier ein Mehrwert erzielt werden kann und wo die neuen Techniken Verbesserungen liefern. Außerdem soll im Zuge dessen die Gradwanderung zwischen der Korrektheit der Darstellung und einem geeigneten Design untersucht werden.

1.3 Organisation der Arbeit

Die vorliegende Arbeit setzt sich aus acht Kapiteln zusammen. Im ersten Kapitel der *Einleitung* wird das heutige Problem der Informationsüberflutung beschrieben; warum dieses gerade im Bereich der Naturwissenschaften problematisch ist und wie Videos bei der Wissensvermittlung helfen können. Es wird erläutert, warum klassische Animationen für den Zweck der schnellen Lernvideos oft zu zeitaufwendig sind und wie die Techniken von Motion Design hier potenziell helfen können.

Im zweiten Kapitel, den *Grundlagen*, wird erst einmal eine Begriffsdefinition gegeben, erklärt was Motion Design überhaupt ist und wie es sich von der reinen Animation unterscheidet. Es werden die Anwendungsgebiete herausgearbeitet und einige Beispiele dazu gezeigt. Des Weiteren werden Grundlagen zum Prozess des Lernens und zu visueller Kommunikation erarbeitet.

Im dritten Kapitel, *Stand der Technik*, wird sich mit ähnlicher Literatur auseinandergesetzt, die sich mit der Wissensvermittlung im Zeitalter der Informationsüberflutung beschäftigt und den Trend des „Micro-Learnings“ untersucht. Es werden Techniken zur Visualisierung wissenschaftlicher Daten und hier speziell die Eignung von Animationen behandelt. Außerdem werden Prinzipien für Motion Design im wissenschaftlichen Kontext untersucht und wie die gewonnenen Erkenntnisse für die Arbeit adaptiert werden können.

Im vierten Kapitel, *Wissenschaft und Animation im historischen Kontext*, wird auf die geschichtliche Entwicklung der Animation im Gebiet der Visualisierung wissenschaftlicher Sachverhalte eingegangen. Es wird erarbeitet, welche Verfahren und Techniken angewendet wurden und Beispiele aufgezeigt.

Im fünften Kapitel, *Analysen und Planung der Prototypen*, werden die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst und darauf basierend einige Hypothesen entwickelt, mit deren Hilfe die Forschungsfrage untersucht werden soll. Es wird ein konkreter Bereich der Wissenschaft hierfür festgelegt. Die praktische Überprüfung der Hypothesen wird in Form von Prototypen geplant, wobei bestehende Animationen aus dem festgelegten Gebiet dafür analysiert werden.

Im sechsten Kapitel, *Umsetzung der Prototypen*, werden die zuvor aufgestellten Hypothesen durch eine prototypische Umsetzung in Maya überprüft. Dafür werden identifizierte Grundtechniken anhand von Beispielen aus den Analysen nachproduziert mittels MASH und der Key-Framing-Technik. Des Weiteren wird ein Erklärvideo zur Thematik der Immunabwehr des Menschen mit den neuen Techniken von Motion Design umgesetzt.

Im siebten Kapitel, *Ergebnisse*, werden die Prototypen evaluiert anhand verschiedener Bewertungskriterien und einer Befragung. Auf diese Weise werden die aufgestellten Hypothesen überprüft und Vorteile bzw. Grenzen der neuen Techniken aufgezeigt.

Im achten Kapitel, *Zusammenfassung und Ausblick*, wird die gesamte Arbeit noch einmal

zusammengefasst und ein Ausblick auf mögliche weitere Forschungsthemen gegeben, die sich durch die Erkenntnisse der Arbeit ergeben haben.

1.4 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Ziel dieser Arbeit war es, die Produktion von Animationen zu komplexen und abstrakten Sachverhalten durch die neuen Techniken von Motion Design zu untersuchen, unter dem Aspekt der Tauglichkeit zur Wissensvermittlung. Dazu wurden die Animationstechniken im historischen Kontext genauer betrachtet und so die enge und wechselseitige Verbindung von den Naturwissenschaften und der Computergrafik festgestellt. Gerade im Bereich der Mikro- und Makrobiologie, war man auf die Computergrafik als Werkzeug für eine detailliertere Erforschung angewiesen und so wurde diese weiterentwickelt. Animationen spielten auch schon früh eine entscheidende Rolle bei der Aufklärung und der Wissensvermittlung.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage, sind drei Hypothesen aufgestellt und das Gebiet der Mikro- und Molekularbiologie als Forschungsfeld festgelegt worden. Die erste Hypothese behandelt die generelle technische Eignung von Motion Design zur Kommunikation von komplexen und abstrakten Sachverhalten, während die zweite sich auf die Effektivität im Vergleich zu der Key-Framing Technik bezieht. Die dritte Hypothese beinhaltet die Alltagstauglichkeit bei der Wissensvermittlung.

Die ersten beiden Hypothesen wurden zusammen überprüft. Dazu sind bestehende Animationen auf prägnante und häufig gebrauchte Animationseffekte untersucht und daraus Grundtechniken entwickelt worden. Diese wurden dann einmal durch das MASH-System in Maya und einmal durch die Key-Framing-Technik prototypisch umgesetzt. Hierbei ergab sich eine Überlegenheit der neuen Techniken von Motion Design bezüglich des Arbeitsaufwandes. In fast allen Fällen war die Umsetzung mit jenen deutlich schneller, als mit der Key-Framing-Technik. Des Weiteren ähnelten sich die Arbeitsabläufe vom Grundprinzip her mit MASH und eine Reproduktion war hiermit einfach möglich, was sich positiv auf die Komplexität auswirkte. Auch die Qualität war überzeugend und so gelang eine Nachproduktion, die in vielen Fällen sehr nahe am Original dran war. Gerade die Möglichkeit, viele Objekte gleichzeitig zu verteilen und zu animieren, sowie die Möglichkeit der Einbringung einer Zufallskomponente, bewiesen sich hier als Vorteile für die neuen Techniken von Motion Design. An seine Grenzen geriet das Ganze, bei der spezifischen Animation einzelner Teile.

Zur Überprüfung der dritten Hypothese, wurde ein Erklärvideo zu der Thematik des menschlichen Immunsystems, auf der Grundlage der vorherig erarbeiteten Anforderungen und unter Berücksichtigung des Konfliktes zwischen wissenschaftlicher Akkuratess und ansprechender Gestaltung geplant. Hierfür ist ein Fachtext konzipiert worden, der als Grundlage für die Animation diente. Dieses wurde ebenfalls durch das MASH-System in Maya realisiert, wobei auch hier einige der Grundtechniken verwendet wurden. Evaluiert wurde das Ganze durch eine Befragung zu dem Thema, bei der die eine Gruppe zuvor nur den Fachtext gelesen hatte und die andere lediglich das Erklärvideo zum Anschauen bekam. Hier wurde die Anzahl der gemachten Fehler für beide Gruppen miteinander verglichen, wobei sich eine tendenzielle Überlegenheit der Animation ergab. Auch die Umsetzung der wissenschaftlichen Akkuratess-

1.4. Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

se, die sich auf die Prozesse an sich konzentrierte, statt der Gestaltung, wurde überwiegend als positiv bei den Teilnehmenden der Befragung aufgenommen. Zusammenfassend kann man also auf Grund dieser Erkenntnisse sagen, dass sich die neuen Techniken von Motion Design generell zur Kommunikation von komplexen und abstrakten Sachverhalten eignen.

Kapitel 2

Grundlagen

2.1 Motion Design

Um zu verstehen wie Motion Design potenziell Verbesserungen bei der Wissensvermittlung von komplexen und abstrakten Sachverhalten bringen kann, ist es nötig zu begreifen, was es damit überhaupt auf sich hat und welche Techniken zu Grunde liegen. Daher wird im folgenden Abschnitt ein Überblick dieser Disziplin gegeben und ihre wesentlichen Grundlagen dargelegt.

2.1.1 Begriffsdefinition

Schaut man heutzutage Fernsehen, geht in der Stadt an Werbetafeln vorbei, sieht sich den neusten Kinofilm an oder durchstöbert ein paar Webseiten, kommt man kaum um das Erlebnis von Motion Design herum. Egal, ob ein neuer Sportschuh beworben (Abb. 2.1), der Vorspann einer Serie gezeigt (Abb. 2.2) oder ein aktuelles Thema in den Nachrichten erklärt wird (Abb. 2.3), die Disziplin ist omnipräsent und kaum mehr aus der Medienbranche wegzudenken. Es lässt sich schon erahnen, dass Motion Design oder auch Motion Graphics genannt, ein großes Feld mit vielen Unterdisziplinen ist, was es erschwert, eine genaue und kurze Definition zu finden, die trotzdem alle Teilbereiche miteinschließt. Es gibt zahlreiche Blog-Einträge, Fachartikel, Bücher und sonstige Literatur, die aber, je nach ihrer Spezifikation, das eine oder andere mehr hervorheben.

Die Autoren Ian Crook und Peter Beare fassen dieses Problem in ihrem Buch über Motion Graphics gut zusammen: Demnach umfasst Motion Design -simpel ausgedrückt- die Bewegung, Rotation oder die Skalierung von Bildern, Videos und Text über einen gewissen Zeitraum zu sehen auf einem Bildschirm und oft begleitet von auditiven Inhalten, wie eine Erzählerstimme oder Musik. Jedoch beschreibt diese Definition nur die reine Mechanik, ähnlich wie ein Backrezept jemandem die nötigen Schritte gibt, einen Kuchen zu backen. Wie dieser dann letztendlich schmeckt und aussieht, hängt von den Backkünsten der jeweiligen Person und anderen Faktoren ab. [CB17]

Ähnlich sieht es mit Motion Design aus. Der Rahmen, welcher festlegt, was alles als Teil dieser Disziplin zählt, lässt sich durch die vorherige Definition nicht genau festlegen. Denn es kommt die Frage auf, worin sich Motion Design von normalen Animationen unterscheidet.



Abbildung 2.1: Werbespot für einen Sportschuh der Firma Adidas, MOMOCO, <https://momoco.co.uk/commercials/adidas/> (Stand: 30.03.22)



Abbildung 2.2: Ausschnitt des Vorspanns der Serie „The Girl In The Woods“, MOMOCO, <https://momoco.co.uk/tv-titles/the-girl-in-the-woods/> (Stand: 30.03.22)

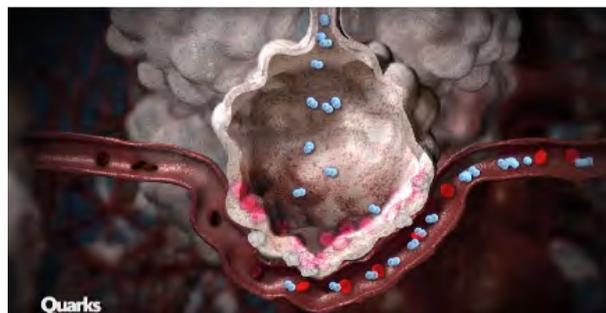


Abbildung 2.3: Screenshots aus einem Video von Quarks zur Auswirkung von Covid-19 auf die Lunge. <https://www.youtube.com/watch?v=Pu5jksi7xFU> (Stand: 22.03.22)

Der wesentliche Unterschied liegt im Zweck, mit dem das jeweilige Medienprodukt geschaffen wird. Während Animation meist das Ziel der Unterhaltung der Zuschauer hat, wird Motion Design dazu genutzt, Informationen visuell zu kommunizieren. Das Ganze hat aber keine klaren Grenzen; so kann auch Animation eine tiefere Botschaft vermitteln und Motion Design sekundär Emotionen beim Betrachter auslösen. Man kann aber festhalten, dass das Ziel, welches durch das Medium erreicht werden soll, den Hauptindikator zur Differenzierung darstellt. Hier wird auch die Abgrenzung zu „Visual Effects“ (VFX) festgelegt. Bei dieser Disziplin werden visuelle Elemente in ein bestehendes Video so eingefügt, dass sie sich so natürlich wie möglich in die Szene integrieren und der Zuschauer sie nicht als nachträgliche Ergänzung wahrnimmt. Ein gutes Beispiel dafür sind Horrorfilme, wo Monster oder ähnliche Kreaturen im Nachhinein ergänzt werden. Im Gegensatz dazu, soll Motion Design den Zuschauern bewusst auffallen und als zusätzliche Information oder Erklärung dienen. [CB17]

Schaut man sich den Fachbegriff noch einmal genauer an, so stößt man auf das Wort „Design“. Während „Motion“ oder zu Deutsch „Bewegung“ den Fakt beschreibt, dass grafische Elemente animiert werden, wird durch den Begriff des „Designs“ die Verwandtschaft zur Disziplin des Grafik Designs deutlich. Dieser Hintergrund erklärt, warum beim Motion

Design häufig simplifizierte oder abstrakte Formen und Grafiken verwendet werden. Aber generell kann jede Form von visuellem Element genutzt werden. [CB17]

Es könnte nun der Gedanke aufkommen, warum man dann nicht einfach Motion Design als animiertes Grafikdesign definiert. Dies wäre jedoch zu eng gefasst, denn für die Disziplin ist nicht immer Animation von Nöten. Im Vorspann des Films „Jungle Fever“ vom Regisseur Spike Lee, wird zum Beispiel Bewegung von typografischen Elementen, nämlich den Straßenschildern mit Namen der Mitwirkenden, durch Kamerabewegung und Rotation erzeugt [Sch15].

Man kann demnach sagen, dass Motion Design eine eigene Disziplin ist, die den Hauptzweck der visuellen Vermittlung von Informationen hat. Dabei kann sie die Techniken von Animation, Grafik Design, Film- bzw. Videoproduktion und vielem mehr nutzen je nach beabsichtigtem Ziel des individuellen Projektes, was umgesetzt werden soll.

2.1.2 Anwendungsgebiete

Motion Design ist also ein Kommunikationsmittel, welches Informationen jeglicher Art an den Zuschauer vermitteln soll. Sei es so etwas Simples wie der Name eines Produkts oder etwas Komplexeres wie die Funktionsweise einer Maschine. Mit Hilfe der Definition im vorherigen Abschnitt, lassen sich Anwendungen von Motion Design, welche man aus dem Alltag kennt, beispielhaft kategorisieren. Diese sind im Folgenden aufgelistet, um einen besseren Überblick der umfangreichen Disziplin zu bekommen.

Titelsequenzen für Filme und Serien

Es wird Typografie mit anderen grafischen Elementen kombiniert, um die Namen der Mitwirkenden zu nennen. Ein frühes Beispiel dafür ist die Eröffnungssequenz von „Psycho“, bei dem Sound, Bewegung und grafische Elemente so zusammenspielen, dass es zur gesamten Atmosphäre des Films beiträgt (Abb. 2.4). Ein weiteres Beispiel ist die Titelsequenz aus dem Film „Die Monster AG“, wo die jeweiligen Wörter durch die Türen, welche im Film eine große Rolle spielen, für den Zuschauer sichtbar gemacht werden (Abb. 2.5).



Abbildung 2.4: Titelsequenz des Films „Psycho“, Regisseur Alfred Hitchcock, 1960

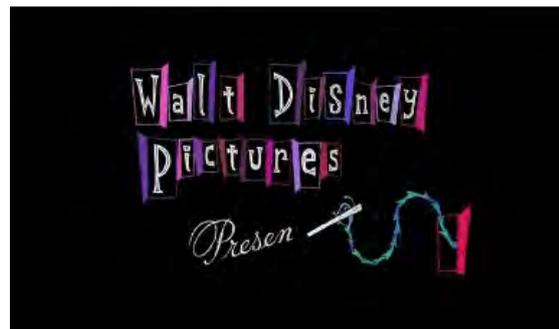


Abbildung 2.5: Titelsequenz des Films „Die Monster AG“, Disney-Pixar, 2001

Werbung

In vielen Video-Werbungen wird heutzutage Motion-Design verwendet. Gerade durch die wachsende Nutzung der Sozialen Medien und des Internets im Allgemeinen, sind kurze Videos, in denen jeweils Produkte oder sonstige Leistungen beworben werden, immer beliebter als Marketing-Werkzeug geworden [Ger15]. Es bietet den Vorteil, dass man den Aufbau seines Produkts (Abb. 2.6) oder bestimmte Funktionen (Abb. 2.7) dem Zuschauer direkt zeigen kann, was zum besseren Verständnis beiträgt und so letztendlich die Verkaufschance steigert.



Abbildung 2.6: Animierte Explosionsgrafik der Mechanik eines Uhrensystems der Firma Swatch, (<http://y2u.be/1PfcdkZ4CBM> Stand: 01.04.22)



Abbildung 2.7: Visualisierung des Fingerabdruckscanners des iPhone SE, Apple, (<https://www.youtube.com/watch?v=id31Dggc0RE> Stand 11.06.22)

Vermarktung von Unternehmen

Nicht nur Produkte werden vermarktet, sondern auch das Unternehmen selbst. So wird Motion Design beispielsweise häufig als Teil des Corporate Designs¹ einer Firma genutzt oder um bestimmte Einspieler für Formate zu kreieren (Abb. 2.8). Durch die Schaffung eines solchen Wiedererkennungsfaktors, kann sich das Unternehmen aus der Masse des Marktes hervorheben.

Erklärvideos

Videos in denen bestimmte Sachverhalte oder Prozesse erklärt werden, sind in vielen Fällen durch Motion Design umgesetzt (Abb. 2.9). Hier bietet sich die Nutzung an, da das Ziel mit dem Hauptweck der Disziplin deckungsgleich ist, wie bereits im letzten Abschnitt aufgezeigt. Häufig werden Charaktere verwendet, die aber nicht die Absicht haben Emotionen zu erzeugen, sondern stellvertretend die Rolle des Zuschauers einnehmen und dessen Aufgabe im Prozess aufzuzeigen (Abb. 2.10).

¹Visuelles Erscheinungsbild eines Unternehmens im Rahmen und zur Unterstützung der von der Corporate Identity vorgegebenen Ziele, <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/corporate-design-30453/version-254035> Stand: 01.04.22



Abbildung 2.8: Screenshot aus der Anfangssequenz der ZDF heute-show <https://www.zdf.de/comedy/heute-show> (Stand: 03.04.22)

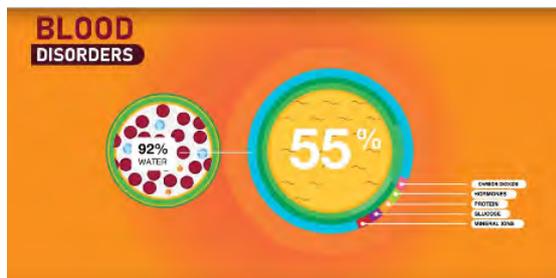


Abbildung 2.9: Erklärvideo zum Thema Blutkrankheiten, FreeMedEducation, https://youtu.be/9bekKqs_b0o, Stand: 03.04.22)



Abbildung 2.10: Erklärvideo mit Charakteren zur Nutzung einer App, WowMakers, <https://youtu.be/SUpq7oz1Hxg>, Stand: 03.04.22)

Künstlerische Nutzung

Auch in der Kunst kann Motion Design verwendet werden, um Informationen an den Betrachter zu vermitteln. Ein klassisches Beispiel dafür ist die Umsetzung von Songtexten in einem Musikvideo. Statt einfachem Einblenden des Textes, wird dieser häufig mit anderen grafischen Elementen kombiniert und passend zur Musik animiert (Abb. 2.11). Ein weiteres Beispiel ist eine interaktive Wandinstallation, bei der das System die Bewegungen von Passanten erfasst und gleichzeitig dazu Formen und Gestalten zeichnet (Abb. 2.12) [BPM08].

2.1.3 Prinzipien und Techniken

Wie man im vorherigen Abschnitt erkennen konnte, ist Motion Design eine umfangreiche Disziplin mit sehr vielen verschiedenen Anwendungsbereichen. Daher ist es schwierig, genau ein bestimmtes Verfahren oder eine allumfassende Technik zu nennen, mit deren Hilfe jedes beliebige Projekt umgesetzt werden kann. Vielmehr werden die bestehenden Techniken aus Animation, Film, und anderen Disziplinen übernommen und ggf. abgewandelt und optimiert. Beispielsweise können klassische Animationstechniken, wie Zeichentrick und Stop-Motion-



Abbildung 2.11: Ausschnitt aus dem Musikvideo mit Liedtext von Dua Lipa zu ihrem Song „Cool“ <https://bit.ly/3LEgQzN> (Stand: 03.04.22)

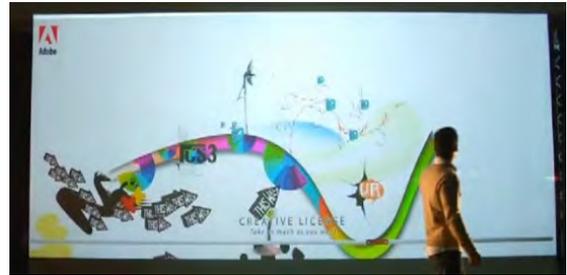


Abbildung 2.12: Interaktive Wand-Installation, Adobe, Goodby Silverstein & Partners, <https://bit.ly/3qZKx6A>, (Stand: 05.04.22)

Animation² mit Knete genutzt werden oder auch Compositing³ aus dem Filmbereich. Je nachdem, wie das Endergebnis aussehen soll, wie viel Zeit und Ressourcen für die Produktion zur Verfügung stehen oder auch welche Fähigkeiten der Motion Designer hat, kann man eine bestimmte Technik verwenden oder auch mit anderen kombinieren.

Aber es gibt auch Größen und Prinzipien, die allgemein relevant für Bewegtbild sind. Schaut man sich die Werkzeuge aus dem Bereich der Fotografie bzw. des Films an, wie Brennweite, Schärfentiefe, Kameraposition und -bewegung, Auflösung, Bilder pro Sekunde, Codec und so weiter, dann wird man feststellen, dass diese genauso für Animation und Motion Design eine wichtige Rolle spielen. Ebenso ist es mit allgemeinen Designparametern, wie Farbe, Form und so weiter. Nimmt man sich beispielsweise das Gebiet der Typographie heraus, dann stellt man fest, dass hier mit Attributen wie Größe, Farbe, Laufweite, Ausrichtung, etc. gearbeitet wird und diese Attribute sind weiterhin relevant, nur dass bei Motion Design noch die zeitliche Komponente hinzukommt, man also das Verhalten dieser Parameter über die Zeit hinweg manipuliert [SW18].

Auch die Einhaltung aller Phasen des Designprozesses, der Recherche, der Ideenfindung, des Skizzierens, der Produktion und der Iteration, ist von grundlegender Bedeutung, um sicherzustellen, dass das Projekt eine klare Absicht kommuniziert [SW18].

Dazu gehört auch die Beachtung der Designprinzipien. Während die oben genannten Attribute, wie Farbe, die Baumaterialien für ein Projekt symbolisieren, stellen die Prinzipien eine Reihe von Richtlinien dar, welche die Zusammensetzung und Kombination ersterer regeln. Identifizieren zu können, welche Prinzipien zur Anwendung kommen und diese bewusst zu verwenden, bestimmt die gesamte Komposition der Arbeit und so letztendlich auch, welche Wirkung es auf den Betrachter hat und wie gut die Botschaft kommuniziert wird. [CB17]

Diese Prinzipien sind auch allgemein gültig, unabhängig von der verwendeten Tech-

²Eine Technik, bei der ein Objekt zwischen einzelnen Bildaufnahmen transformiert wird, um so die Illusion von Bewegung zu erzeugen [CB17]

³Compositing bezeichnet die Kombination von zwei oder mehr Videoclips, die übereinander gelagert werden und so ein neues Video erzeugen [CB17]

nik und welche Attribute letztendlich angepasst werden. Auf die Designprinzipien wird im übernächsten Abschnitt noch einmal genauer eingegangen.

Die konsistente und häufige Verwendung von Software für die Erstellung von Bewegtbild in den letzten Jahrzehnten zeigt, dass wir nicht über Motion Design sprechen können, ohne anzuerkennen, wie zentral Software für die Art und Weise ist, wie Arbeiten produziert werden. Man muss hier aber eine kritische Haltung haben: Motion Designer sollten nicht ihre Ideen darauf aufbauen, was sie mit einer speziellen Software machen können, sondern die Software als Werkzeug für die Umsetzung der vorhandenen Idee sehen. [SW18]

Ähnlich der Evolution des Films nach der Erfindung der Sprachaufzeichnung und des Fernsehens nach der Erfindung des Farbfernsehens, ist es nur logisch, dass sich das statische Design auch im Rahmen der technologischen Möglichkeiten weiterentwickelt hat [BPM08]. Es ist schwierig zu bestimmen, zu welchem Grad die Software die Entwicklung von Motion Design als eigene Disziplin beeinflusst hat. Sie hat auf jeden Fall einen großen Beitrag geleistet zu dem, was wir heute als Motion Design sehen und ein Zeugnis der Weiterentwicklung von Kommunikationsmöglichkeiten im Rahmen der verfügbaren Technologien ist [SW18]. Heutzutage ist es fast unmöglich alle Werkzeuge aufzuzählen, die Designer verwenden können, um Motion Graphics zu erstellen. Ihre einzige Einschränkung ist praktisch nur die eigene Kreativität [BPM08]. Prinzipiell kann jede Software verwendet werden, mit der sich Bewegtbilder erzeugen lassen, wobei sie sich jeweils mehr oder weniger für einen angestrebten Designstil eignen können.

Man kann die vorhandene Software in zwei Kategorien aufteilen, nämlich „Bild-Kreation“ und „Bild- Manipulation“. Bei ersterem geht es um die Erstellung von Bildmaterial, sei es vom Designer selbst durch Zeichnen und ähnlichem oder durch Erzeugung von Bildern durch den Computer, welche vorher vom Designer kreiert wurden. Ein gutes Beispiel hierfür sind gerenderte 3D Bilder. Dagegen werden bei der „Bild-Manipulation“ fertige Bilder mit dem Computer manipuliert, wie zum Beispiel Anpassungen am Aussehen des Bildes oder der Kombination mehrerer Bilder zu einem neuen. Zwar erfüllen viele Programme beide Kategorien, aber meist gibt es eine Hauptfunktion mit deren Hilfe man die Software zuordnen kann. [CB17]

Wenn man sich die Anwendungsgebiete und Beispiele aus dem letzten Abschnitt noch einmal genauer anschaut, so kann man feststellen, dass bei Motion Design viel mit groben und simplifizierten Formen und Objekten gearbeitet wird. Dies stammt daher, da die Information, welche das Ganze kommunizieren soll, im Vordergrund steht und so die Anforderung eher auf einer kompakten und schnellen Umsetzung liegt. Ein Motion Designer nähert sich den Werkzeugen auf eine andere Weise als ein Animator: Da es üblich ist, sich mit abstrakten Konzepten, statt linearem Geschichtenerzählen zu befassen, gibt es eine experimentellere Haltung in Bezug auf die Verwendung von Software: zufällig Ergebnisse, Störungen und Fehler sind grundsätzlich willkommen [Sch15].

Daher haben sich in den letzten Jahren einige speziell für Motion Design angepasste Programme und Erweiterungen für bestehende Animationssoftware entwickelt. Welche Software hier am besten geeignet ist, lässt sich nicht genau festlegen. Jede hat ihre Vor- und Nachteile und es kommt bei der Auswahl auf das individuell umzusetzende Projekt an. Aber trotz unterschiedlicher Benutzeroberfläche, sind die grundlegenden Funktionen von Animation,

Komposition, Modellierung und Kameramanipulation in allen vorhanden. Auch die für den Moment am häufigsten verwendeten Programme ändern sich mit der Zeit, je nach Technologieentwicklung und Ansprüchen an die Software.

Jedoch hat sich über die Jahre hinweg die „Adobe Creative Cloud“ als Industriestandard etabliert. Diese beinhaltet spezialisierte Programme, für fast alle Bereiche der Medienproduktion. Vor allem die Software „Adobe After Effects“ wird sehr häufig im 2D-Motion-Design-Bereich verwendet [SW18]. Sie fällt hauptsächlich in die Kategorie der „Bild-Kreation“.

Hier können statische und bewegte Elemente über die Zeit und mehrere Ebenen hinweg manipuliert werden. Allgemein kann fast jeder Parameter im zeitlichen Kontext verändert werden, so dass sich hier endlose Möglichkeiten und Konfigurationen ergeben. Es gibt zahlreiche vordefinierte Effekte, die nach Belieben angepasst werden können. [CB17]

Egal ob ein Element ins Bild „geflogen“ kommen soll oder ein vorhandenes Element „verschwimmen“ soll, diese Effekte lassen sich mit wenigen Mausklicks umsetzen, was das Programm ideal für viele Motion Design Projekte macht, die den Anspruch an Schnelligkeit haben.

Betrachtet man den 3D-Motion-Design-Bereich, dann findet man auch hier zahlreiche Software, wie beispielsweise Maya, Cinema4D, Blender und viele mehr. Diese fallen auch in die Kategorie der „Bild-Kreation“.

Cinema4D von der Firma Maxon ist eine Softwarelösung für 3D-Modellierung, Animation, Simulation und Rendering. Es beinhaltet das MoGraph-Toolset, welches ein prozedurales Modellierungs- und Animations-Toolset ist. Es gibt Motion Designern die Möglichkeit, schnell und einfach komplexe und abstrakte Animationen zu erstellen. Das Herzstück des Ganzen ist dabei das Cloner-Objekt, mit dem Objekte auf unterschiedlichste Weise vervielfältigt werden können. Durch verschiedene Effektoren können Objekte dann in Bewegung versetzt werden, mit Sound, Feldern und vielem mehr.⁴

Blender ist ebenfalls eine 3D-Software, die kostenlos und frei verfügbar ist. Auch hier lassen sich Motion Graphics mittels verschiedener Funktionen erzeugen. Beispielsweise können Modifier⁵ als mathematische Operationen genutzt werden, um Objekte zu multiplizieren, zu verteilen, zu transformieren und vieles mehr. Ebenso können diverse Knoten⁶, wie Geometry Nodes, verwendet werden, um in einem prozeduralen Arbeitsablauf Objekte zu verändern.

Maya von der Firma Autodesk ist eines der beliebtesten Programme, mit seiner hoch entwickelten Licht- und Modellierungstechnik sowie Renderengine, welche photorealistische Bilder erzeugen kann [CB17]. Während Motion Design traditionelle Animationstechniken in sein Werkzeugarsenal aufgenommen hat, ist es auch für bahnbrechende Forschung und Entwicklung neuer Techniken bekannt, hauptsächlich in der Computergrafik [Sch15]. So auch bei Maya, welches zwar keine spezifische Software für ausschließlich Motion Design ist, aber

⁴<https://www.maxon.net/de/cinema-4d> Stand: 21.04.22

⁵<https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/index.html> Stand 21.04.22

⁶<https://docs.blender.org/manual/en/latest/interface/controls/nodes/index.html> Stand 21.04.22

hier das Potenzial und das Wachstum erkannt hat. Im Jahr 2016⁷ wurde „MASH Procedural Effects Toolkit“ (MASH) als Plug-In integriert. Entwickelt wurde das Ganze von Ian Walters⁸. Laut der offiziellen Autodesk Dokumentation⁹ kann man es verwenden, um vielseitige Motion-Design-Animationen mit prozeduralen Knoten-Netzwerken zu erstellen. Diese „MASH-Netzwerke“ werden aus einem oder mehreren Objekten in der Szene erstellt. Sie enthalten Knoten (Nodes) und man kann spezialisierte Knoten hinzufügen, um individuelle Effekte zu erzeugen, welche sich miteinander kombinieren lassen. Einstellungen werden über den Attribut-Editor und den Node-Editor getroffen und die Netzwerke lassen sich auch mit verschiedenen Maya Funktionen verbinden. So ist es möglich, prozeduraler Modellierung und Animationen zu erstellen, darunter Positionsrauschen, audiogesteuerte Skalierung, Mesh-Verteilung und vieles mehr¹⁰. Es gibt auch noch andere Möglichkeiten Motion-Design-Animationen in Maya zu erstellen, sei es mittels des „Type-„ und „SVG-Tools“¹¹ oder durch das händische Anpassen der Objekte verbunden mit dem zeitlichen festlegen von Schlüssel-Bildern (Key-Frames). Jedoch ist es bei letzterem sehr schwierig und zeitaufwendig, die bei Motion Design häufig verwendeten Zufallswerte und Objektverteilungen umzusetzen, so dass sich prozedurale Techniken, wie MASH hier mehr anbieten.

Als „Prozedurale Animationstechniken“ werden im Allgemeinen alldiejenigen Animationstechniken bezeichnet, die auf algorithmischen Beschreibungen basieren und sämtliche Details einer Animation enthalten. Sozusagen wie eine „Blackbox“, deren Ausgabe allein über die festgelegten Parameter definiert wird. Dabei können die Parameter beispielsweise über ein eigenes User Interface oder von anderen Programmen eingestellt werden. Nachdem dies geschehen ist, werden automatisch alle weiteren benötigten Daten zur Animationserstellung vom Programm generiert. Man spezifiziert also nicht eine Animation selbst bis ins Detail und speichert sie ab, sondern sie wird bei Bedarf vom Computer durch Funktionen mit den festgelegten Parametern erzeugt. Letztere stellen sozusagen Kontrollregler für die Animation dar, mit denen der Animator experimentieren kann. Für gewöhnlich ist die Anzahl der Parameter deutlich geringer, als die Informationsmenge, die für die explizite Beschreibung aller Feinheiten einer Animation notwendig ist, was man hier als „Datenvermehrung“ bezeichnet und prozedurale Techniken kennzeichnet. [JNW06]

Nimmt man sich beispielsweise einmal den „Audio-Node“ als einen der diversen Knoten des MASH-Systems, dann kann man feststellen, dass dieser auch durch Funktionen und Parameter einen Animationseffekt erzeugt. Mit Hilfe dieses Knotens, kann man Objekte anhand einer Audiodatei animieren lassen (Abb. 2.13). Es werden unkomprimierte WAV- und AIFF-Dateien unterstützt, dabei wird die Abtastrate automatisch ermittelt. Man kann hier viele Einstellungen treffen und das Ganze parametrisch anpassen: Beispielsweise kann man bestimmen, ob die Equalizer-Frequenzen oder das Durchschnittsvolumen der Audiodatei genutzt werden für die Animation, man kann die Stärke der Amplitude bestimmen, welche

⁷<https://autode.sk/350qhxj> Stand: 07.04.22

⁸<http://ianwalters.co.uk/wp/about/> Stand: 07.04.22

⁹<https://autode.sk/3JjHbSa> Stand: 07.04.22

¹⁰<https://autode.sk/3uqKfI5> Stand: 07.04.22

¹¹<https://autode.sk/3LDMm00> Stand: 07.04.22

Frequenzen für das Endergebnis genutzt werden und vieles mehr.¹²

Diese Technik von Motion Design bietet sich bei der Gestaltung von Musikvideos an, aber auch um beispielsweise die Ausbreitung von Schallwellen zu visualisieren oder wie Kaper, Wiebel und Tipei in ihrer Arbeit beschreiben [KWT99], um Ton zur Visualisierung von wissenschaftlichen Daten zu nutzen, mit dessen Hilfe sich Muster erkennen lassen, die dem bloßen Auge verborgen bleiben. Audiovisualisierung synchron zur abgespielten Audiodatei findet man in vielen Programmen. Eine Standard WAV-Datei gibt uns Auskunft darüber, wie laut ein Song an bestimmten Stellen ist.

Möchte man mehr Informationen, dann verwendet man häufig eine sogenannte „Fast-Fourier-Transformation“ (FFT). Diese Technik wurde erstmalig von Joseph Fourier beschrieben [F⁺78], der sie für die Erklärung vieler Fälle von Wärmeleitung nutzte. Die FFT ist eine mathematische Methode, um Schallwellen, Lichtwellen und andere schwankende Phänomene in ein Spektrum zu transformieren. Mit ihrer Hilfe können Funktionen, welche diese Phänomene beschreiben, in sinusförmige Komponenten aufgeteilt werden. Diese wellenförmigen Kurven haben dann ein Maximum und Minimum. Die FFT beschreibt die Amplitude und Phase jeder sinusförmigen Komponente, welche einer bestimmten Frequenz entspricht. [Bra89]

So kann man unter anderem den Frequenzbereich einer Audiodatei analysieren und festlegen, wie die visuelle Anzeige, entsprechend der sich ergebenden Werte angepasst wird. Beispielsweise kann man die Häufigkeit von Komponenten bestimmen und diese zur Visualisierung über die Zeit hinweg benutzen.

Dieses Beispiel zeigt stellvertretend, dass hinter jedem Knoten bestimmte mathematische Methoden stecken, welche den gewünschten Animationseffekt ermöglichen.

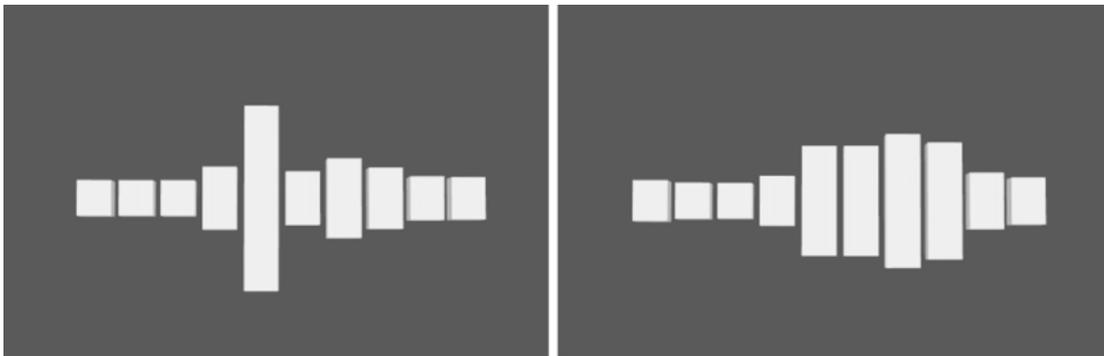


Abbildung 2.13: Die Skalierung der einzelnen Quader wird von der Audio-Datei beeinflusst. Die beiden Bilder zeigen die Szene an unterschiedlichen Zeitpunkten. (<https://autode.sk/37Anjx0> Stand: 11.04.22)

Man kann den Unterschied zwischen prozeduralen und nicht-prozeduralen Animationstechniken nicht genau festlegen, der Übergang ist fließend. Denn das Wort „prozedural“ unterscheidet nur die durch Algorithmen bestimmten Animationsabläufe von jenen, die

¹²<https://autode.sk/3045M10> Stand: 10.04.22

durch die Datenstrukturen festgelegt wurden. Die Interpolation zwischen Key-Frames bei der klassischen Key-Frame-Animation wird ebenfalls durch Funktionen durchgeführt. Außerdem wird durch die Errechnungen der Zwischenbilder praktisch auch eine Datenvermehrung vollzogen. Aber dadurch, dass die wesentlichen Charakteristika dieser Animationen durch die Key-Frames dargestellt werden und diese nicht von einer Animation, sondern vom Animator festgelegt werden, werden sie nicht zu den prozeduralen Animationstechniken gezählt. [JNW06]

Die prozedurale Animationstechnik bietet potenziell einige Vorteile, wie beispielsweise die Möglichkeit, Zufallselemente in den Algorithmus einzubringen und so immer eine unterschiedlich aussehende Animation zu bekommen. Weiterhin ist die Repräsentation kompakt, denn der Speicherplatzbedarf für eine Funktion ist gewöhnlich deutlich geringer als die Datenmenge für die Spezifikationen einer Key-Frame-Animation. Außerdem muss die Auflösung nicht von Anfang an festgelegt werden, sondern es können dynamisch Anpassungen für die benötigte Genauigkeit getroffen werden. [JNW06]

Ein großer Nachteil der Technik liegt darin, dass sie häufig schwer zu implementieren ist und oft einen hohen Entwicklungsaufwand benötigt. Möchte man neue Animationseffekte haben, dann müssen erst spezielle Funktionen dafür entwickelt werden. Zusätzlich können die wiederholte Berechnung und Auswertung der Funktionen mit den Parametern bei komplexen Animationen aufwendig sein. Weiterhin können häufig unerwartete Ereignisse auftreten und um den gewünschten Animationseffekt zu erzeugen sind mitunter Kenntnisse über die Details der Implementierung notwendig. [JNW06]

Wegen der bereits vorhandenen Implementierung durch MASH, fällt der erste Nachteil in diesem Fall weg. Das MASH-System enthält bereits viele Knoten, die darauf ausgelegt sind, jeweils einen bestimmten Animationseffekt zu erzeugen. Folgend sind einige kurz in ihrer Hauptfunktion beschrieben:

Der Color-Node ermöglicht es, die Farbeinstellungen für Meshes im Netzwerk anzupassen. Durch den Curve-Node kann man Objekte entlang einer Kurve verteilen und animieren. Der Distribute-Node kann dazu verwendet werden, um mehrere Instanzen von einem Objekt in bestimmten Formationen zu verteilen. Mit dem Dynamics-Node kann man das Netzwerk mit der Maya Bullet-Physics-Engine kombinieren, so dass Simulationen mit Gravitation, Reibung, Kollision und vielem mehr möglich sind. Der Delay-Node lässt Animationen innerhalb des MASH-Netzwerks zeitlich versetzt ablaufen. Mit dem ID-Node kann man mehrere Objekte in ein Netzwerk hinzufügen und auch bestimmen, für welches Objekt welche Anzahl an Instanzen erzeugt werden. Der Flight-Node kann eine Schwarm- oder Herdensimulation kreieren. Durch den Orient-Node kann festgelegt werden, ob die Instanzen in Bewegungsrichtung oder einem bestimmten Objekt zugedreht sein sollen. Mit dem Placer-Node können MASH-Punkte durch Zeichnen gesetzt werden. Der Signal-Node ermöglicht das Hinzufügen von 4D Noise oder trigonometrischer Animation, so dass sich hier Wellenbewegungen gut umsetzen lassen. Mit dem Visibility-Node kann man die Sichtbarkeit von Objekten beeinflussen und durch den World-Node lassen sich Objekte um gewisse Punkte herum in natürlich wirkenden, sich nicht überlappenden Gruppen anordnen. Auch Knoten, mit denen das ganze Netzwerk beispielsweise transformiert, dupliziert oder mit einem anderen vereint werden

kann, stehen zur Verfügung.¹³

Diese Techniken sind softwareunabhängig anzusehen und auch auf verschiedene Weisen in den anderen Programmen integriert. An dieser Stelle wird explizit auf einen Vergleich der verschiedenen Umsetzungen von Motion Design Werkzeugen in den einzelnen Programmen verzichtet, da der Fokus der Arbeit darauf liegt zu überprüfen, ob sich die neuen Techniken im Allgemeinen zur Wissensvermittlung eignen und nicht auf dem Effizienz-Vergleich der individuellen Softwareumsetzungen. Für die praktische Untersuchung der Forschungsfrage, mittels eines Prototyps in den späteren Kapiteln, wird das MASH Toolkit verwendet, so dass es sich hier anbot auf dieses näher einzugehen.

2.1.4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde festgestellt, dass die genaue Definition des Begriffs von Motion Design schwierig ist, aber der Zweck, den das Medienprodukt erfüllen soll, ausschlaggebend ist für die Zuordnung. Wenn jenes das Ziel hat Informationen zu vermitteln, dann kann man es Motion Design zuordnen. Des Weiteren wurde deutlich, dass Motion Design in der heutigen Zeit mit den vielen Rezeptionsmöglichkeiten wie Handys und Tablets allgegenwärtig ist und sehr umfangreich in seinen Anwendungsmöglichkeiten. Dadurch gibt es auch nicht ein bestimmtes Verfahren für Motion Design, sondern man kann eher von gewissen Grundprinzipien sprechen.

Am Beispiel von MASH wurde deutlich, dass hier altbekannte Techniken aus der Computergrafik so eingesetzt und weiterentwickelt werden, dass der Fokus auf einer schnellen Umsetzung von Animationen liegt. Es besteht die Möglichkeit mit wenigen Klicks eine große Anzahl an Objekten zu animieren und sogar durch die Zufallskomponenten eine gewisse Natürlichkeit durch Varianz zu erzeugen. Man kann viele Instanzen gleichzeitig anhand von Audiodateien, Kurven und Objekten animieren lassen, ohne diese alle einzeln per Hand animieren zu müssen. Auf Grund dessen kann man von den neuen Techniken von Motion Design sprechen, die sich hier in den letzten Jahren als Werkzeug entwickelt haben.

Schaut man sich das Ganze jetzt in Bezug auf die Forschungsfrage an, inwieweit sich diese Techniken zur Wissensvermittlung von komplexen und abstrakten Sachverhalten eignen, so kann man nach jetzigen Erkenntnissen erst einmal festhalten, dass sich Motion Design hier potenziell sehr gut eignet. Es hat den Zweck der Informationsvermittlung und dementsprechenden werden Bild und Ton sorgfältig zur Vermittlung von Botschaften eingesetzt. Auch das Design an sich ist hier häufig eher simpel gehalten, wodurch der Fokus auf den kommunizierten Informationen liegt. Außerdem sind die Werkzeuge so angelegt, dass sich schnell Animationen erstellen lassen, wodurch die Allgemeinheit zügig über wichtige Themen aus beispielsweise den Naturwissenschaften informiert werden kann. Potenziell bietet diese Disziplin also große Chancen und Möglichkeiten im Gebiet der Vermittlung von Wissen. Es gibt Arbeiten, welche die Überlegenheit von instruktionaler Animation gegenüber statischen Bildern im Hinblick auf das Lernergebnis belegen [BPM08]. Aber was hier genau beachtet werden muss und wie der Mensch überhaupt lernt, wird im nächsten Abschnitt noch ein-

¹³<https://autode.sk/3x1fk80> Stand: 12.04.22

mal genauer betrachtet, mit dem Ziel einer möglichst effizienten Wissensvermittlung durch Motion Design.

2.2 Wissensvermittlung

Um Motion Design effizient zur Wissensvermittlung von komplexen und abstrakten Sachverhalten zu nutzen, muss man sich erst einmal Gedanken darum machen, wie der Lernprozess im Gehirn eines Menschen funktioniert und wie Informationen am besten aufgenommen und verstanden werden. Deswegen wird dies im Folgenden untersucht und geschaut, was es bei der visuellen Kommunikation zu beachten gilt.

2.2.1 Wie funktioniert Lernen?

Wir lernen rund um die Uhr, vom Moment unserer Geburt bis zu unserem Tod und das häufig, ohne überhaupt darüber nachzudenken. Wir lernen unsere Schuhe zuzubinden, welche die schnellste Route zur Bushaltestelle ist, welcher Laden die besten Burger macht und vieles mehr. Vor mehreren tausend Jahren, war die Hauptbeschäftigung des Gehirns unser Überleben zu sichern. Beispielsweise dadurch, Essen zu besorgen und einen sicheren Schlafplatz zu finden. Zwar müssen wir diese Basisbedürfnisse immer noch erfüllen, aber es kommen heutzutage noch viel mehr Informationen hinzu, die unser Gehirn verarbeiten muss. Die biologische Struktur unseres Gehirns kann sich aber nicht so schnell verändern, wie das unsere heutige Gesellschaft tut, was zu der Informationsüberflutung beiträgt. Während sich unser Gehirn zwar nicht signifikant von dem unserer Urgroßeltern unterscheidet, haben wir heute aber ein viel besseres Verständnis, wie unser Gehirn funktioniert. Das hilft uns neue und effizientere Lernmethoden zu entwickeln und die Informationsüberflutung besser zu meistern. [DZ18]

Folgend werden ein paar wichtige Erkenntnisse über den Lernprozess und die Informationsverarbeitung unseres Gehirns aufgezeigt:

Neurowissenschaftliche Studien zeigen, dass sich im Gehirn physisch etwas ändert, wenn man etwas Neues lernt. Man besitzt ungefähr sechsundachtzig Milliarden Gehirnzellen. Wenn man etwas neu lernt, dann bilden manche Gehirnzellen neue Verbindungen, um ein Netzwerk an Zellen zu bilden, was das neu Gelernte repräsentiert. Jedes Mal, wenn man diese gelernten Informationen benutzt, werden die Verbindungen stärker und die Möglichkeit diese abzurufen schneller. [DZ18]

Menschen können gut mit Mustern arbeiten. Das menschliche Gehirn generiert und konstruiert Zusammenhänge durch Vernetzung und Abgleich mit bereits vorhandenen neuronalen Repräsentationen. Diese Verbindungen, in denen vorhandene und neuen Informationen miteinander verknüpft werden, bewirken ein effektiveres Verstehen des Neuen. [Sch09]

Erinnerungen werden im Schlaf kreiert. Das Gehirn erinnert sich am besten an das, was einem am wichtigsten ist. Wenn man also die wichtigsten Informationen vor dem Schlafen gehen noch einmal wiederholt, dann verbessert das den Gedächtnisprozess für diese Information. [DZ18]

Das Gehirn unterdrückt viele der Informationen, die es sinnlich wahrnimmt. Es werden also nur bestimmte Informationen zur Weiterverarbeitung ausgewählt. Hierfür sind ein paar der Auswahlprinzipien u.a. Neuigkeit, Relevanz, Bedeutung und Sinnhaftigkeit. [Sch09]

Für das Lernen ist Aufmerksamkeit notwendig. Die Aufmerksamkeitsspanne eines Menschen wird durch alle Erfahrungen, während sie aufwachsen, geformt. Wenn man nach 1995 geboren ist, dann ist man in einer medienbasierten Kultur aufgewachsen, in der Informationen in kleinen Teilen und stückweise verbreitet wurden, was sehr wahrscheinlich in einer kurzen Aufmerksamkeitsspanne resultiert hat. [DZ18]

Studien haben gezeigt, dass wir am besten durch die Kombination von verschiedenen Sinnen lernen, da es einem mehrere Wege bietet, die neuen Informationen verknüpfen zu können. Die Sehkraft ist dabei der stärkste Sinn. Das einfachste, woran man sich erinnern kann, ist ein Bild. [DZ18]

2.2.2 Visuelle Kommunikation

Kommunikation ist ein wichtiges Element für den Menschen. Man kann sie definieren als den Akt der Übertragung von Informationen, Ideen, Gedanken oder Emotionen von einem Ort, einer Person oder Gruppe zu dem jeweils anderen durch Sprache, Signale, Schreiben oder Verhalten [Bec97]. Einer der wichtigsten Aspekte ist hierbei die Sprache, welche die Leute nutzen, um im Alltag miteinander zu kommunizieren. Auf der Welt gibt es viele verschiedene Sprachen, was häufig zu Problemen führt, wenn man jeweils die Sprache des anderen in einer Konversation nicht versteht. Betrachtet man dagegen das Gebiet der visuellen Kommunikation, dann stellt man fest, dass dieses viel inklusiver und verbindender ist, denn Bilder verstehen die meisten Menschen. Mit visueller Kommunikation kann man den Prozess beschreiben, bei dem Informationen von der Außenwelt an uns durch unsere Augen übermittelt werden [JKS20]. Diese Form der Kommunikation ist schon tausende Jahre alt und hat ihre frühesten Beispiele in Form von Höhlenmalereien aus der Steinzeit [G⁺21]. Aber warum ist Visuelle Kommunikation so effektiv?

Wie bereits im letzten Abschnitt erwähnt, ist der Sinn des Sehens einer unserer wichtigsten. Die Fähigkeit, Objekte in der Ferne wahrzunehmen, ist für die meisten Tiere sehr wichtig. Raubtiere orten ihre Beute, und die Beute weicht ihren Raubtieren aus, basierend auf den drei Fernsinnen Hören, Riechen und Sehen. Von diesen hat das Sehen die größte Reichweite. Mit bloßem Auge können Menschen tausende von Lichtjahren entfernte Sterne sehen. Licht breitet sich geradlinig aus und kommt praktisch augenblicklich bei uns an. Daher können visuelle Informationen unabhängig von der Entfernung genutzt werden und es ist uns möglich, sowohl die Richtung, als auch die Entfernung eines Objekts zu bestimmen. Andere Reize breiten sich auf ihrem Weg aus und bewegen sich langsamer, wodurch deutlich ungenauere Angaben ankommen. [MLS⁺17]

Des Weiteren reagiert der Mensch bevorzugt auf Bewegung. Wir nehmen konstant unsere Umgebung wahr und sobald unser Gehirn hier eine Bewegung wahrnimmt, liegt unsere Aufmerksamkeit darauf und wir analysieren diese. Wenn man also durch Bewegung kommuniziert, dann reagiert der menschliche Verstand erst einmal besonders aufmerksam darauf.

[CB17]

Wenn man nun also die visuelle Kommunikation als Prozess beschreibt, bei dem Informationen von der Außenwelt an uns durch unsere Augen übermittelt werden, dann bleibt noch zu bestimmen, wodurch die Übermittlung genau erfolgt.

Als Medien kann man in diesem Zusammenhang allgemein die Kanäle bezeichnen, mit denen eine Nachricht übertragen wird. Durch die Technologieentwicklung ist die Anzahl der unterschiedlichen Kommunikationskanäle in den letzten Jahren stark angestiegen. Der Kanal spielt eine wichtige Rolle bei der Sicherstellung eines effektiven Kommunikationsprozesses und infolgedessen muss er mit Bedacht gewählt werden. [G⁺21]

Beispiele für diese Kanäle sind das Fernsehen, soziale Netzwerke wie Instagram und Facebook, aber auch Straßenschilder und Werbeplakate. Die zu übermittelnde Botschaft muss nun auf solch eine Weise in visueller Form gestaltet werden, dass die Zielgruppe sie auch versteht. Hier kommt dann Design ins Spiel.

Dieses ist eine Brücke zwischen Wahrnehmung und Konzept und lenkt die Aufmerksamkeit auf wichtige Merkmale und nicht auf triviale Details. Grafikdesign ist eine spezifizierte Form dessen. Es bedeutet einen Gedanken, ein Gefühl oder einen Teil davon darzustellen in dem man bildliche Elemente in zweidimensionalen Ebenen oder dreidimensionalen Formen verwendet. Es kann also die Funktion erfüllen, eine Nachricht an die Zielgruppe durch visuelle Kommunikation zu übermitteln, in dem die entsprechenden Elemente auf ästhetische und sich ergänzende Weise miteinander kombiniert werden. [Erd15]

Doch wie wird dies erreicht und die Botschaft klar übermittelt? Hier lautet die Antwort, mittels der Designprinzipien oder auch Gestaltungsprinzipien genannt.

Gestaltung bedeutet Stil, Figur, Form und das Zusammenspiel aller, als ein integriertes Ganzes. Das Konzept der Gestaltung untersucht, wie das menschliche Auge visuelle Erfahrungen organisiert und wahrnimmt. [Erd15]

Die Wahrnehmungsorganisation wird beeinflusst durch verschiedene Gegebenheiten, die anhand von Prinzipien der Komposition kategorisiert werden können. Einige sind im Folgenden aufgelistet [DSV17]:

1. **Balance:**

Die bewusste Verteilung von Elementen. Jede Platzierung eines Elements beeinflusst die visuelle Gewichtung der Gesamtkomposition. Es gibt verschiedene Arten von Balance, wie beispielsweise Symmetrie als Spiegelung einzelner Bildbereiche (Abb. 2.19).

2. **Harmonie**

Gemeinsamkeiten von visuellen Elementen und die sich ergebende Einheit der Gesamtkomposition. Jedes Element sollte harmonisch mit dem Rest zusammenpassen (Abb. 2.20).

3. **Kontrast:**

Das Zusammenspiel von sich stark unterscheidenden Elementen, welche zusammen

eine stimmige Komposition ergeben. Die Unterschiede lenken den Fokus auf das Wesentliche und unterstützen so die gesamte Aussage des Designs. Es kann beispielsweise farblichen Kontrast (Abb. 2.21) geben durch Komplementärfarben, Größenkontrast, Formkontrast und vieles mehr.

4. **Beziehungen:**

Die Beziehungen in der Platzierung der Elemente im Gesamten. Dadurch kann beispielsweise Hierarchie erzeugt und der Blick des Betrachters im Design gelenkt werden. Auch die Drittelregel, Führungslinien (Abb. 2.22) und der Goldene Schnitt geben einen Weg für das Auge über die Komposition vor.

5. **Wiederholung:**

Die wiederholte Verwendung von ausgewählten Designelementen innerhalb der gleichen Zusammensetzung (Abb. 2.23) bzw. die Änderung ausgewählter Aspekte. Häufig wird meist ein Element wiederholt, wodurch sich eine gewisse Struktur abzeichnet, die das Ganze besonders wirkungsvoll gestaltet.

6. **Raum:**

Als negativer Raum wird der absichtlich offene Bereich in einer Komposition bezeichnet, der dem Betrachter die Möglichkeit dazu gibt, sich auf alles andere zu konzentrieren (Abb. 2.24). Im positiven Raum liegen Objekte und Elemente, die diesen Bereich der Komposition ausfüllen.



Abbildung 2.14: Gedankliche vertikale Symmetrieachse in der Bildmitte (<https://bit.ly/36coJgG> Stand: 14.04.22)



Abbildung 2.15: Warme Farben und ähnlicher Stil durch die Texturen und Formen (<https://bit.ly/37JaDUt> Stand: 14.04.22)



Abbildung 2.16: Fluchtpunkt-Perspektive
<https://bit.ly/30fhJ3J>
Stand: 14.04.22)



Abbildung 2.17: Starker farblicher Kontrast
<https://bit.ly/3EdF7tM>
Stand: 14.04.22)



Abbildung 2.18: Wiederholung der Muster von der Verpackung
<https://bit.ly/3vmdtqq> Stand: 14.04.22)



Abbildung 2.19: Durch den negativen Raum entsteht ein Gesicht
<https://bit.ly/38SCYbB> Stand: 14.04.22)

2.2.3 Zusammenfassung

In diesem Teilkapitel wurden einige wichtige Erkenntnisse über den Prozess der Informationsverarbeitung und des Lernens dargelegt, aus denen sich Vermutungen ergeben: Einmal eignen sich Videos als Lernmedium wahrscheinlich sehr gut, da das Gehirn besonders auf visuelle Stimuli reagiert und hier speziell auf Bewegung. So könnte man eine gewisse Grundaufmerksamkeit erzeugen, die für das Lernen notwendig ist. Man müsste dabei aber darauf achten, dass die Inhalte logisch sind und in einem größeren Zusammenhang gesehen werden können, damit der Lerneffekt besonders tiefgreifend ist. Außerdem sollten diese zeitlich kurz sein, damit die Aufmerksamkeitsspanne der Zuschauer ausreicht. Dadurch würden sich diese auch zu einer häufigeren Wiederholung anbieten, was den Lerneffekt steigern kann. Es müsste eine klare Botschaft vorhanden sein, welche unter Beachtung der Gestaltungsprinzipien visuell kommuniziert wird. Wenn man alle diese gewonnenen Erkenntnisse betrachtet, ist es potenziell möglich, durch Motion Design kurze Lernvideos zu erzeugen, mit denen sich effektiv komplexe Sachverhalte erklären lassen. Dies gilt es in den nächsten Schritten zu Überprüfen.

Kapitel 3

Stand der Technik

In diesem Kapitel werden verwandte Arbeiten untersucht, die sich mit den Themen Wissensvermittlung und -visualisierung vor allem im naturwissenschaftlichen Kontext beschäftigen. Zunächst wird auf die Wissensvermittlung im Informationszeitalter eingegangen. Es wird untersucht, welche neuen Anforderungen es hier zu beachten gibt und der neue Trend des „Micro Learnings“ einschließlich seiner Charakteristiken genauer betrachtet. Anschließend werden Techniken zur Vermittlung wissenschaftlicher Sachverhalte erläutert, vor allem die Rolle der Animation wird genauer überprüft. Schließlich wird noch speziell die Verwendung von Motion Design im wissenschaftlichen Kontext untersucht.

3.1 Wissensvermittlung im Informationszeitalter

Wie im ersten Kapitel bereits erläutert, ist die heutige Informationsüberflutung ein Problem, welche fast alle Bereiche des Lebens betrifft. Welche Bedeutung und Folgen das zusammen mit der rapiden Technologieentwicklung für die Bildung hat und welche Weiterentwicklungen es hier gibt, wird im Folgenden genauer durch drei Arbeiten untersucht.

Die Autoren Juanda, Maulida, Gloria und Nasrudin [JMG21] untersuchen in ihrer Arbeit, welche Anforderungen es im 21. Jahrhundert an die Vermittlung von Biologischen Sachverhalten in der Oberstufe gibt.

Es wird erläutert, dass die technologischen Fortschritte in der Ära der industriellen Revolution 4.0 zu tiefgreifenden Veränderungen in vielen Lebensbereichen geführt haben, einschließlich der Bildung. Diese spielt aber eine wichtige Rolle bei der Vorbereitung der nächsten Generation und der erforderlichen Wettbewerbsfähigkeit. Daher ist eine neue Transformation in der Welt der Bildung erforderlich, um den Schülern zu ermöglichen, Technologie zu beherrschen, kritisch zu denken, gut zu kommunizieren und in Teams zusammenzuarbeiten. Die Autoren identifizieren einige Herausforderungen und Probleme, die im heutigen naturwissenschaftlichen Unterricht auftauchen. Einige der Probleme sind die Verfügbarkeit geeigneter Lehrbücher und angemessener Unterrichtsmaterialien, die Vorbereitung und Ausbildung von Fachlehrern für Naturwissenschaften, die Aktualität der Lehre in der Wissenschaft und die drastisch zunehmende Nutzung des Internets als Quelle für Informationen. Es werden

also effektive und relevante Lehr- und Lernstrategien im Biologieunterricht benötigt, um den Bedürfnissen der heutigen Generation gerecht zu werden. Schüler bevorzugen digitale Ressourcen, um auf Informationen zuzugreifen, zu kommunizieren und Probleme zu lösen, während die meisten Biologielehrer jedoch immer noch traditionelle und veraltete Methoden im Biologieunterricht anwenden. Die Autoren identifizierten die Hauptanforderung, dass die Lehre den Schüler in den Mittelpunkt setzen und individueller auf dessen Bedürfnisse eingehen muss. [JMG21]

Die Autoren führten in einer Schule eine Studie durch, um zu untersuchen, ob der Biologieunterricht den Anforderungen des 21. Jahrhunderts an die Schulbildung entspricht oder nicht. Sie beobachteten dabei die vom Lehrer vorbereitete Umsetzung des Unterrichtsplans und erfassten den Biologielernprozess durch Interviews und Fragebögen. Sie stellten dabei fest, dass durch das Lernen mittels eines reinen Vortrags vom Lehrer, die Schüler eine weniger aktive Rolle im Lernprozess einnehmen. Andere Lernmethoden, die den Schüler in den Mittelpunkt des Lernens stellen, sind dagegen effektiver, denn sie können die Beteiligung der Schüler am Unterricht und deren Leistung steigern. Es gibt hier viele neue Ansätze zur angepassten Wissensvermittlung, wie die Entwicklung von Schülerarbeitsblättern, die Verwendung von Multimedia beim Lernen von Biologie und einiges mehr. [JMG21]

Eine andere Entwicklung im Bereich der Wissensvermittlung ist der Trend des sogenannten „Micro Learnings“. Die Autoren Jomah, Masoud, Kishore und Aurelia erläutern diesen Lernansatz in ihrer Arbeit [JMKA16]. Hier wird Micro Learning als eine Variante des E-Learnings¹ beschrieben, in der es darum geht, das Wissen in kleinen Segmenten geliefert zu bekommen, die man in kürzester Zeit verstehen kann. Diese Methode entspricht der Art und Weise, wie das Gehirn des Lernenden auf natürliche Weise Informationen aufnimmt, ohne dass der Körper gestresst wird. Das Besondere ist, dass die Lernenden selbst entscheiden, was und wann sie lernen. So wird es dem Gehirn ermöglicht, seine eigene Neugier und nach seinen individuellen Bedürfnissen zu erforschen. Die Autoren zeigen einige Vorteile dieses Lernansatzes auf: Micro Learning ist durch seine Natur wenig zeitintensiv, erfordert geringen Aufwand durch einzelne Sitzungen, erläutert Themen auf komprimierte Weise und ist häufig Spaßig und fesselnd für den Lernenden gestaltet. Außerdem eignet es sich gut für mobiles Lernen durch Smartphones, Tablets, etc. und so kann man das Gelernte regelmäßig wiederholen. Wichtig bei dieser Disziplin ist die Aufbereitung und Form des zu vermittelnden Inhalts. Die Suche der richtigen Technologie für die Umsetzung ist eins der Kernkonzepte für Micro Learning. [JMKA16]

Die Autoren stellten in einer Studie fest, dass Micro-Learning-Konzepte, die auf mobilem Web-Lernen basieren, zu einer Modernisierung des Bildungssystems beitragen können. Zwar sind die Inhalte kurzgehalten, aber sie können sowohl für den Wissenserwerb als auch für den Kompetenzaufbau unabhängig vom Thema verwendet werden. Damit ist Micro Learning auch eine mögliche Art auf die Notwendigkeit des lebenslangen Lernens am Arbeitsplatz zu reagieren. Es wird durch seine Eigenschaften wie die Fokussierung auf den Lernenden, die

¹Unter dem Begriff E-Learning (electronic learning) versteht man das Lernen, unter Verwendung von elektronischen Geräten und Medien. <https://www.e-learning-plattformen.de/was-ist-e-learning-definition/> Stand: 20.04.22

Erschwinglichkeit und Flexibilität immer beliebter. [JMKA16]

Eine andere Arbeit beschäftigt sich mit der praktischen Anwendung von Micro Learning in der Ausbildung von Gesundheitsberufen [DGPH⁺19]. Auch hier stellten die Autoren fest, dass diese Lernstrategie die Lernenden dazu befähigt, möglichst aktuellen Stoff flexibel in dem Moment zu lernen, wo sie ihn brauchen, wohingegen klassisches Lernen durch Sachbücher und Auswendiglernen sich weniger anbietet, durch die statische und hierarchische Ordnung. Gerade im medizinischen Bereich, wo es durch den ständigen Fortschritt wichtig ist, aktuelles Wissen zu beherrschen, bietet Micro Learning Vorteile. So konzentriert man sich durch diese Lernstrategie darauf, Verbindungen zwischen den kleinen Informationseinheiten herzustellen, was die Grundlage für das notwendige kritische Denken im klinischen Bereich ist. [DGPH⁺19]

Die Autoren identifizieren hier einige Charakteristiken, die eine konkrete Umsetzung zur Informationsvermittlung in Form von Micro Learning erfüllen sollte. Einmal sollte es informell angeboten werden, also nicht innerhalb des traditionellen Klassenzimmers als Teil des Unterrichts, sondern unabhängig davon. So könnte die Lernmöglichkeit flexibel über den Tag verteilt, ortsunabhängig vom Schüler genutzt werden, was ein individuell angepasstes Lernen mit kurzen Zeiten ermöglicht. Ein weiterer wichtiger Bestandteil sei die Eingrenzung des Themas zu einer einzigen definierbaren Idee, in Kurzform veröffentlicht und zugänglich über Blogbeiträge, Hashtags und ähnliches. Dadurch sollen in sich geschlossene Ideen vermittelt werden, die ohne weitere Ergänzung verständlich sind, aber auch mit anderen zu einem größeren Konzept verbunden werden können, um so neue Muster und Bedeutungen zu schaffen. Die Einheiten sollen für sich möglichst kurzgehalten sein. Zum Schluss soll der Lernende nicht die klassische Rolle eines Konsumenten einnehmen, der versucht einem Experten nachzuahmen, sondern den Lerninhalt durch soziale Interaktion und Konzept-Erforschung zu verstehen und so den Transfer von Ideen voranzutreiben. [DGPH⁺19]

3.2 Techniken zur Vermittlung wissenschaftlicher Sachverhalte

Im Hinblick auf die Forschungsfrage dieser Arbeit kann man festhalten, dass gerade in den Naturwissenschaften, häufig abstrakte Sachverhalte und komplexe Abläufe an Lernende vermittelt werden müssen. Deswegen bietet es sich an dieser Stelle an, genauer zu untersuchen, welche aktuellen Arbeiten sich mit dem Thema Visualisierung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten beschäftigen, welche Verfahren bzw. Techniken hier zum Einsatz kommen und welche Erkenntnisse daraus gewonnen werden können.

In ihrer Arbeit beschäftigen sich die Autoren Mustafa und Ibrahim mit den Auswirkungen von Animation auf die Gesellschaft während der Covid-19-Pandemie [Mus21]. Sie kamen durch ihre Untersuchung zu der Erkenntnis, dass animierte Videos eine aktive Rolle dabei spielen, die Gesellschaft über die Gefahren des Virus aufzuklären und die Ansteckung möglichst gering zu halten. Die Wissensvermittlung durch 3D-Animationen ist beispielsweise oft effektiver als das Lesen von Buchinhalten. Sie können verwendet werden, um schwierige

Konzepte zu erklären mit sehr guten Lernergebnissen. Solche Videos bieten eine bessere Lernumgebung, da sie die Monotonie eines reinen Vortrags durch den Lehrer durchbrechen und allgemein die Kreativität des Lernenden verbessern können. Man kann sie in vielen Bereichen verwenden, zum Beispiel in der politischen Bildung oder in der medizinischen Aufklärung. Gerade auch bei der Sensibilisierung von Kindern gegenüber dem Virus, haben Erklärvideos eine wesentliche Rolle gespielt. Durch Animationen können Geschichten erzählt, Emotionen, Ideen und Vorträge auf eine einzigartige, leicht verständliche Weise vermittelt werden, die sowohl kleine Kinder als auch Erwachsene verstehen können. [Mus21]

Die Menschen lassen sich von Animationen durch ihre Klarheit und Vereinfachung anziehen. Eine Botschaft in wichtige Informationen zu zerlegen, ist etwas, das nicht nur die Zuschauer zu schätzen wissen, sondern etwas, an das sich die Gesellschaft mittlerweile gewöhnt hat. Durch die blitzschnelle Kommunikation heutzutage, kann unser Gehirn mit einfachen Nachrichten sehr gut umgehen. Animation ist ein global wachsender Bereich, der zur Vermittlung von wichtigen Inhalten, wie dem richtigen Händewaschen während der Pandemie, genutzt werden kann und die eine wichtige Rolle im Bildungsprozess einnimmt, gerade auch im Hinblick auf die Bewältigung zukünftiger Krisen. [Mus21]

Eine weitere Arbeit untersucht die Rolle von Animation im Kontext des technologiegestützten Lernens im naturwissenschaftlichen Bereich [SJC⁺21]. Eine besondere Herausforderung in der Medizin ist der Übergang zwischen den drei Vergrößerungsstufen: die makroskopische, die mikroskopische und die molekular-biochemische Stufe. Alle drei Ebenen bieten Erklärungen für biologische und pathologische Prozesse innerhalb von Organen, Gewebe und Zellen. Während Realfilm hier an seine Grenzen stößt, können virtuelle Animationen dabei helfen, diese drei Ebenen als zusammenhängende Prozesse zu visualisieren und durch die zeitliche Komponente auch beispielsweise Wundheilungsprozesse oder den Verlauf einer Krankheit visualisieren. Außerdem ist es möglich durch diese Technik zwischen den verschiedenen Ebenen nahtlos ineinander zu blenden und räumliche Orientierung für den Zuschauer zu schaffen. [SJC⁺21]

Auch hier heben die Autoren das Problem hervor, dass jedes Jahr tausende neu medizinische Veröffentlichungen erscheinen und es für eine einzelne Person unmöglich ist, allen Entwicklungen hierbei zu folgen. Es besteht daher ein Bedarf an neuen Formaten, um einen Überblick über die Themen mit einfacher Zugänglichkeit und attraktiver Gestaltung in einem angemessenen Zeitraum zu bekommen. So haben sie eine Reihe an Lehrfilmen² in Form von 3D-Animationen entwickelt, welche die Thematik der Kommunikation zwischen Zellen behandeln und die interzellulären Prozesse in der Zahnheilkunde sowie der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie präsentieren (Abb. 3.1 und 3.2). Eine Herausforderung war hierbei, den Spagat zwischen der Notwendigkeit, die neuesten medizinischen Erkenntnisse zu präsentieren und dem Risiko einer Überkomplizierung der Nachricht. Die Informationen sollten sich auf die zu vermittelnden Kernbotschaften konzentrieren, damit die Aufmerksamkeit des Publikums erhalten bliebe. Also entwickelte ein internationales Expertengremium nach Auswertung der aktuellen Literatur, welche Botschaften jeweils vermittelt werden sollten. Die 15-20 Minuten langen Animationsvideos wurden in mehreren Sprachen produziert. Sie

²<https://www.quintessenz.de/cc6bac33> Stand: 16.05.22

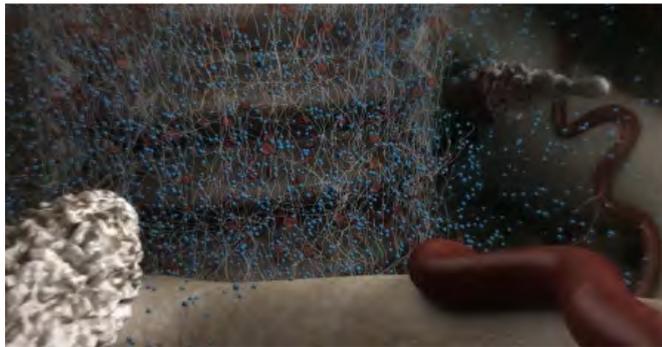


Abbildung 3.1: Ausschnitt aus dem Lehrvideo zu Osseointegration (<https://www.quintessenz.de/ccc6bac33> Stand: 26.04.22)



Abbildung 3.2: Ausschnitt aus dem Lehrvideo zu Entzündungsreaktionen (<https://www.quintessenz.de/ccc6bac33> Stand: 26.04.22)

sind von Universitäten frei nutzbar und es wird zusätzliche Hintergrundliteratur angeboten. [SJC⁺21]

Die Arbeit der Autoren Huilong, Adamo-Villani, McGraw und Griggs beschäftigt sich auch mit der Verwendung von Animationsvideos im medizinischen Bereich [ZAVMG17]. Sie merken an, dass es zahlreiche Studien gibt, welche den Einfluss von Animationsvideos auf das Lernen durch verschiedene Experimente untersucht haben. Dabei gibt es viele die hier eine positive Auswirkung feststellen [DSMV00] [ER06] [Wil98] [Nil13], aber auch ein paar, welche Animationen als ablenkend mit geringem positivem Effekt ansehen [MFB⁺03] [PH92]. Erstere sehen die größte Stärke der Animationen in ihrer Möglichkeit die Informationen in verschiedenen Modalitäten, wie Bilder, Wörter (Text oder Erzählung) und Bewegung zu vermitteln, was vorteilhafter ist als ein einzelnes Medium. Des Weiteren kann die Aufmerksamkeit des Betrachters gelenkt, dynamische Prozesse dargestellt und komplexe Konzepte in einfachen Schritten erklärt werden. Kritiker dagegen argumentieren, dass Animationen zu einer kognitiven Überlastung und in der Folge zu einer Abnahme des Lernens führen.

3. STAND DER TECHNIK

[ZAVMG17]

Zusammenfassend zeigt die Literatur keinen Konsens über die potenziellen Vor- und Nachteile der Animationen für das Lernen. Die Autoren merken an, dass viele dieser Studien Vorbehalte haben. Die Animationen sind beispielsweise nicht mit gleichwertigen Informationen, die in statischen Bildern übermittelt werden können, verglichen worden. Daher ist es nicht möglich festzustellen, ob der Unterschied im Lernen durch die Verwendung von Bildern oder von Bewegtbildern zurückzuführen ist. Außerdem schienen bei einigen Experimenten die Erfolge der Animation eher durch die Vorteile der zusätzlich übermittelten Informationen entstanden zu sein, als durch die Animation der Informationen an sich. Diese vorherigen Limitationen wollten die Autoren in ihrer eigenen Arbeit überwinden. [ZAVMG17]

In ihrer Studie untersuchten sie, ob Animationsvideos genauso effektiv sind wie traditionelle Anleitungen beim Lernen von medizinischer Notfallversorgung. Es wurden zwei pädagogische Ansätze verglichen; einmal vortragsbasiert und einmal auf Animationen basierend. Die abhängigen Variablen des Experiments waren die Leistungswerte der Schüler, wie Genauigkeitspunktzahl, Abschlusspunktzahl, Geschwindigkeitspunktzahl, Reihenfolgespunktzahl und Gesamtpunktzahl. Jeder Studienteilnehmer durchlief vier Schritte: Vortest, Gruppenzuordnung, pädagogische Intervention und Post-Test. Die Teilnehmer wurden in zwei Gruppen geteilt, die eine nahm an einem 20-minütigen Vortrag und einer Demonstration über medizinische Notfälle teil, während die andere sich eine vorbereitete Animation über das Thema viermal anschaute, was auch zu einer Gesamtzeit von 20-Minuten führte. Die Animation wurde durch Autodesk Maya und Adobe After Effects erstellt. Sie beinhaltet drei Sequenzen, die die Behandlungsverfahren für Ertrinken, Ersticken und Knochen-Fraktur zeigen mit erläuterndem Text und 2D-Diagrammen (Abb. 3.3). [ZAVMG17]

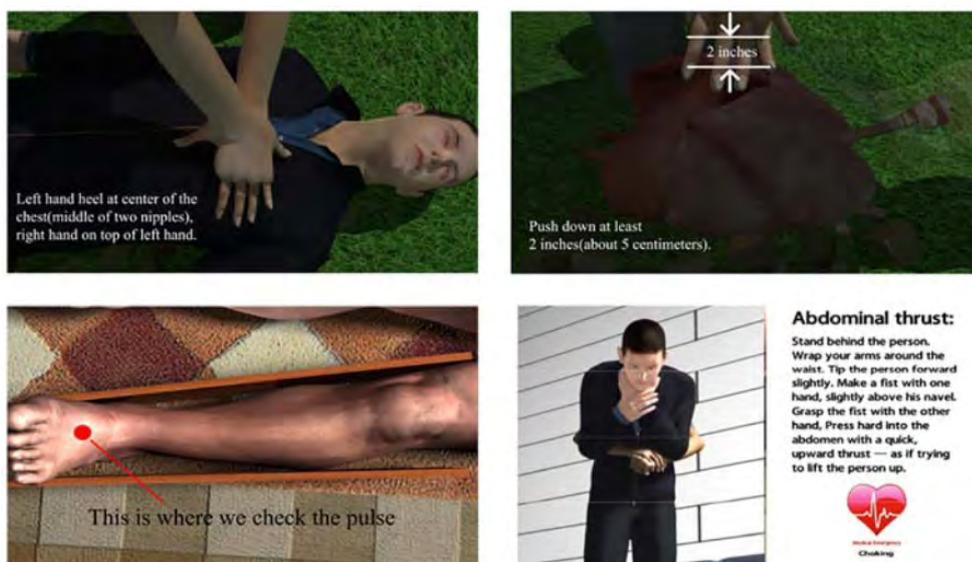


Abbildung 3.3: Vier aus der Animation extrahierte Einzelbilder: Ertrinkungsbehandlung (oben); Knochenbruch-Behandlung (unten links) Erstickungsbehandlung (unten rechts) [ZAVMG17]

Die Ergebnisse wiesen im Vergleich der Leistungen von den beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede auf. Es wurde gefolgert, dass Animationen ein effektives Lerninstrument sein können, welche den Vorteil haben, durch das Internet von überall und zu jedem Zeitpunkt von einer breiten Masse an Menschen genutzt werden zu können. Durch eine Befragung der Teilnehmenden, kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass gegenüber der Animation, eine enthusiastische und insgesamt positive Einstellung herrschte. Es ergaben sich einige Folgefragen: Wie können Animationen gestaltet werden um kognitive Belastung reduzieren? Wann sollten 3D-Animationen verwendet werden im Vergleich zu 2D-Animationen und im Vergleich zu statischen Bildern? Was sind die Kosten/Nutzen von speziellen Bildungs-Animationen verglichen mit günstigeren Alternativen? [ZAVMG17]

Eine andere Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung einer 3D-Molekularvisualisierung [KIM⁺20]. Während sich die Zellbiologie in den letzten Jahrzehnten erheblich verbessert hat, gibt es immer noch technische Beschränkungen für räumliche und zeitliche Auflösung, wodurch Bilder auf molekularer Ebene verdunkelt werden. Die schiere Dichte und Komplexität der Informationen verhindert ein klares Verständnis, weswegen 3D-Molekularvisualisierungen immer beliebter geworden sind. Durch sie hat man die Möglichkeit molekulare Daten in eine greifbare Form zu übersetzen. Die verbesserte Mikroskopietechnik ermöglicht aber 3D-Zeitraffer, schnellere Bilderstellungsgeschwindigkeiten und die Aufnahme größerer Datensätze. Diese realen Daten können dann für die Erstellung von hochqualitativen Animationen genutzt werden. Rohdaten werden mit Programmen wie 3D Slicer³ rekonstruiert, exportiert und stehen dann in Programmen wie Maya für Animationen zur Verfügung. Jedoch gibt es hier Limitationen, da starkes Rauschen bei der Mesh-Erzeugung eine aufwendige manuelle Fehlerbehebung mit sich zieht. [KIM⁺20]

Es gibt die RCSB Protein Data Bank (PDB)⁴, die eine Quelle mit zahlreichen 3D Visualisierungen ist, welche es Wissenschaftlern ermöglicht, auf Daten von biologischen Strukturen zuzugreifen. Die PDB IDs können exportiert und in verschiedenen 3D-Programmen genutzt werden, um strukturell korrekte Modelle von Molekülen zu erstellen (Abb. 33.4 und 3.5). Des Weiteren gibt es für manche 3D-Programme auch Plug-Ins, wie BioBlender⁵ oder Molecular Maya⁶, mit denen molekulare Modelle von einer Datenbank importiert und angepasst sowie animiert werden können. [KIM⁺20] Animationen, die komplexe zellbiologische Prozesse oder Hypothesen darstellen, können oft intuitiver für ein Publikum zu verfolgen sein als ein Text oder ein 2D-Diagramm. Allerdings muss auch etwas Vorsicht geboten sein. Die Ausgewogenheit ist entscheidend, damit der Betrachter der Richtigkeit der Informationen vertrauen kann, aber auch sich nicht von einem Übermaß an Details bzw. zu starker Vereinfachung über- oder unterfordert wird. Manchmal ist ein selektiver Ausschluss von Informationen erforderlich, um zum Beispiel die wahre Natur einer überfüllten, zellulären Umgebung zu vereinfachen, um sich auf interessante Objekte innerhalb dessen konzentrieren zu können. Darüber hinaus könnten Forscher besorgt sein, dass der Betrachter unangemessen dahingehend beeinflusst wird, dass er das hypothetische Modell für tatsächliche experimentelle

³<https://www.slicer.org/> Stand: 28.04.22

⁴<https://pdb101.rcsb.org/> Stand: 28.04.22

⁵<http://www.bioblender.org/> Stand: 28.04.22

⁶<https://clarafi.com/tools/mmaya/> Stand: 28.04.22

3. STAND DER TECHNIK

Daten hält oder denkt es wäre ein wahres Abbild der Realität. Daher müssen die Modelle und Animationen sorgfältig entworfen werden. [KIM+20]

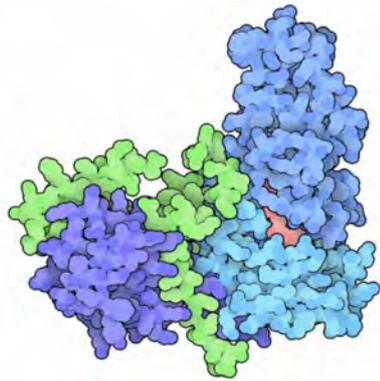


Abbildung 3.4: Sirtuin Protein (blau) gebunden an NAD (rot) und Sir4 (grün) (<https://pdb101.rcsb.org/motm/213> Stand: 28.04.22)

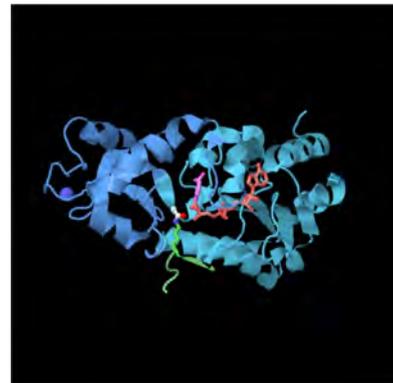


Abbildung 3.5: Sirtuin Protein Struktur aus der PDB-Datenbank (<https://pdb101.rcsb.org/motm/213> Stand: 28.04.22)

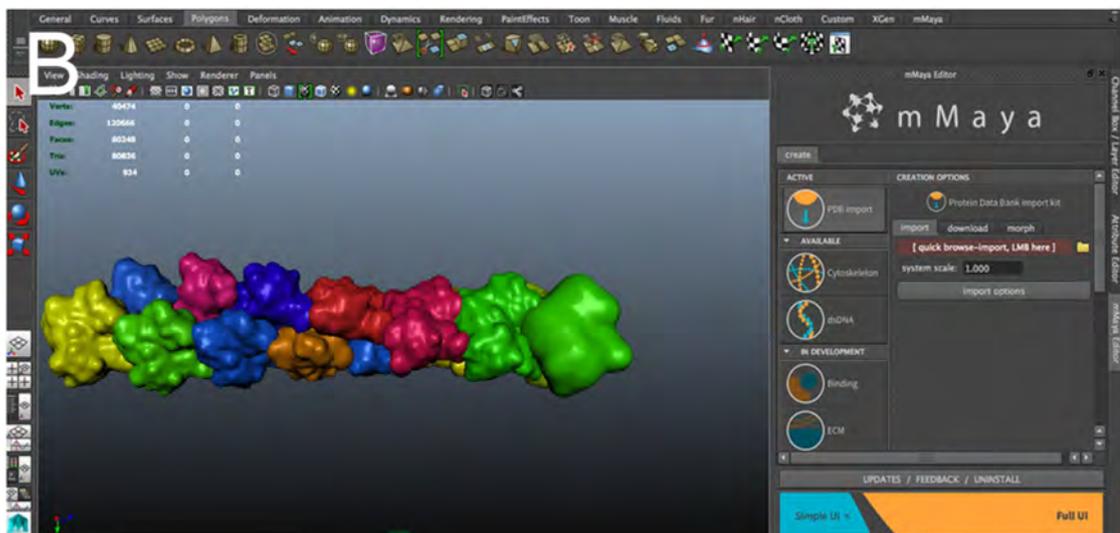


Abbildung 3.6: Molekülstruktur in mMaya [KIM+20]

Die Autoren entwickeln in der Arbeit eine 3D-Animation, welche Analogie nutzt, um die Unterscheidung zwischen einer alten und neuen These zur Zellbewegung zu kommunizieren. Zuerst wurde ein Storyboard entwickelt, wo die Animation in drei Hauptszenen aufgeteilt wurde. Als nächstes wurden die Modelle kreiert. Hier wurden einige durch die

Software ZBrush⁷ geformt, teils aus deren Bibliothek übernommen, manche von einer Modellwebseite heruntergeladen und andere wurden aus der PDB-Datenbank mittels mMaya in Maya importiert, wo die Molekül- und Bandstruktur angepasst und animiert werden konnte (Abb. 3.6). Hierbei wurden mikroskopische Referenzbilder verwendet. Die Texturen wurden per „Polypainting“ in ZBrush direkt auf die Oberfläche der Modelle gemalt und dann die entsprechenden Textur-, Normal- und Displacement-Maps exportiert. Teils musste das Innenleben einer Zelle zu sehen sein, so dass hier mit einer Transparenz-Map gearbeitet wurde, welche an den Shader gehängt wurde. Für die Animationen wurden sich die einzelnen biologischen Bestandteile durch mikroskopische Referenzen und durch Literaturrecherche angeschaut und entsprechend in ihrer Bewegung animiert. Für die Zellbewegung an sich, wurden die Geometrien der einzelnen sich bewegenden Teile jeweils an einen individuellen Motion-Path gebunden (Abb. 3.7). Für die Bewegung der Membrankrausen der Zelle, wurde mit einem „Lattice deformer“ gearbeitet, um so einen Käfig um die Zelle zu erzeugen und deren Mesh alle 30 Frames per Hand anzupassen und so eine möglichst natürliche Bewegung zu erzeugen (Abb. 3.8). Für die Beleuchtung der Szene wurden Spotlights und ein Physical Sun and Sky System verwendet. Gerendert wurde das Ganze mit Mental Ray. Adobe After Effects wurde dann verwendet für die Composition der einzelnen Szenen zu einem finalen Video⁸ und um Text, ein Voice-Over und Überblendungen einzufügen.

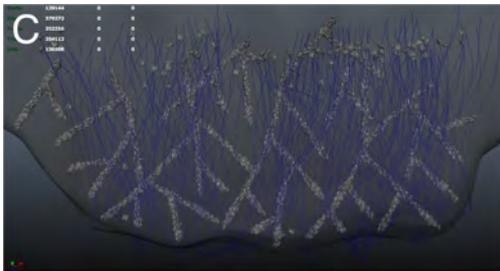


Abbildung 3.7: In blau sind die jeweiligen Motion-Paths der Objekte markiert [KIM⁺20]

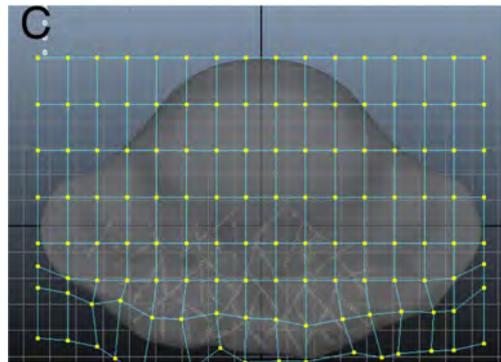


Abbildung 3.8: Das Mesh der Zelle wird mittels des Gitters über die Zeit verformt und so animiert [KIM⁺20]

Die finale Animation wurde von Experten evaluiert und es gab eine vorwiegend positive Rückmeldung. Während die Zelle sehr vereinfacht dargestellt war, waren die Details der Zellmaschinerie für die Fortbewegung auf der richtigen Ebene, so dass der Betrachter nicht mit überflüssigen Informationen überfordert wurde und die kognitive Belastung nicht so hoch war. Eines der Hauptziele des Projektes war es einen Weg zu finden, neue Ideen und Hypothesen effektiv zu kommunizieren, die allein in Textform schwierig zu verstehen waren. Basierend auf dem Feedback der Zuschauer hat die Animation im Allgemeinen das Verständ-

⁷<https://pixologic.com/> Stand: 28.04.22

⁸<https://www.behance.net/gallery/64992917/How-cells-move-animation> Stand: 29.04.22

3. STAND DER TECHNIK

nis für das Thema verbessert. Jedoch sollte es eine große Transparenz durch das Zitieren von Daten und Literatur geben, auf denen die Visualisierung basiert. Ein 3D-Designer muss einen feinen Balanceakt vollbringen, zwischen der Beachtung multimedialer Theorien, unter Berücksichtigung des Wissensstandes des Publikums und der Vermeidung einer kognitiven Überlastung des Betrachters. [KIM⁺20]

Aber Animationsvideos sind natürlich nicht die einzige Möglichkeit, wissenschaftliche Sachverhalte zu visualisieren. Es gibt beispielsweise Projekte bei denen Virtual-Reality (VR) oder Augmented-Reality (AR) genutzt wird.

Hierzu wird in einer Arbeit beschrieben, dass diese Technologien bei den Lernenden beliebt sind und hervorragende Lernergebnisse hervorbringen. Es wurden Schüler dazu befragt und es konnte festgestellt werden, dass fünfundachtzig Prozent eine Präferenz für Animation und technologieintegriertes Lernen haben. [KDR⁺21]

Ein Beispiel für eine solche VR-gestützte Lernumgebung ist das Projekt „Sea of Cells“. Hier wurde ein immersives und interaktives VR-Erlebnis geschaffen zur besseren Wissensvermittlung der prokaryotischen Zelle im Biologieunterricht für die Schüler der zehnten Klasse. Dieses findet in dem virtuellen Szenario eines verlassenen Labors statt, wo sie lernen, wie Zellen aussehen, wo sie sie berühren, auseinanderreißen und sehen können, was innerhalb der Zelle liegt. Die Schüler werden auf eine Skala gebracht, wo mikroskopische Organismen im Vergleich zum Anwender riesig wirken, welches eine Erfahrung ist, die so nur durch VR ermöglicht wird. Das Ganze dient als Basis für das bessere Verständnis einzelliger Organismen. Es wurde eine Begleitgeschichte entwickelt, so dass die Schüler zu einem gewissen Grad durch die Erfahrung geführt werden, aber es gibt dennoch genug Freiraum für das selbstständige Erkunden und Ausprobieren.

Das Labor wurde mit der Game Engine Unity⁹ erzeugt. Die meisten Modelle wurden aus



Abbildung 3.9: Sicht auf eine Zelle in VR [MOMR21]

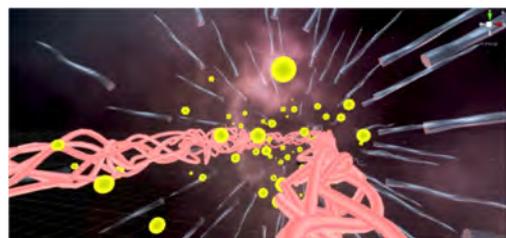


Abbildung 3.10: Innere Ansicht einer Zelle in VR [MOMR21]

dem zugehörigen „Asset-Store“ bezogen, nur ein paar einzelne, wie zum Beispiel das Mikroskop und die Zelle wurden durch Maya kreiert. Jedes Modell in der Szene hat seinen eigenen Shader und Reflektionen, welche durch Unity und Substance Painter¹⁰ erzeugt wurden. Bei dem Modell der Zelle, wurde viel Wert auf einen hohen Detailgrad gelegt, da diese ein Hauptbestandteil der Erfahrung sein sollte. So wurde eine transparente Kapsel geschaffen,

⁹<https://unity.com/de> Stand: 28.04.2022

¹⁰<https://www.substance3d.com/products/substance-painter/> Stand: 28.04.22

die den Blick auf alle Bestandteile freigibt und gleichzeitig ihre Form beibehält (Abb. 3.9 und 3.10). Die Shadereinstellungen wurden so getroffen, dass die Kapsel ein geleeartiges Aussehen besitzt. Das Projekt wurde von vielen Biologielehrern gut angenommen und zeigte vielversprechende Ergebnisse zur Verbesserung des Verständnisses von komplexen Themen im Biologieunterricht. [MOMR21]

3.3 Verwendung von Motion Design im wissenschaftlichen Kontext

Man kann argumentieren, dass die im letzten Abschnitt vorgestellten Animationen zur Disziplin des Motion Design gezählt werden können. Ihre Hauptaufgabe war es, das Wissen zu einem bestimmten Thema zu kommunizieren, so dass die in Kapitel zwei festgelegte Definition für Motion Design erfüllt ist, auch wenn die Autoren sie nicht als Motion Design betiteln.

Während diese Arbeiten bereits einzelne Aspekte für eine effektive Animation mit dem Ziel der Wissensvermittlung geschildert haben, hat Peter Vistisen in seiner Untersuchung [Vis21] eine Zusammenfassung spezieller Prinzipien für Motion Design im Bereich der wissenschaftlichen Veröffentlichungen aufgestellt.

Neben dem großen Erfolg von Animationen im Unterhaltungs- und Kreativbereich, haben in den letzten zwei Jahrzehnten auch funktionale Animationen an Bedeutung gewonnen. Jene sind Animation, die verwendet werden, um sachliche Informationen durch das kreative Auge des Künstlers darzustellen. Wenn ein Konzept in einer einfacheren Animation abstrahiert dargestellt wird, dann werden nicht Details eliminiert, sondern es ermöglicht es dem Betrachter sich auf spezifische Details in einer Form zu konzentrieren, die in der physischen Welt nicht ohne weiteres möglich wäre. Einen Repräsentationsstil so auf seine Essenz zu reduzieren, verstärkt die Bedeutung auf eine Weise, die Realfilm nicht erreichen kann und die einzigartig für die ist Bildsprache des Motion Designs ist. [Vis21]

Die Verwendung von Animationen für andere Zwecke als die zur Unterhaltung, ist nicht neu. Beispielsweise wurden sie seit Jahrzehnten für die Kreierung überzeugender Botschaften in der Werbebranche verwendet. Was neu ist, ist die verstärkte Fokussierung auf die grundsätzliche Frage, wie wir wissenschaftliche Erkenntnisse durch Motion Design und Storytelling konzipieren, kommunizieren und einem breiteren Publikum gegenüber debattieren können. Der Bereich der Wissenschaftsvisualisierung fordert neue und neu interpretierte Prinzipien der Gestaltung von Motion Graphics. Im Gegensatz zu klassischer Animation, zum Beispiel Disneys „12 Prinzipien der Animation“ [TJT95] und dramatischen Storytelling-Modellen [BTS10], muss Wissenschaftsvisualisierung noch seine eigenen Prinzipien etablieren und eine Gemeinschaft aufbauen, in der sich visuelle Designer mit Forschern, Lehrern, etc. verbinden können, um die faktenbasierte Wissensvermittlung in der heutigen Gesellschaft zu unterstützen. [Vis21]

Im Folgenden, wird eine Reihe von Anfangsprinzipien oder vielmehr Aspekten vorgeschlagen, die Bewegungsdesigner bei der Erstellung animationsbasierter wissenschaftlicher Visualisierungen berücksichtigen sollten, basierend auf Literatur zur funktionalen Animation. Diese sollen einen Leitrahmen für die Zusammenarbeit schaffen, die erforderlich ist, um die Ver-

wendung von Motion Design in der Wissenschaftskommunikation weiter zu erforschen und zu erweitern und die visuellen Disziplinen mit den traditionellen wissenschaftlichen Disziplinen zu verbinden. [Vis21]

Das Publikum und sein Bildungsgrad

Oberflächlich betrachtet, ist es offensichtlich, dass jede Art von Kommunikation ihre Zielgruppe berücksichtigen sollte. Bei Wissenschaftsvisualisierungen ist dies jedoch komplexer, da nicht nur das Publikum, sondern auch dessen jeweiliges Vorwissen für das dargestellte Thema berücksichtigt werden muss. [Vis21]

Gerade bei Anfängern, kann der Einsatz von Animation zu didaktischen Zwecken die mentalen Fähigkeiten zur Reflexion über das Thema erhöhen, auch wenn die Visualisierung die Realität dessen etwas überspitzt darstellt. Aber auf der anderen Seite können simple Visualisierung Fachexperten davon abhalten sie zu verwenden, was zu einer oberflächlichen Reflexion der Informationen führt. Experten brauchen häufig nicht nur mehr Details, sondern auch mehr Kontrolle über die Visualisierungen, zum Beispiel durch interaktive Steuerungen. Dies zeigt, dass Wissenschaftsvisualisierungen ein Kontinuum zwischen Anfängern und Experten berücksichtigen müssen. Der Kontext muss gleichermaßen beachtet werden: Dient die Visualisierung, um eine Diskussion zwischen gleichermaßen kompetenten Kollegen anzuregen, interessierte Leute in dem Gebiet zu unterrichten oder eher ein breiteres Publikum über Neuigkeiten zu informieren? Diese vier Aspekte, von Experte-zu-Experte bis hin zur öffentlichen Kommunikation, kombiniert mit einer sorgfältigen Berücksichtigung des Gleichgewichts zwischen Anfänger- und Expertenpublikum, sind zwei der wichtigsten Kontinuen, die Bewegungsdesigner bei der Erstellung wissenschaftlicher Visualisierungen berücksichtigen müssen. [Vis21]

Denken vs. Kommunizieren

Es ist wichtig zu überlegen, ob eine Wissenschaftsvisualisierung für eine festgelegte Kommunikation dienen soll oder ob sie auch als Werkzeug zum Denken genutzt werden kann. Wenn man auf letzteres abzielt, um die Überlegung für ein bestimmtes Phänomen anzuregen, sollte berücksichtigt werden, wie die dargestellten Informationen verwendet werden könnten, um völlig neue Ideen oder Erkenntnisse zu ermöglichen, die nicht in der Animation enthalten sind. Dies ist beispielsweise der Fall für Simulationen, die es dem Publikum ermöglichen, ein Problem visuell zu analysieren und es auf neue Weise einzurahmen. [Vis21]

Die visuellen Elemente müssen so angepasst werden, dass alle zusätzlichen Funktionen, die für das Verständnis nicht direkt nützlich sind, weggelassen werden, um eine fehlgeleitete Auffassung zu vermeiden. Darüber hinaus muss die Animation durch klare visuelle Elemente und interaktive Steuerungen unterstützt werden, die das Publikum anleiten, sich zu konzentrieren, und ein individuelles Tempo des Materials ermöglichen. [Vis21]

Bei diesem Prinzip hier handelt es sich aber nicht um eine strikte Trennung, sondern vielmehr um ein weiteres Kontinuum, in dem man sich überlegen müssen, ob hauptsächlich eine Erzählung mit wissenschaftlichem gebraucht wird oder aktiv versucht werden soll, das Denken des Publikum anzuregen um neue Erkenntnisse zu ermöglichen. [Vis21]

Die Objektivität von Wissenschaftsvisualisierungen

Ein weiterer zu berücksichtigender Faktor ist, wie das der Animation innewohnende erzählerische Potenzial genutzt wird. Wenn man eine visuelle Darstellung sieht, beginnt das Gehirn, die neuen Informationen zu rationalisieren, abzuwägen und in geordnete Strukturen zu verallgemeinern, um die Vergangenheit mit der Gegenwart in Beziehung zu setzen. Es beginnt, aus dem Gesehenen eine Geschichte zu formen, unabhängig davon, ob überhaupt eine Erzählung vorhanden ist. [Vis21]

Dies macht den Menschen jedoch auch anfällig für falsche Narrative – insbesondere dann, wenn die dargestellten Fakten vereinfacht dargestellt werden. Aber auch wenn eine möglichst genaue animierte Version der realen Welt angestrebt wird, ganz ohne Geschichten darzustellen, übernimmt der narrative Verstand und beginnt, das Gesehene zu interpretieren und Geschichten zu formen, auch wenn es keine gibt. Dies ist der Bereich, in dem ein Motion Designer darauf achten muss, eine Illusion des Verstehens zu vermeiden. Er muss sich aber auch bewusst sein, dass es praktisch unmöglich ist, bei der Darstellung von Wissenschaft durch visuelle Mittel völlig objektiv zu sein. Daher ist es wichtig, transparent zu machen, wie Animationen verwendet werden, da sie sich möglicherweise von dem unterscheiden, wie Phänomene im wirklichen Leben aussehen. [Vis21]

Es geht bei der Wissenschaftsvisualisierung nicht darum, ein perfektes Bild davon zu präsentieren, wie die Realität aussieht, sondern vielmehr zu erklären, was sie bedeutet. Dabei kann die Animation und deren Potenzial als kreative Methode zum Entwerfen von Visualisierungen genutzt werden, um die Essenz der Realität zu zeigen. Wissenschaftsvisualisierungen sollten nach Objektivität streben und gleichzeitig akzeptieren, dass wirklich objektive Informationen selbst für Wissenschaftler schwer zu erreichen sind. [Vis21]

Der ästhetische Wert von Wissenschaftsvisualisierungen

Damit Wissenschaftsvisualisierung zu einem weit verbreiteten Ansatz zur Kommunikation und zum Nachdenken über wissenschaftliche Themen wird, ist es notwendig, den erwarteten Qualitätsstandard zu berücksichtigen. Animation sind aber weder eine billige noch eine einfach zu produzierende Kommunikationsform, was sich in diesem Kontext besonders auswirkt, da die Mittel für die Wissenschaft oft auf Zuschüsse und institutionelle Budgets beschränkt sind. Die Frage ist also, ob die visuelle Wiedergabetreue so hoch sein muss, wie beispielsweise bei Visualisierungen für Zeichentrickfilme, oder ob hier zugunsten der Produktion von mehr Inhalt Kompromisse eingegangen werden können. [Vis21]

Die Antwort auf diese Frage ist im Wesentlichen ein letztes Kontinuum zwischen hoher und niedriger Wiedergabetreue bei den Animationen. In einigen Fällen sind detaillierte Grafiken und sorgfältig ausgearbeitete Bewegungskurven erforderlich, um das Verständnis der Phänomene erfolgreich zu erleichtern. Ein anderes Mal können auch einfache Striche mit groben Stop-Motion-Bewegungen und einem Voice-Over ausreichen. Wann welcher Fall eintritt, hängt wiederum von den vorher erläuterten Prinzipien ab, nach denen die Zielgruppe, der Nutzungskontext und die Objektivität berücksichtigt werden müssen. [Vis21]

3.4 Zusammenfassung

Fasst man das ganze Kapitel noch einmal zusammen, dann lassen sich einige relevante Erkenntnisse für die weitere Untersuchung der Forschungsfrage festhalten. Einmal gibt es neue Anforderungen an die Wissensvermittlung im 21. Jahrhundert, welche die Entwicklung neuer und effektiverer Lehransätze erfordern. Die beiden Erkenntnisse, dass die Lehre den Schüler in den Mittelpunkt des Lernens stellen sollte und ein multimediales Lernen vielversprechende Ergebnisse zeigt, gilt es zu beachten.

Ferner wird eine Antwort darauf durch den neuen Ansatz des Micro Learnings geboten, bei dem es darum geht das Wissen in kleinen Segmenten geliefert zu bekommen, die man in kürzester Zeit verstehen kann, wann und wo man möchte. Die Vorteile liegen vor allem im geringen Zeitaufwand, der kompakten Form der Förderung des kritischen Denkens durch die Knüpfung von Verbindungen zwischen den kleinen Informationseinheiten. Gerade im medizinischen Bereich wird dadurch das flexible Lernen von möglichst aktuellem Stoff ermöglicht. Die Lernstrategie wird charakterisiert durch ihre informelle und unterrichtsunabhängige Form, ihre Komprimierung des Themas zu einer einzigen in sich geschlossenen Idee und einer kurzen kompakten Ausführung.

Es bietet sich an, die Nutzung eines Motion-Design-Videos zur Wissensvermittlung auf Grund dieser Erkenntnisse weiter zu überprüfen. Einmal würde es die Nutzer zu selbstständigem und selbstbestimmtem Lernen befähigen und wenn man das Ganze in Form von Micro Learning umsetzen würde, könnte man so versuchen der Informationsüberflutung entgegenzuwirken, sowie den Fokus auf eine schnelle Erstellung von Lerninhalten setzen, so dass möglichst viele komplexe und aktuelle Sachverhalte vermittelt werden könnten.

Des Weiteren wurde in vielen Arbeiten die Nutzung von Animationen zur Visualisierung wissenschaftlicher Sachverhalte evaluiert, wobei hier bei vielen positive Ergebnisse festzustellen waren. Es lässt sich daraus schließen, dass Animationen hier als Werkzeug geeignet sind und sich eine weitere Untersuchung im expliziten Kontext des Motion Designs durchaus lohnt.

Diese verwandten Arbeiten konzentrierten sich aber vor allem auf die Überprüfung, ob sich Animationen generell eignen. In den wenigsten Fällen wurde genauer beschrieben, wie die Umsetzung der Animation erfolgt ist. Das Ganze wurde als Mittel zum Zweck gesehen, aber eine genauere Betrachtung bezüglich einer effektiven Umsetzung hat es nicht gegeben. Deswegen wird sich diese Arbeit konkret auf die Produktion von Animationen zur Wissensvermittlung konzentrieren, indem hier die Animationstechniken untersucht werden und überprüft wird, ob die neuen Techniken von Motion Design sich hier im Vergleich besser eignen, bezüglich Zeit, Nutzen und allgemeinem Aufwand. Konkret wird untersucht, an welchen Stellen sie wohlmöglich besser geeignet sind, als die herkömmlichen Verfahren mit anschließender praktischer Überprüfung dessen. Es wird analysiert, ob Motion-Design-Videos die Charakteristiken von Micro Learning auf diese Weise erfüllen können und sich damit potenziell als eine technologische Umsetzung von Micro Learning eignen.

Kapitel 4

Wissenschaft und Animation im historischen Kontext

Wie bereits in den letzten Kapiteln erwähnt, sind komplexe und abstrakte Prozesse und Sachverhalte im Bereich der Wissenschaft oft zu finden. Gerade auf der molekularen Ebene ist man bei der Wissensvermittlung häufig auf Animationen angewiesen. Deshalb bietet es sich an, zur Vorbereitung der praktischen Untersuchung der Forschungsfrage diesen Bereich im geschichtlichen Kontext zu untersuchen. So kann man ein besseres Verständnis der Abhängigkeiten von Animation bzw. Computergrafik und Wissenschaft sowie der Entwicklung der Techniken bekommen.

4.1 Lehrfilme und klassische Animationstechniken

Die Verbreitung gewonnener Erkenntnisse, ist ein ständiger Bestandteil der Wissenschaften seit dem Zeitalter der Aufklärung, wo detailliert Skizzen, taxonomische Zeichnungen und vereinfachte Metaphern verwendet wurden, um bei Kollegen Interesse an der eigenen Arbeit zu erregen sowie die Öffentlichkeit an wissenschaftlichen Ergebnissen und Ideen teilhaben zu lassen [Vis21]. Man hat folglich schon früh erkannt, dass visuelle Lernmethoden Vorteile haben.

Eine visuelle Herangehensweise an Wissenschaft und Technik, verbessert die Kommunikation. Mit visuellen Ansätzen können Wissenschaftler und Ingenieure komplexere und subtilere Konzepte untereinander und mit Schülern kommunizieren und visuelle Lernansätze binden den Schüler umfassender in die präsentierten Ideen ein. [MB05]

In der Neuzeit wurde der Film als Medium besonders beliebt, mit Dokumentaristen und Wissenschaftlern, welche ihn zur Erklärung realer Phänomene der Natur- und Technikwissenschaften nutzten. Auch die Künste der Animation wurden für diese Formate eingesetzt. Im Gegensatz zu Realfilm ist Animation weniger limitiert und es gibt unendlich viele Möglichkeiten sich aufregende neue Welten vorzustellen, in denen der Animator fast die volle Kontrolle über das Material ausüben kann. So kann man sich auf Details konzentrieren, welche in der realen Welt nicht so einfach dargestellt und hervorgehoben werden können. [Vis21]

Der Umfang des visuellen Lernens in den Wissenschaften, hat mit dem Aufkommen leistungsstarker, kostengünstiger Computer zugenommen, so dass jetzt alle Wissenschaften mit starken visuellen Ansätzen arbeiten [MB05]. Um zu verstehen, wie die heutigen etablierten Techniken in der wissenschaftlichen Animation durch die neuen Techniken von Motion Design wohlmöglich verbessert werden können, im beschriebenen Kontext der Wissensvermittlung, ist es notwendig deren geschichtliche Entstehung genauer zu untersuchen.

Im späteren 19. Jahrhundert war der Film als Medium bereits fest als Arbeitsmittel im wissenschaftlichen Bereich etabliert. Beispielsweise erstellte der Radiologe John Macintyre im Jahr 1897 erste Röntgenfilme von Gliedmaßen und aktiven Organen. Ludwig Braun machte Aufnahmen von sich bewegenden Bakterien und einem schlagenden Hundeherzen und der Wissenschaftler Gheorge Marinesco führte 1898 in Paris Bilder von Bewegungsabfolgen bei Menschen mit motorischen Störungen vor. Wie sich schon erkennen lässt, wurde das Medium gerade im medizinischen Bereich häufig genutzt. Der Film galt als visionäres Mittel, welches neue Sichtbarkeiten auf die Dinge zu ermöglichen schien und so attraktiv für sowohl die Forschung als auch die Lehre war. Zwar schritt die Integration des Films in der medizinischen Forschung schnell voran, aber bei der medizinischen Wissensvermittlung gab es Widerstände, so dass sich das Medium hier nur langsam etablierte. Welche Form Gesundheitsaufklärungsfilm haben sollten, damit das Wissen auch anschaulich und verständlich ist, war zwischen Filmproduzenten, -regisseuren, Medizinern, Politikern und dem Publikum umstritten. Es wurden immer wieder Veränderungen bzgl. Narration, Montage, Dramaturgie und so weiter getroffen, um die Filme effektiver zu gestalten und die notwendige emotionalisierende Wirkung für die Vermittlung wissenschaftlicher Inhalte zu erzielen. Es wurde hierfür zwar überwiegend Realfilm gedreht, aber auch andere Darstellungsformen wie mikroskopische Aufnahmen, Karten, Diagramme, Statistiken, grafische Darstellungen, Vorher-Nachher-Bilder und vor allem Animationen wurden integriert. Diese waren durch ein Wechselspiel häufig miteinander kombiniert, um den Film so plausibel wie möglich zu machen. [Lau13]

In den 1910er Jahren entstanden, im Rahmen von umfassenden Gesundheitsaufklärungskampagnen, medizinische Lehrfilme in vielen Ländern, zur Prävention und zur Bekämpfung von Krankheiten. Dies leitete den Start der bis heute andauernden Produktion von medizinischen Aufklärungsfilm ein. Ziel des Ganzen war es, über neueste wissenschaftliche Erkenntnisse über Ansteckungswege, Erkennung von Symptomen und Heilungsansätze von Krankheiten zu informieren. Hier spielte die Animation als eine über die fotografische Darstellung des Körpers und seiner Krankheiten hinausgehende Technik eine wichtige Rolle. Der Film „Krebs“ vom Jahre 1930 ist hierfür ein Beispiel. Es wird über die Krankheit informiert, wobei die Animationen die Funktion einer zusätzlichen Dramatisierung übernehmen, indem beispielsweise Schlagworte schnell hinter einander eingeblendet werden, als würde es dem Zuschauer an Atempausen fehlen. Durch die Verwendung wird auf die Gefahren der Ansteckung und der Falsch-Behandlung der Krankheit hingewiesen und die Intensität und Größe der Bedrohung unterstrichen. [Lau13]

Umfassend diskutiert wurde die Bedeutung von Trickfilmen als Lehrfilme in den 1920er Jahren. Es wurde versucht das Animationskino von seinem unterhaltenden, werbenden Cha-

rakter zu einem wissenschaftlichen, informativen und aufklärerischen Wert zu verschieben. Es wurden Trickfilm-Einschübe in Realfilmen, vollständige Zeichenfilme, animierte Texte, Diagrammen etc. bis hin zu bewegten Puppen oder Silhouetten verwendet. [Lau13]

So beschrieb Hans Ewald 1924 im Kulturfilmbuch über den Trickfilm [BKB24], dass mit Animationen komplexe Phänomene leichter darstellbar seien. Weiter legt er da, dass keine Lehrmethode in kurzer Zeit dem zu Belehrenden eine derart anschauliche Darstellung des Lehrstoffes bieten kann, wie der Trickfilm, egal ob die inneren Teile einer Maschine oder die organischen Vorgänge im menschlichen Körper erklärt werden. [BKB24]

Es wurde also schon früh erkannt, welches Potenzial Animationen für die Wissensvermittlung bieten, was sich auch Jahre später in mehreren Studien bewiesen hat, wie im letzten Kapitel beschrieben. Aber wie funktioniert die Animationstechnik des Trickfilms?

Beim klassischen Zeichentrickfilm werden gezeichnete oder gemalte Einzelbilder mit jeweils kleinen Veränderungen aufgenommen und nacheinander geschaltet, sodass sich ein kontinuierlicher Bewegungsablauf ergibt, wenn man sie schnell genug hintereinander abspielt. Es kann hier u.a. mit Papier oder Glas verwendet werden. [Rei13]

Viele der heute in der Computeranimation angewendeten Verfahren, haben ihren Ursprung in dieser Technik, die zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts entwickelt wurde. Der erste Zeichentrickfilm „Gertie the Trained Dinosaur“ wurde 1914 von Winsor McCay produziert. Er zeichnete die ca. 10.000 Einzelbilder per Hand, ohne dass er dabei eine spezielle Technik verwendete. Ebenfalls in diesem Jahr entwickelte Earl Hurd die sogenannte Cel-Animation. Dieses Verfahren erleichterte die manuelle Erstellung von Bildsequenzen erheblich, da man hier Bildvordergrund und -hintergrund voneinander trennte. Der statische Hintergrund wurde nur einmal erstellt, aber die Vordergrundobjekte wurden mit all ihren Bewegungsposes auf transparente Celluloidfolie gezeichnet. Diese wurde dann jeweils auf den Hintergrund gelegt und fotografiert, so dass letzteres nicht immer wieder aufs Neue gezeichnet werden musste. Ebenfalls in den zwanziger Jahren begann auch Walt Disney mit der Erstellung von Zeichentrickfilmen, wobei der bekannte Cartoon Charakter „Mickey Mouse“ erstmals in dem Kurzfilm „Steamboat Willie“ aus dem Jahre 1928 zu sehen war. Dieser Film war ein Meilenstein in der Filmgeschichte, denn er war der erste vertonte Trickfilm. Als erster Produzent setzte Walt Disney auch das 3-Farben-Technicolor-Verfahren für Zeichentrickfilme ein, bei dem zur Bildaufzeichnung Kameras mit drei separaten Filmstreifen eingesetzt wurden. Diese waren mit entsprechenden Farbfiltern ausgestattet, so dass im Jahre 1932 die ersten farbigen Zeichentrickfilme „Flowers and Trees“ und „Three Little Pigs“ erschienen. [JNW06]

Weitere klassische Animationstechniken sind der Legetrick, Knetanimation, Kameralose Animation und der Puppentrick. Beim Legetrick werden zweidimensionale Ausschnitte von Objekten, z.B. aus Pappe, immer wieder zwischen jeder Aufnahme verschoben, so dass sich ein kontinuierlicher Bewegungsablauf ergibt. Eine Sonderform ist der von hinten beleuchtete Scherenschnitt, der ähnlich wie ein Schattentheater funktioniert. Bei der Knetanimation werden die Objekte aus Lehm oder Knetmasse hergestellt und zwischen den einzelnen fotografischen Aufnahmen verformt, sodass sich eine kontinuierliche Veränderung ergibt. Bei der Kameralosen Animation wird das entsprechende Filmmaterial direkt bearbeitet, zum Beispiel durch Kratzen, Bemalen, Bekleben oder das Auftragen von Chemikalien. Hier ist

keine extra Aufnahme der einzelnen Bilder notwendig. Der Bewegungsablauf ergibt sich durch die kontinuierliche Veränderung jedes einzelnen Frames des Films. Beim Puppentrick werden dreidimensionale Objekte und Puppen auch wieder zwischen den einzelnen fotografischen Aufnahmen minimal in ihrer Position verändert, so dass sich ein kontinuierlicher Bewegungsablauf ergibt. [Rei13]

Diesen Animationstechniken liegt das Stop-Motion-Prinzip zu Grunde. Es werden auf verschiedene Weisen Objekte in den einzelnen Posen eines Bewegungsablaufs jeweils in einem Bild dargestellt. Werden die Bilder in der richtigen Reihenfolge nacheinander schnell genug gezeigt, dann entsteht die Illusion von Bewegung.

Viele dieser Techniken wurden auch in den Lehrfilmen des 20. Jahrhunderts eingesetzt. Ein Beispiel hierfür ist der Zeichentrickfilm „Les deux méthodes“ von Jean Benoît-Lévy aus dem Jahr 1928 (Abb. 4.1). In diesem Film werden die Animationen dazu genutzt, dem Zuschauer die richtige Ernährung von Säuglingen und Kindern zu erläutern. Hier wurde mit volkstümlicher Erzählweise, einer reduzierten Bildsprache, sowie einfachen und kurzen Text-Erläuterungen gearbeitet, um medizinische Sachverhalte auch für ein jugendliches und ein ungebildetes Publikum verständlich erklären zu können. [Lau13]



Abbildung 4.1: Gegenüberstellung zweier Mütter und deren unterschiedliche Ernährungsweisen für ihre Babys [Lau13]



Abbildung 4.2: Schematische Darstellung der männlichen Geschlechtsorgane [Lau13]

Gerade bei der publikumsgerechten Darstellung von Aufklärungsfilmen im Bereich der Sexualekunde, spielten Animationen eine wichtige Rolle. Geschlechtskrankheiten waren in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, unter anderem ausgelöst durch den ersten und später den zweiten Weltkrieg, in einigen europäischen Ländern und auch den USA, ein akutes Problem. Durch Animationsfilme erhoffte man sich einerseits eine massenhafte und eindringliche Belehrung und andererseits konnten somit zu der damaligen Zeit problematische Thematiken wie Genitalien und Sexualpraktiken öffentlich visualisiert werden. So konnte durch zumeist Stop-Motion-Technik beispielsweise Syphilis-Symptome und -Krankheitsverläufe wie auch Geburtsvorgänge gezeigt werden. Animationen hatten also eine Substitutions-Funktion für moralisch bzw. sittlich Nichtzeigbares. [Lau13]

Jedoch gehört zum Verständnis von Krankheiten nicht nur die Darstellung der äußeren Vorgänge, sondern auch der inneren. Aber wie können die Wanderungen und Übertragungswege von mikroskopisch kleinen Bakterien und Viren visualisiert werden? Auf welche Weise lässt sich die Degeneration eines Körperteils filmisch festhalten? Hier war der wissenschaftliche Lehrfilm wiederum auf Animationen angewiesen als eine effektive Darstellungsform. Ein gutes Beispiel hierfür ist der Film „Feind im Blut“, welcher über die Gefahren der Geschlechtskrankheiten informiert (Abb. 4.2). Vor allem dienten die Animationen der Darstellung der Wanderung von Bakterien im Körper, welche durch Punkte, die sich in Diagrammen von Körperausschnitten bewegen repräsentiert wurden. [Lau13]

Animationen haben sich also als ein effizientes Visualisierungswerkzeug für das Nichtzeigbare und das nicht Nichtsichtbare bewiesen. Aber nicht nur das; durch die Darstellung mittels Modellen wird eine wichtige Transformation erst ermöglicht, nämlich wird von einem individuellen Beispiel, wie einem erkrankten Körperteil, zu einem generellen Prinzip gewandelt. So entsteht ein modellhaftes Wissen vom Körper, das gerade durch seinen Abstraktionsgrad eine besondere Eindringlichkeit erhält. Während die ersten filmischen Aufnahmen in der Medizin als eine Erweiterung des klinischen Blicks empfunden wurden, so konnten die Animationen im Lehrfilm eine Transformation des Sehens und des Wissens bewirken. [Lau13]

4.2 Animationen der Mikro- und Molekularbiologie

Wie im vorherigen Abschnitt zu erkennen ist, hat sich gerade im mikrobiologischen Bereich die Animation als Mittel zur effektiven Wissensvermittlung bewiesen, beispielsweise bei der Wanderung von Bakterien. Gerade die Bereiche der Naturwissenschaften, die sich mit den sehr kleinen Dingen wie Viren und Molekülen beschäftigen, sind häufig schwerer vorstellbar, da man sie nicht ohne weiteres sehen kann. Demnach ist es auch für viele Menschen schwierig die zusammengehörigen Prozesse, ohne eine Visualisierung zu verstehen.

Im frühen zwanzigsten Jahrhundert, war das Medium des Films an sich relativ neu und so wurde einerseits mit ihm als solches experimentiert und andererseits, wurde es für die weitere wissenschaftliche Forschung in den verschiedenen Bereichen genutzt. Auch in der Mikrobiologie wurden Versuche mit Filmkameras, Mikroskopen und den Parametern Belichtung, Vergrößerung und Zeit gemacht. So konnten Experimente auch aufgezeichnet und analysiert werden. Das Gebiet der Mikrokinematographie wurde geboren, welches sich mit der filmischen Visualisierung winziger Organismen und Zellen beschäftigt. Die ersten Filme handelten von Bakterien und Blutzellen, die in „Echtzeit“ aufgenommen wurden. Die Echtzeit bezeichnet in diesem Kontext die Zeit der Dreharbeiten zusammen mit der Zeit, die der Film brauchte, um sich in der Projektion abzurollen. Auch Zeitraffer konnten erstellt werden, indem ein Bild des mikroskopischen Objekts in gleichmäßigen Abständen, beispielsweise einer Minute, aufgenommen und der resultierende Film dann mit einer viel höheren Geschwindigkeit, wie 24 Bildern pro Sekunde, projiziert wurde. So konnten sehr langsame Bewegungen beschleunigt und zuvor unmerklich langsame Veränderungen für den Beobachter sichtbar gemacht werden. Das eröffnete den Zugang zu einer neuen Welt biologischer Phänomene,

die zuvor durch die statischen Darstellungsformen verborgen geblieben war. [Lan06]
So wurden viele neue Erkenntnisse in den Naturwissenschaften durch die stetige Forschung gemacht, die es wiederum als Wissen zu Vermitteln galt. Je tiefer man die Sachverhalte untersucht, umso umfangreicher und zumeist komplexer werden sie natürlich auch. Die mikrobiologischen Aufnahmen konnten zwar in Lehrfilmen verwendet werden, aber sie konnten vor allem als Referenzen dienen für Animationen, welche die Phänomene in einem größeren Zusammenhang und abstrahierter darstellen konnten. Aber natürlich wurde auch auf anderen Gebieten weiter geforscht, auch bei den Animationen gab es Weiterentwicklungen.

So begann die Entwicklung der Computer Animation 1949 am Massachusetts Institute of Technology (MIT). Hier war der erste elektronische, noch mit Röhren ausgestattete Computer mit dem Namen „Whirlwind“ entstanden, welcher als Ausgabegerät ein Oszilloskop besaß (Abb. 4.3). Mit diesem Computer entwickelte Charly Adams ein Programm, das einen springenden Ball in Echtzeit berechnen und darstellen konnte. Dies wird sowohl als erste Computergrafik, als auch als erste Computeranimation bezeichnet. Im Zuge dessen, zeigte das Militär hier Interesse und es wurde das „SAGE“-Computersystem zur Luftraumüberwachung entwickelt. Es bestand aus 82 Grafikkonsolen und erlaubte das interaktive Arbeiten mit Hilfe eines „Lightpen“. Der Benutzer konnte mit diesem direkt am Bildschirm grafische Manipulationen durchführen, wie Löschen oder Verschieben. Ebenfalls im Zuge der militärischen Forschung entwickelte Edward E. Zajac 1963 den ersten an einem Großrechner erstellten Animationsfilm, welcher die Bewegungen und unterschiedlichen Ausrichtungen eines Erdsatelliten im Weltraum zeigte. Im gleichen Jahr veröffentlichte Ivan Sutherland das „Sketchpad-System“ (Abb. 4.4), welches den wissenschaftlichen Durchbruch in der Computergrafik brachte. In den folgenden Jahren wurden viele Bereiche für Computergrafik an verschiedenen Universitäten und zahlreiche Firmen, mit dem Ziel grafische Rechensysteme zu entwickeln, gegründet. [JNW06]



Abbildung 4.3: Der Steuerraum des Whirlwind Computers im Jahre 1950
<https://www.ll.mit.edu/about/history/sage-semi-automatic-ground-environment-air-defense-system> Stand: 08.05.22)



Abbildung 4.4: Ivan Sutherland und das „Sketchpad-System“
<https://bimaplus.org/news/the-very-beginning-of-the-digital-representation-ivan-sutherland-sketchpad> Stand: 08.05.22)

Auch in der Mikro- und Molekularbiologie wurde mit der Computergrafik Forschung

betrieben. In ihrer Arbeit [BK52] beschrieben der Informatiker John M. Bennett und der Biochemiker und Molekularbiologe John Kendrew 1952 die Verwendung des Cambridge ED-SAC zur Berechnung von Fourier-Synthesen bei der Berechnung von Strukturfaktoren des Proteinmoleküls Myoglobin. Dies war die erste Anwendung eines elektronischen Computers im Bereich der kristallographischen Berechnungen. Im Jahre 1958 and 1960 folgten dann zwei weitere Arbeiten [KBD⁺58][JRB⁺60] von John Kendrew in der Zusammenarbeit mit diversen anderen Forschern, in denen die erste Lösung einer dreidimensionalen Molekularstruktur eines Proteins, nämlich Myoglobin, beschrieben war. Dafür erhielt Kendrew zusammen mit seinem Freund und Kollegen Max Perutz 1962 den Nobelpreis für Chemie. [Cha18]

Ebenso diskutierten und erforschten andere Arbeiten die Nutzung von Computergrafik. So finden sich z.B. im „Science Magazine“ der „American Association for the Advancement of Science“ zwei Artikel [AB70][Ham71], die sich mit der Computergrafik als Lernhilfe beschäftigen. Es wurde beispielsweise im Jahre 1975 eine Arbeit [CCHJ⁺75] veröffentlicht, die sich mit der Verbesserung der bisherigen Methode zur Erfassung von Proteinkristallstrukturen befasst, indem Computergrafik zur Unterstützung eingesetzt wird. Mit dem vorherigen Verfahren war es sehr zeitintensiv und teuer, einen hohen Auflösungsgrad zu erzeugen, welcher aber notwendig und signifikant für die Erforschung der Strukturen war [CCHJ⁺75]. Eine andere Arbeit aus dem Jahr 1980 [GARS80], widmet sich einem computerunterstützten Molekularmodellierungssystem und es wird gezeigt, dass dieses zur Erzeugung und Speicherung von Molekularstrukturen, zum Vergleichen von Molekularformen und zum Berechnen von Molekulareigenschaften nützlich ist. Denn gerade im Bereich der Arzneimittelrezeption ist die dreidimensionale Struktur von Molekülen bedeutsam, da sie Einfluss auf die biologische Aktivität hat [GARS80]. Im Jahre 1991 untersucht beispielsweise ein Artikel [MTG⁺91] dreidimensionale Strukturmodelle von RNA. Diese sind wesentlich, um zu verstehen, welche zelluläre Rolle RNA spielt [MTG⁺91]. Im Laufe der Jahre gab es immer mehr Arbeiten, die sich mit diesem Bereich befassten und in der Folge den Forschungsstand erweiterten. Über die Zeit wurde auch durch die Forschung die Rechenleistung immer weiter verbessert und parallel dazu konnten die Techniken der Computergrafik wachsen.

Eine weitere nennenswerte Arbeit, wurde auf der Siggraph Konferenz, die vom 30. Juli bis 3. August 2006 in Boston stattfand, vorgestellt [Gra06]. Es handelt sich hierbei um ein dreiminütiges Molekular-Animationsvideo¹ mit dem Namen „The Inner Life of the Cell“. Es wurde kreiert von „BioVisions“², dem wissenschaftlichen Visualisierungsprogramm der Abteilung Molekular- und Zellbiologie der Harvard Universität und „Xvivo“³, ein auf wissenschaftliche Animationen spezialisiertes Animationsunternehmen. Das Video war als Lernhilfe für Harvard Studenten gedacht und erklärt die Mechanismen, die es einem weißen Blutkörperchen ermöglichen, seine Umgebung wahrzunehmen und auf einen äußeren Reiz zu reagieren.

In einem Interview⁴ beschreibt der Lead Animator bei XVIVO John Liebler genauer den

¹<https://www.youtube.com/watch?v=wJyUtn005Y> Stand: 10.05.22

²<http://biovisions.mcb.harvard.edu/> Stand: 10.05.22

³<https://xvivo.com/> Stand: 10.05.22

⁴<https://www.studiodaily.com/2006/07/cellular-visions-the-inner-life-of-a-cell/>

4. WISSENSCHAFT UND ANIMATION IM HISTORISCHEN KONTEXT

Produktionsprozess: Die Harvard Universität stellte die akademischen Daten und das Storyboard bereit und arbeiteten eng mit den Animatoren zusammen, so dass hier ein reger Austausch stattfand. Die Animatoren bekamen die für das menschliche Auge nicht sichtbaren Prozesse beschrieben, setzten eine visuelle Interpretation um und holten sich wiederum Feedback. Wichtig war ihnen, eine gewisse filmische Optik reinzubringen, was an manchen Stellen bedeutete, auf wissenschaftliche Genauigkeit zu verzichten zu Gunsten des visuellen Effekts. Beispielsweise passiert in einer Zelle sehr viel auf sehr engem Raum und würde man es genau so abbilden, dann würde der Zuschauer nichts mehr richtig erkennen. Er würde den „Wald vor lauter Bäumen nicht sehen“, wie Liebler es formulierte. Die Animation wurde in NewTek LightWave 3D⁵ und Adobe After Effects angefertigt. Globale Bewegungen wurden unter anderem durch „Displacements“, also Verschiebungen, erzeugt. Außerdem wurde mit dem Plug-In „Happy Digital’s HD Instance“ gearbeitet. So konnte eine Szene mit tausenden Objekten gefüllt werden durch Instanzen, was ansonsten von der Rechenleistung her nicht möglich gewesen wäre. Auch PDB Daten wurden für die Modellierung der Proteine genutzt. Liebler erzählt, dass das Gebiet der wissenschaftlichen Animation ein spannendes, aber auch anspruchsvolles ist. Die Sachverhalte, die man umsetzen soll, hat man meist noch nie umgesetzt und während es beispielsweise bei der Charakteranimation meist ein große Online-Gemeinschaft gibt, welche dir bei Problem in Foren helfen kann, gibt es diese bei den wissenschaftlichen Animationen in diesem Maße nicht. Man wird dadurch aber gefördert lösungsorientierter zu denken und Umgehungen für auftretende Probleme zu finden.⁶

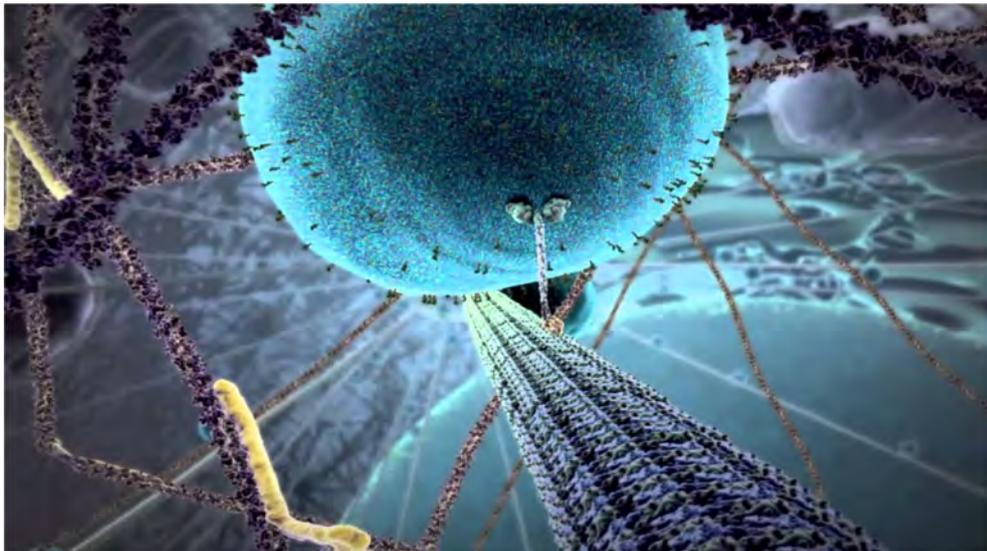


Abbildung 4.5: Ausschnitt aus dem Video „The Inner Life of the Cell“(<https://i.ytimg.com/vi/MZ47-G4XKDw/maxresdefault.jpg> Stand: 10.05.22)

Stand: 10.05.22

⁵<https://www.newtek.com/lightwave/2020/> Stand: 10.05.22

⁶<https://www.studiodaily.com/2006/07/cellular-visions-the-inner-life-of-a-cell/>
Stand: 10.05.22

4.3 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde die historische Entwicklung von Lehrfilmen für den wissenschaftlichen Bereich und mit ihr die klassischen Animationstechniken aufgezeigt. Animationen bewiesen sich bereits früh als effektive Methode zur Wissensvermittlung, da mit ihnen das zu der Zeit „Nichtzeigbare“, wie Realfilm von Geschlechtsorganen, sowie das „Nichtsichtbare“, also beispielsweise komplexe biologische Phänomene innerhalb des menschlichen Körpers, einem breiten Publikum gezeigt werden konnte. Sie spielten also eine große Rolle in der Aufklärung der Gesellschaft, aber auch bei der Bildung insgesamt. Durch die häufige Verwendung vereinfachter und modellhafter Visualisierungen von Sachverhalten, wurde das abstrahierte Denken des Betrachters als Nebeneffekt gefördert.

Anfänglich waren es noch klassische Animationstechniken, wie Zeichentrick oder das direkte physische Bearbeiten der Filmrolle, aber mit der Etablierung der Computer Grafik, wuchsen auch hier die Möglichkeiten der Animation mit dem voranschreitenden Forschungsstand und der möglichen Rechenleistung. Zusammenfassend kann man sagen, dass die Forschung der Naturwissenschaften und der Computergrafik stark verknüpft waren und Hand in Hand gingen. Gerade im Bereich der Mikro- und Makrobiologie, war man auf die Computergrafik als Werkzeug für eine detailliertere Erforschung angewiesen, so dass diese folglich auch weiterentwickelt wurde. Je mehr Wissen und Details man über die Dinge erlangte, desto komplexer und umfangreicher wurden die zu erklärenden Phänomene. Animationen konnten hier bei deren Erklärung weiterhelfen.

Kapitel 5

Analysen und Planung der Prototypen

In diesem Kapitel werden die bisherigen Erkenntnisse zusammengefasst und darauf basierend einige Hypothesen entwickelt, mit deren Hilfe die Forschungsfrage untersucht werden soll. Es wird ein konkreter Bereich der Wissenschaft hierfür festgelegt. Die praktische Überprüfung der Hypothesen wird in Form von Prototypen geplant, wobei bestehende Animationen aus dem festgelegten Gebiet hierfür analysiert werden.

5.1 Zwischenstand

Betrachtet man die letzten beiden Kapitel, dann lässt sich sagen, dass sich die Animation als Mittel zur Wissensvermittlung bis zum heutigen Tag als effektiv bewiesen und in unserem Alltag im Zuge der Digitalisierung stark etabliert hat. Wie man anhand des letzten Kapitels erkennen kann, fand über die Zeit eine konstante Erweiterung des Forschungsstandes im Bereich der Computergrafik und Animationen statt, vom Zeichentrick hin zur Computeranimation. Im Grundlagenkapitel wurde deutlich, dass es auch im Bereich der Computeranimation selbst Weiterentwicklung gab; unter anderem die prozeduralen Animationstechniken, zu denen das MASH-System als Motion Design Werkzeug in Maya gehört. Weiterhin lässt sich festhalten, dass bei vielen wissenschaftlichen Arbeiten die Erforschung des Sachverhalts an sich im Fokus stand und die Animation dessen nur als Instrument für die Umsetzung gesehen wurde. Deswegen bietet es sich an, durch die Ausführungen in den vorherigen Kapiteln bestärkt, in dieser Arbeit nun die anfänglich genannte Forschungsfrage zu untersuchen, ob man 3D-Motion-Design und dessen neue Animationstechniken als Kommunikationsmittel für komplexe und abstrakte Sachverhalte nutzen kann im Rahmen der ständigen Weiterentwicklung der Technologie. Doch wie kann man diese nun konkret überprüfen?

5.2 Zielsetzung und Hypothesen

Als erstes müssen wir definieren, was mit „komplexen und abstrakten Sachverhalten“ gemeint ist. Schaut man die beiden Adjektive im Duden nach, so wird „komplex“¹ unter anderem als „vielschichtig“ oder als „viele verschiedene Dinge umfassend“ beschrieben. Betrachtet man das Adjektiv „abstrakt“² im Duden, dann findet man dort die Definitionen „sich im Gedanklichen, Theoretischen bewegend“. Ein komplexer und abstrakter Sachverhalt ist demnach einer, der dazu neigt, bei vielen Personen nicht direkt verstanden zu werden, da einerseits nicht nur eine Ebene dessen erfasst werden muss, sondern mehrere und andererseits der Sachverhalt ggf. nicht in der Realität mit den Sinnen des Menschen zu erfassen ist.

Möchte man nun praktisch überprüfen, ob die neuen Techniken von Motion Design hier ein geeignetes Mittel sind diese Sachverhalte zu kommunizieren, muss man einen konkreten Sachverhalt untersuchen, auf den diese Beschreibung zutrifft.

Wie schon in den vorherigen Kapiteln zu erkennen war, stimmt diese Beschreibung häufig mit Themen aus den Naturwissenschaften überein. Seien es physikalische Naturgesetze oder biologische Abläufe. Viele Sachverhalte sind hier sehr vielschichtig und demnach komplex. Ein Gebiet ist hier besonders betroffen, nämlich die bereits erwähnte Mikro- und Molekularbiologie aus dem letzten Kapitel.

So findet beispielsweise in unseren Zellen eine überwältigende Anzahl molekularer Prozesse statt. Hier sind verschiedenste makromolekulare Komplexe beteiligt, die jeweils spezifische Aufgaben erfüllen. Diese Komplexe sind viel kleiner als die Wellenlängen des sichtbaren Lichts, also können optische Mikroskope nicht verwendet werden, um ihre Strukturen und Funktionalitäten zu analysieren. Hier kommen Verfahren wie Röntgenkristallographie zum Einsatz, um Informationen über den Aufbau zu erhalten, aber die Funktionsweise lässt sich hier nicht direkt beobachten, also entwickeln die Forscher mittels Computergrafik Modelle basierend auf Daten. [Goo04]

Den Meilenstein dafür haben, wie schon im letzten Kapitel erläutert, John Kendrew und andere diverse Forscher in ihrer Arbeit [JRB⁺60] im Jahre 1960 gelegt.

Ein anderes Beispiel ist unsere Immunabwehr. Wie verhalten sich winzige Viren und Bakterien, wie sind diese aufgebaut und welche Abläufe finden im Körper statt, um diese zu bekämpfen?

Bei vielen Thematiken aus der Mikro- und Molekularbiologie, trifft also das Adjektiv abstrakt zu, da die stattfindenden Prozesse im Körper so klein sind, dass man sie nicht direkt mit den Sinnen wahrnehmen kann. Um diese effektiv und wissensvermittelnd zu kommunizieren, haben sich Animationen in der Vergangenheit bereits bewährt. Deswegen bietet es sich an, hier eine prototypische Untersuchung der Forschungsfrage vorzunehmen.

Da der nun zu untersuchende Bereich definiert ist, muss als nächstes festgelegt werden, wie man überprüfen kann, ob die neuen Techniken von Motion Design im 3D Bereich dazu geeignet sind, hier komplexe und abstrakte Sachverhalte effektiv zu kommunizieren. Dazu

¹<https://www.duden.de/suchen/dudenonline/komplex> Stand: 13.05.22

²<https://www.duden.de/rechtschreibung/abstrakt> Stand: 13.05.22

wurden folgende Hypothesen aufgestellt, die sich auf Grund des Wissensstandes aus den vorherigen Kapiteln ergeben haben:

- Die neuen Techniken sind von technischer Seite her nutzbar, um komplexe und abstrakte Sachverhalte darzustellen.
- Mit den neuen Techniken lassen sich die gewünschten Ergebnisse schneller umsetzen als mit der reinen Key-Frame-Technik.
- Der 3D-Animationsbereich, umgesetzt mit den neuen Techniken, eignet sich für die Wissensvermittlung auf dem Gebiet der Mikro- und Molekularbiologie besser als die reine Vermittlung durch das Lesen eines Textes.

Bei der ersten Hypothese gilt es zu untersuchen, ob die neuen Techniken generell nutzbar sind, um solche Sachverhalte umzusetzen. Hierzu soll stellvertretend das bereits erläuterte MASH-System in Maya genutzt werden, um eine Reihe kleiner Prototypen zu erstellen und das Ganze so praktisch zu überprüfen. Im nächsten Schritt wird dafür anhand bereits bestehender 3D-Animationen analysiert, ob es hier einige wiederholt benötigte und markante Animationseffekte gibt. Bei diesen wird dann die mögliche Umsetzung durch MASH untersucht und so potenziell einige Grundtechniken definiert.

Bezüglich der zweiten Hypothese, hat sich durch die vorherige Recherche gezeigt, dass die neuen Techniken vermutlich einen insgesamt geringeren Aufwand für die Umsetzung eines Projektes im mikro- bzw. molekularbiologischen Bereich aufweisen, im Vergleich zur Key-Framing-Technik. Beispielsweise kann mit einer großen Anzahl an Objektinstanzen gearbeitet werden. Nicht jedes Objekt muss einzeln animiert oder auch angeordnet werden und durch die Nutzbarkeit von Zufallsvariablen kann leichter ein dynamisches und „natürliches“ Aussehen erzeugt werden. Dies alles könnte einen zeitlichen Vorteil für die neuen Techniken erzeugen, so dass die Umsetzung im Vergleich zur Key-Framing-Technik hier deutlich schneller sein sollte. Dies wird ebenfalls durch die praktische Umsetzung der vorher erwähnten kleinen Prototypen überprüft, indem die umzusetzenden Animationseffekte für den Vergleich auch mit der reinen Key-Framing-Technik realisiert werden.

Bei der dritten Hypothese soll getestet werden, ob die neuen Techniken im Alltag der Produktion eines Animationsvideos aus dem Bereich der Mikro- und Molekularbiologie verwendet werden können. Zusätzlich soll so überprüft werden, ob ein Animationsvideo hier zur Kommunikation von komplexen und abstrakten Sachverhalten besser geeignet ist, als das Lesen eines reinen Textes dazu. Es lässt sich vermuten, auf Grund der Erkenntnisse der vorherigen Kapitel, dass die Komplexität der Dinge durch die räumliche Tiefe und visuelle Anordnung im 3D-Bereich einfacher vorzustellen und damit einfacher zu verstehen ist. In den nächsten Schritten wird also eine Thematik hierfür ausgewählt und die konkrete Umsetzung eines Prototyps dazu geplant, welcher ebenfalls mittels MASH umgesetzt wird.

Fasst man das Ganze zusammen, so wird also zunächst die generelle Umsetzbarkeit anhand mehrerer kleiner Prototypen überprüft und so einige Vorteile bzw. Nachteile der Techniken

erarbeitet, sowie potenzielle Grundtechniken aufgestellt. Danach wird ein konkretes Animationsvideo zu einer Thematik aus dem festgelegten Bereich mit den neuen Techniken umgesetzt und so die Alltagstauglichkeit stellvertretend getestet. In diesem Zuge gilt es auch festzustellen, ob es eine Tendenz gibt, dass Lesen oder eine Animation besser geeignet ist für die Wissensvermittlung in diesem Kontext.

5.3 Analysen zur Identifikation der Grundtechniken

Durch die vorherigen Kapitel haben wir gesehen, dass es nicht das eine Universalprogramm für jegliche Motion Design Projekte gibt. Je nach Präferenz des Animators und Anforderungen an das Projekt, bietet sich die eine oder andere Software jeweils mehr oder weniger für die Produktion an. Wie bereits Lead Animator John Liebler³ im vorherigen Kapitel sagte, ist jedes Projekt individuell und man muss immer wieder aufs neue überlegen, wie man die speziellen Anforderungen umsetzen kann.

Dennoch kann es sich lohnen, ein paar bestehende 3D-Animationen auf dem Gebiet der Mikro- und Molekularbiologie hinsichtlich wiederholt benötigter und besonders auffälliger Animationseffekte zu analysieren. Werden hier einzelne identifiziert, so kann man diese mit den neuen Techniken prototypisch versuchen umzusetzen, mit der Key-Framing-Technik vergleichen und daraus einige Grundtechniken ableiten. Hierzu werden im Folgenden die bereits in vorigen Kapiteln erwähnten Animationen „The Inner Life of the Cell“⁴ und die Animation zum Thema Kommunikation zwischen Zellen „Osseointegration“⁵ [SJC⁺21] analysiert.

5.3.1 Analyse - The Inner Life of the Cell

Schaut man sich die dreiminütige Animation⁶ an, so kann man einige Sachverhalte identifizieren, welche potenziell durch die neuen Animationstechniken umgesetzt werden könnten: Anfänglich bei 0:08 min sieht man eine große Menge an Teilchen durch ein tunnelartiges Gebilde strömen, wobei dieses sich rhythmisch bewegt (Abb. 5.1 A). Bei 0:15 min sind Teilchen zu stäbchenförmigen Konstrukten gestapelt, welche wiederum als Ganzes von einer Seite zur anderen getrieben werden (Abb. 5.1 B). Das Ganze erinnert an die seichte Bewegung von Wasserpflanzen in einer leichten Strömung. Ab 0:18 min sieht man wiederum diese Konstrukte, aber von weiter weg und es sind zusätzlich am Boden verworrene Fäden dieser Art zu sehen, welche sich jedoch nicht bewegen (Abb. 5.1 C). Bei 0:23 min ist der komplette Untergrund von sich leicht bewegenden Teilchen bedeckt, welche sich wellenartig hin und her bewegen, ebenso sind sie in Form einer Scheibe angeordnet, welche über die restlichen hinweggleitet und auf sich wiederum andere molekulartige Gebilde angeordnet hat (Abb. 5.1 D). Ab 0:37 min sind fadenartige Strukturen zu einer Art Gitter geformt, dessen Knotenpunkte eine leichte Bewegung innehaben und zwischen den Strukturen sind wiederum bewegende Teilchen verteilt (Abb. 5.1 E). Bei 0:43 min und folgend sind wiederum

³<https://www.studiodaily.com/2006/07/cellular-visions-the-inner-life-of-a-cell/>
Stand: 10.05.22

⁴<https://www.youtube.com/watch?v=wJyUtbn005Y> Stand: 10.05.22

⁵<https://www.quintessenz.de/cc6bac33> Stand: 16.05.22

⁶<https://www.youtube.com/watch?v=wJyUtbn005Y> Stand: 10.05.22

molekülartige Strukturen in einem dreidimensionalen Gitter angeordnet (Abb. 5.1 F). Die Gitterverbindungen bauen sich ab 0:52 min aus einzelnen kleinen Teilchen auf, indem diese sich jeweils an das Ende ordnen und so die Strukturen erweitern (Abb. 5.1 G). Bei 1:11 min kann man erkennen, wie genau das Gegenteil von eben passiert, hier reißen nacheinander Stränge von dem Konstrukt ab und lösen sich wieder in einzelne Teilchen auf, so als würde ein Reißverschluss an dem Gebilde nach und nach geöffnet werden (Abb. 5.1 I). Bei 1:33 min sind am Untergrund viele kleine Öffnungen verteilt, aus denen Teilchen mit fadenartigen Ende nach oben schweben und sich anschließend zu einer Kreisstruktur anordnen (Abb. 5.1 J). Ab 2:13 min sind verworrene und kugelartige Strukturen zu erkennen, welche in sich leicht größer und kleiner werden in ihrem Volumen (Abb. 5.1 K). Bei 2:22 min ist ein Loch im Boden zu sehen, aus welchem Teilchen nach oben hin wegfliegen und welches sich nach oben hin wölbt, bis es verschwunden und die Fläche eben ist. Ab 2:43 min ist zu erkennen, wird sich ein annähernd kugelförmiges Teilchen fortbewegt, indem es die Form seiner Masse ständig nach vorne hin flach und in die Länge gestreckt werden lässt und den Rest des Volumens danach dort wieder hin verlagert (Abb. 5.1 L). Ein wenig wie der Kettenantrieb eines Panzers.

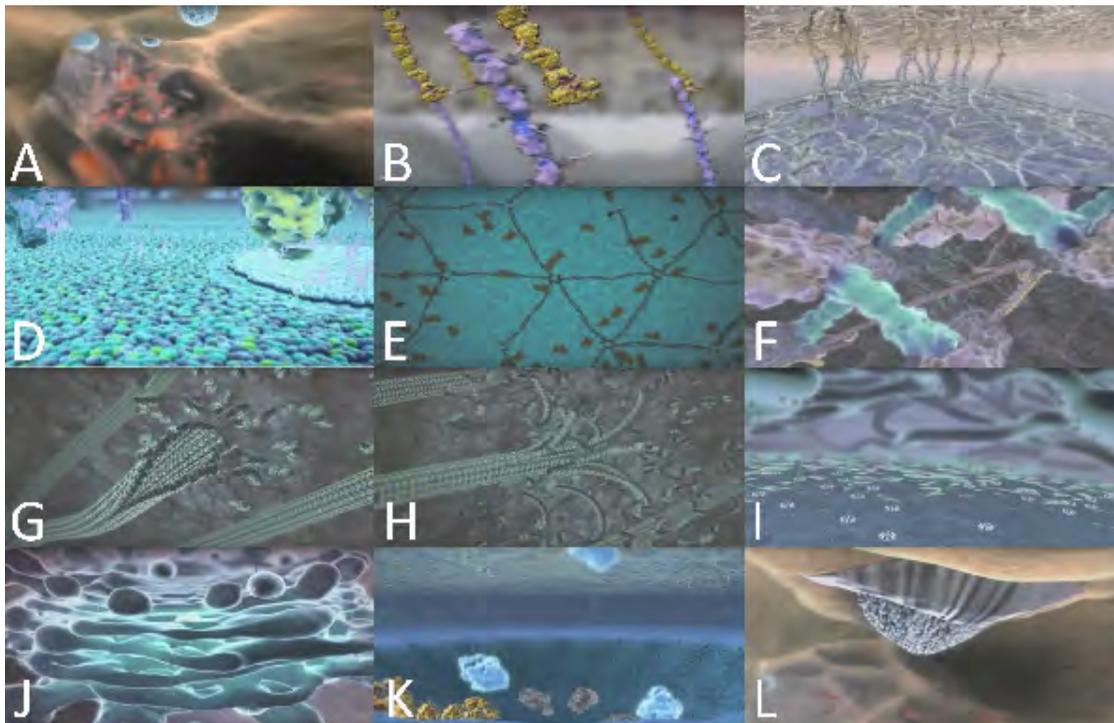


Abbildung 5.1: Collage der identifizierten Animationseffekte aus „The Inner Life of the Cell“ (<https://www.youtube.com/watch?v=wJyUtbn005Y> Stand: 10.05.22)

5.3.2 Analyse - Cell-to-Cell Communication: Osseointegration

In dieser zwölfminütigen Animation⁷ kann man ebenfalls einige Sachverhalte identifizieren, welche eventuell durch die neuen Animationstechniken umgesetzt werden könnten:

Zu Beginn bei 0:57 min strömen viele rote Teilchen aus einer beschädigten Struktur in einer Art spiralen förmigen Bewegung nach oben und zur Seite hinweg (Abb. 5.2 A). Ebenso bei 1:56 min (Abb. 5.2 B). Bei 02:30 min wachsen aus weißen Teilchen beinahe kugelförmigen Teilchen nacheinander wurzelartige Strukturen und es werden von ihnen aus wiederum kleinen grünen Teilchen abgesondert, die nach oben hinweg strömen (Abb. 5.2 C). Die wurzelartigen Strukturen wachsen zu einem großen verworrenen Geflecht an, zu sehen ab 02:46 min (Abb. 5.2 D). Als nächstes kann man bei 03:20 min kapselförmige weiße Teilchen erkennen, welche durchs Bild fliegen und an denen sich bewegende tentakelartige Stränge befestigt sind, ähnlich einer Qualle (Abb. 5.2 E). Ab 04:16 min ist eine große Menge an blauen und roten Teilchen im Hintergrund zu sehen, die sich leicht in ihrer Position bewegen. Ebenso sind wieder die wurzelartigen Strukturen vorhanden und ein größeres weißes Teilchen im Vordergrund, welches eine grobe felsenartige Oberflächenstruktur aufweist, welche sich konstant in ihrer Form ändert (Abb. 5.2 F). Bei 04:38 min sieht man vier Teilchen in Form von Kapseln, welche anfangs einen Farbverlauf von rot nach grün aufweisen und dann in ihrer Form zusammenziehen, wobei sie nach und nach einen grauen Farbton annehmen (Abb. 5.2 G). Es ist bei 06:42 min wiederum ein Teilchen mit einer groben felsenartigen Oberflächenstruktur zu sehen, welches sich durch Verformen seiner Masse fortzubewegen scheint, es zieht hinter sich lange Stränge her, die sich mit dem Teilchen parallel erweitern (Abb. 5.2 H). Schließlich ist ab 08:42 min eine geleeartige Struktur zu erkennen, welche durch Erweiterung ihrer Masse zu wachsen scheint (Abb. 5.2 I).



Abbildung 5.2: Collage der identifizierten Animationseffekte aus „Cell-to-Cell Communication: Osseointegration“ (<https://www.quintessenz.de/cc6bac33> Stand: 17.05.22)

⁷<https://www.quintessenz.de/cc6bac33> Stand: 17.05.22

5.3.3 Zusammenfassung

Nachdem nun zwei Animationsvideos aus dem Bereich der Mikro- und Molekularbiologie hinsichtlich ihrer Animationseffekte analysiert wurden, lassen sich hier einige auffallende und teils repetitiv benötigte Effekte abstrahiert zusammenfassen. Diese sind im Folgenden aufgelistet:

- Eine umfangreiche Menge an Teilchen strömt im Bild von einer Position zu einer anderen. Zum Beispiel in Abb. 5.1 A durch einen geschlossenen Tunnel oder in Abb. 5.2 A im freien Raum verteilend.
- Teilchen setzen sich zu größeren Strukturen zusammen, wie beispielsweise in Abb. 5.1 G oder diese lösen sich wiederum zu kleineren Teilchen auf, wie in Abb. 5.1 H.
- Eine große Menge an Teilchen wird im Raum verteilt und jeweils mit einer individuellen Bewegung oder einer mit den Nachbarpartikeln zusammenhängenden Bewegung versehen, wie es der Fall in Abb. 5.1 D oder Abb. 5.2 F ist.
- Wurzelartige Strukturen wachsen von einer bestimmten Stelle aus, zum Beispiel bei Abb. 5.2 D und führen gegebenenfalls noch eine bestimmte Bewegung aus, wie bei Abb. 5.2 E zu beobachten ist.
- Die Form eines Objektes wird geändert. Dies ist beispielsweise der Fall in Abb. 5.1 J, Abb. 5.2 F oder auch Abb. 5.2 G. Hier wird die Oberfläche zusammengenommen dynamisch geändert, so dass es eine sich ständig oder nach und nach verändernde Objektform gibt.

Diese gilt es nun im nächsten Kapitel durch das MASH-System und die Key-Framing Technik zum Vergleich in mehreren Prototypen umzusetzen und so gegebenenfalls einige Grundtechniken zu definieren. Auf diese Art lässt sich die erste und zweite Hypothese überprüfen und festlegen, ob die neuen Techniken von Motion Design generell nutzbar sind, um komplexe und abstrakte Sachverhalte im definierten Gebiet darzustellen und Vorteile bzw. Nachteile gegenüber der Key-Framing-Technik bestehen.

5.4 Konzeptplanung zur Überprüfung der Wissensvermittlung

Zur Überprüfung der dritten Hypothese, sollen die neuen Techniken von Motion Design in der Produktion eines Animations-Erklärvideos aus dem Gebiet der Mikro- und Molekularbiologie getestet werden. Dafür muss aber zunächst eine konkrete Thematik festgelegt werden, für die dann eine prototypische Umsetzung geplant werden kann.

Dazu wurden ein paar Kriterien festgelegt: Das Thema sollte eine aktuelle Relevanz haben, aus dem Bereich der Mikro- und Molekularbiologie stammen und einen Teil des Allgemeinwissens darstellen, also nicht zu spezifisch sein. Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen wurde schließlich die Thematik „Wie funktioniert die Immunabwehr gegen Viren?“ ausgewählt. Durch die COVID-19-Pandemie weist sie Aktualität auf, stammt aus dem geforderten Gebiet und ist für jeden Menschen relevant und wichtig zu wissen.

5.4.1 Analyse bestehender Animationen

Im Folgenden wird analysiert, wie andere Animationen die komplexen Prozesse der Immunabwehr visualisiert haben. Die gewonnenen Erkenntnisse, werden bei der restlichen Planung berücksichtigt und gegebenenfalls adaptiert.

Es gibt einige Animationen, die das Ganze in einem sehr simplifizierten Rahmen erklären, dass auch Kinder es verstehen können. So beispielsweise auch die Zeichentrickserie „Es war einmal ... das Leben“⁸ aus dem Jahre 1987, welche verschiedene Vorgänge im menschlichen Körper erklärt. In der Episode „Allzeit bereit! - Das Abwehrsystem des Körpers“ wird die Immunabwehr des Menschen behandelt. Hier werden die verschiedenen Abwehrzellen als jeweilige Spezialeinheiten dargestellt, welche die Eindringlinge im Körper bekämpfen. Die B-Zellen werden beispielsweise als kleine Kampfflugschiffe (Abb. 5.3 A) dargestellt, welche einen Schwarm an Antikörpern in Form von käferartigen Wesen freilassen können und die Fresszellen als kleine Roboter-Reinigungseinheiten (Abb. 5.3 B). Insgesamt ist alles sehr „vermenschlicht“ dargestellt, die verschiedenen Bestandteile der Abwehr sind als Charaktere visualisiert, während die Eindringlinge als böse Monster (Abb. 5.3 C) gezeigt werden. Das Ganze ist jedoch sehr oberflächlich behandelt, so dass es eben auch ein Kind versteht. Wie die Eindringlinge genau erkannt werden, wird beispielsweise nicht genauer erklärt.



Abbildung 5.3: Abwehrzellen und körperfremde Eindringlinge aus „Es war einmal ... das Leben“ (<https://www.youtube.com/watch?v=crJkRt-3SiI> Stand: 10.05.22)

Andere Animationen erklären die Prozesse und Zusammenhänge genauer. Zum Beispiel wird in dem Video mit dem Titel „Das Immunsystem erklärt – Bakterieninfektion“⁹ ein kodiertes Farbschema genutzt, um die verschiedenen Aufgaben der Bestandteile zu verdeutlichen (Abb. 5.4). Insgesamt wird mit vereinfachten Formen gearbeitet, so werden beispielsweise die Zellen als simple Kreise visualisiert oder Bakterien als Rechtecke mit abgerundeten Kanten (Abb. 5.5). Diese Abstraktion kann zwar helfen, dass sich der Zuschauer so eher auf die Prozesse als solches konzentriert, aber dadurch besteht auch die Gefahr, dass zum Beispiel Zellen durch ihre ähnliche Darstellung verwechselt werden. Man kann sagen, dass das Ganze wie ein animiertes Diagramm wirkt. Auf eine wissenschaftlich detaillierte Darstellung wurde zu Gunsten der Verdeutlichung der Prozesse durch die Farben und simplifizierten Formen verzichtet.

⁸<http://www.zeichentrickserien.de/es-war-einmal-das-leben.htm> Stand 21.05.22

⁹<https://www.youtube.com/watch?v=zQG0c0UBi6s> Stand 21.05.22

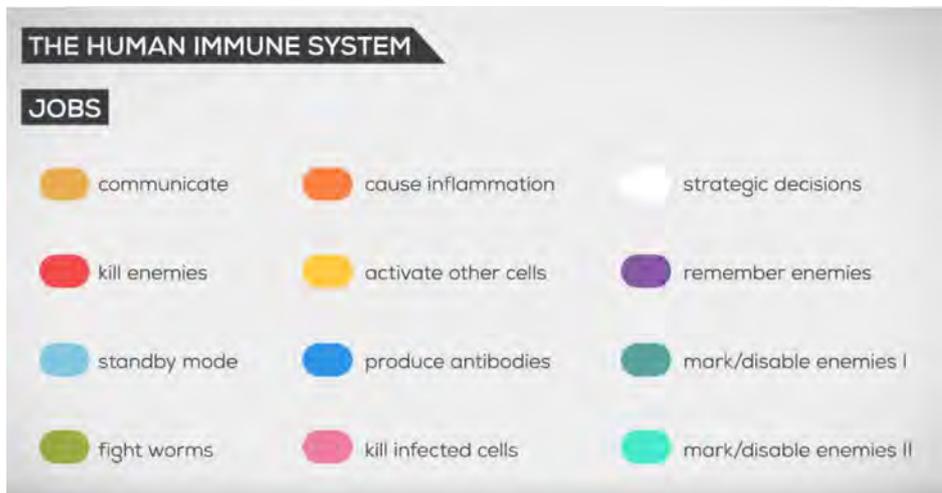


Abbildung 5.4: Farbliche Kodierung der Aufgaben des Immunsystems (<https://bit.ly/3PttGDL> Stand: 21.05.22)

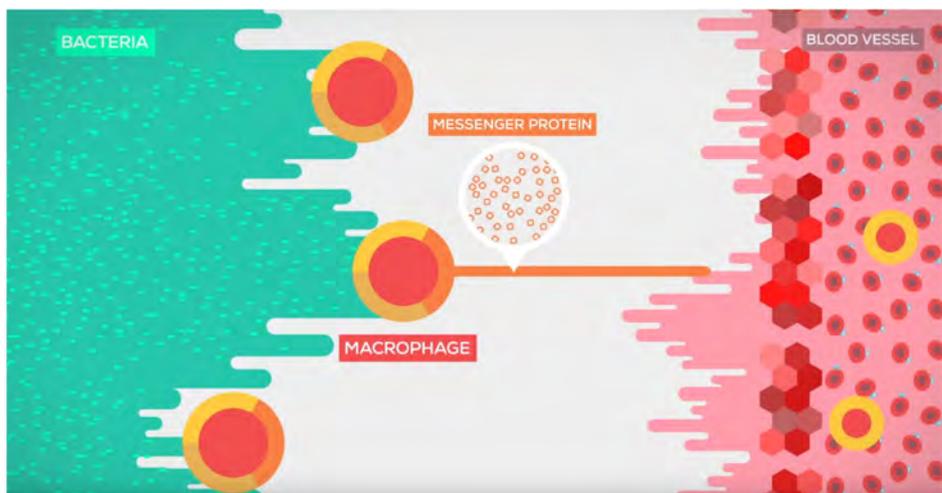


Abbildung 5.5: Verwendung simplifizierter Formen für die Visualisierung der verschiedenen Bestandteile des Immunsystems (<https://bit.ly/3PttGDL> Stand: 21.05.22)

Wiederum ein anderes Animationsvideo¹⁰ zeigt das Ganze in 3D mit realistischeren Schemen und detaillierteren Modellen der einzelnen Bestandteile des Immunsystems. Aber hier werden die Zusammenhänge nicht ganz so klar, wie bei der vorherigen Animation. Beispielsweise werden die T-Zellen durch reinen Kontakt mit den Makrophagen aktiviert, aber die genauen Prozesse dahinter lassen sich dadurch nicht verstehen (Abb. 5.6).

Zusammenfassend kann man sagen, dass bei allen Videos jeweils die Schwierigkeit zu

¹⁰<https://www.youtube.com/watch?v=G4jobV6-bFA> Stand 21.05.22



Abbildung 5.6: Die Aktivierung der kugelförmigen T-Zelle wird durch ein blaues Leuchten visualisiert (<https://www.youtube.com/watch?v=G4jobV6-bFA> Stand: 21.05.22)

erkennen ist, einen Kompromiss zwischen der effektiven Wissensvermittlung und der korrekten wissenschaftlichen Darstellung zu finden. Man muss hier je nach Zielgruppe Prioritäten setzen.

5.4.2 Anforderungen und Planung der Motion-Design-Animation

Für den Prototyp in Form der Animation wurden in den vorherigen Kapiteln einige Anforderungen und grundlegende Dinge, die es zu beachten gilt, erarbeitet. Diese sollen nun speziell für die Planung dieses Prototyps umgesetzt werden:

Zielgruppe

Wie bereits erwähnt, soll die Zielgruppe des Ganzen diejenigen Menschen sein, die kein spezifisches Wissen in dem Gebiet haben und sich grundlegend über das Thema informieren wollen. Die Animation soll nicht speziell für Kinder ausgelegt sein, aber auch nicht nur für Erwachsene. Kinder in der weiterführenden Schule sollen die Möglichkeit haben, sie im Rahmen des Biologieunterrichts verstehen zu können. Es wird also kein spezifisches, sondern nur ein allgemeines Wissen vorausgesetzt. Sprachlich wird das Ganze in Deutsch umgesetzt werden.

Was soll mit Animation bei der Zielgruppe erreicht werden? Die Animation soll die informieren und die Kommunikation der Menschen untereinander, sowie kritisches Denken anregen. Sie muss also seriös und sachlich sein, aber auch dynamisch und spannend zu einem gewissen Grad, um Aufmerksamkeit zu erzeugen.

Art der Wissensvermittlung

Generell ist durch die Forschungsfrage bereits vorgegeben, wie das Wissen für die Zielgruppe kommuniziert werden soll, nämlich als 3D-Animation mittels Motion Design. Aber genauere Details sind dadurch noch nicht festgelegt. In den vorherigen Kapiteln wurden einige Möglichkeiten der genaueren Ausführung hierzu aufgezeigt.

Als erste zu nennende Thematik ist dabei das Micro Learning. Auch wenn die Animation per se nicht speziell durch Micro Learning umgesetzt werden soll, so hat diese Lerntechnik einige wichtige Kern-Charakteristiken, welche helfen können, die Animation inhaltlich passend für die Zielgruppe zu gestalten. So ist ein wichtiges Prinzip, dass das Wissen in kleine Segmente aufgeteilt wird, die man in kürzester Zeit verstehen kann. Dies entspricht auch der Art und Weise, wie das Gehirn auf natürliche Weise Informationen aufnimmt, wie man im Grundlagenkapitel gesehen hat. Hält man es also ein, so wird der Körper weniger gestresst. Für den Inhalt der Animation bedeutet das also, dass die nicht relevanten Informationen reduziert werden und alles kompakt zusammengefasst in möglichst kurzer Zeit präsentiert wird. Außerdem werden Themen häufig spaßig und fesselnd für den Lernenden gestaltet, was es beim Design zu beachten gilt. Es soll dem Nutzer möglichst wenig Aufwand verursachen, also müssen alle Dinge schlüssig erklärt werden, ohne speziell nötiges Vorwissen. Zusätzlich sollen Verbindungen zwischen den kleinen Informationseinheiten hergestellt werden. Bezüglich der Animation kann man das entsprechend umsetzen, indem nicht allgemein erklärt wird, was allgemein die Immunabwehr ist und alle Funktionen der einzelnen Bestandteile, sondern ein Szenario darzustellen. Es sollen die Prozesse und deren Zusammenhänge an dem Beispiel erklärt werden, wenn ein Virus in den Körper eindringt. Das grenzt auch das Thema zu einer definierbaren Idee ein, was ebenso der Philosophie des Micro Learnings entspricht.

Des Weiteren gilt es die Prinzipien für Wissenschaftsvisualisierung aus dem Stand der Technik Kapitel zu beachten. Das Prinzip, welches beschreibt, dass das Publikum und sein Bildungsgrad beachtet werden muss, wurde bereits durch die Definition der Zielgruppe behandelt. Ein anderes Prinzip legt dar, dass festgelegt werden muss, ob die Animation als reine Kommunikation oder als Werkzeug zum Denken dienen soll. Hier soll der Fokus auf der Kommunikation und Wissensvermittlung an die Zielgruppe liegen. Zusätzlich besagt ein anderes Prinzip, dass das Gehirn immer versucht eine Geschichte zu formen, auch wenn keine vorhanden ist. Es muss also darauf geachtet werden, dass das Design zwar spannend ist, aber auch genug Objektivität aufweist, um dem Zuschauer keine falschen Narrative zu geben. Hierzu im nächsten Abschnitt mehr. Das letzte Prinzip thematisiert auch die visuelle Wiedergabetreue der Animation, welche eine Skala ist. Es gilt abzuwiegen, ob der Fokus mehr auf der Korrektheit oder der Abstraktion ist, aber sich im Klaren zu sein, dass beides maximal zusammen nicht funktioniert. Diese Thematik wird ebenso im nächsten Abschnitt aufgegriffen.

Wissenschaftliche Akkuratess und Design

Um die gewünschten Effekte bei der Zielgruppe zu erzeugen und unter Beachtung der vorherigen Prinzipien, muss nun festgelegt werden, wie die Gradwanderung zwischen der Korrektheit der Darstellung und einem geeigneten Design aussehen soll. Das Ganze wird im Folgenden durch die geplante Umsetzung der Prinzipien der Komposition aus dem Grundlagenkapitel beschrieben:

Bezüglich der Balance, soll jeweils mindestens ein markanter Hauptbestandteil der Immunabwehr bewusst im Vordergrund bei seinem erstmaligen Auftreten plziert werden. So kann der Zuschauer diesen im Detail sehen und im späteren Verlauf auch weiter weg von der Kamera positioniert erkennen und zuzuordnen im Gesamtzusammenhang. Zusätzlich sollen

die Bestandteile so platziert werden, dass hier keine bewussten Muster, wie beispielsweise Symmetrie, zu erkennen sind. Hier soll auf eine natürliche und dynamisch wirkende Zufallsverteilung geachtet werden.

Zusätzlich dazu, soll bezüglich der Harmonie trotzdem ein stimmiges Gesamtbild erzeugt werden. So sollen beispielsweise trotzdem die zusammengehörigen Bestandteile als gemeinsame Gruppe erkannt werden; optisch wie auch räumlich platziert, bei der gemeinsamen Ausführung einer Aufgabe.

Beim Kontrast soll vor allem darauf geachtet werden, dass die Modelle der einzelnen Bestandteile markante Erkennungsmerkmale besitzen, so dass sie sich von den anderen Gruppen genug abheben und für den Zuschauer zu unterscheiden sind. So kann der Fokus auf die Prozesse an sich gelenkt werden und das Verständnis unterbewusst fördern.

Bezüglich der Beziehungen der Elemente untereinander, soll vor allem der Fokus auf der wissenschaftlichen Korrektheit liegen. Aber es soll auch ein stimmiges Gesamtbild herrschen, so dass der Prozess zwar gezeigt wird, aber auch beispielsweise nicht die Hälfte des Bildes unnatürlich leer wirkt. Es soll auf Führungslinien und die Drittelregel geachtet werden, um wichtige Bestandteile und Prozesse passend zum Inhalt hervorzuheben.

Das Prinzip der Wiederholung soll konstant eingehalten werden durch die gleiche Verwendung von Modellen, für die jeweiligen Gruppen der Bestandteile, auch um den Wiedererkennungswert zu fördern. Aber auch bei der gesamten Szene, soll für den gleichen Sachverhalt ein ähnliches Design benutzt werden. Beispielsweise soll der Hintergrund den Eindruck vermitteln, im Inneren des Körpers zu sein und so soll dieser in jeder Szene eine ähnliche Struktur und Farbe haben, um Orientierung zu bieten.

Schließlich wird mit dem Konzept des Raums bewusst auch freie Fläche im Bild gelassen, wenn der Zuschauer sich dadurch besser auf das Wesentliche konzentrieren kann. So werden stellvertretend beispielsweise an mancher Stelle nur einzelne Bestandteile, welche ihrer Aufgabe nachkommen, gezeigt, obwohl es eigentlich viel mehr von ihnen gäbe, damit der Zuschauer das Prinzip im Detail versteht.

Wie bereits erwähnt, muss ein Kompromiss getroffen werden, zwischen der wissenschaftlichen Korrektheit und einem fesselnden Design. Dieser soll im Fall des Prototypen so aussehen, dass die wissenschaftliche Korrektheit bei der Darstellung der Prozesse im Fokus steht und bei der Gestaltung der einzelnen Modelle für die Bestandteile der Szene so abstrahiert, wie möglich gearbeitet wird. Zum Beispiel soll zu erkennen sein, wie ein Bestandteil an einen anderen andockt, da dieses Prinzip wichtig ist, aber hier soll die Gestaltung dessen so simpel wie möglich aussehen, mit gerade so viel Details wie nötig. Von den Farben und dem Rest des Designs her, soll alles so gestaltet werden, dass die relevanten Informationen hervorgehoben werden und das Ganze auf den Zuschauer fesselnd wirkt. So wird zum Beispiel versucht, mit etwas mehr gesättigten Farben, als diese in der Natur des menschlichen Körpers vorkommen, zu arbeiten, um so Wiedererkennungswerte und Betonungen zu schaffen.

5.4.3 Erstellung des Fachtexts

Nachdem nun die Thematik definiert wurde, muss jetzt ein Fachtext hierzu erstellt werden unter Berücksichtigung der vorherig festgelegten Anforderungen. Dieser soll einerseits als Ba-

sis der inhaltlichen Planung und andererseits Voice-Over der Animation dienen. Zusätzlich soll er für die spätere Evaluation zum Vergleich zwischen Animation und Text bei der Wissensvermittlung verwendet werden. Die Zielgruppe des Ganzen sollen diejenigen Menschen sein, die kein spezifisches Wissen in dem Gebiet haben und sich grundlegend über das Thema informieren wollen. Demnach wurde ein Fachbuch zum Thema Biologie herausgesucht [SHHH19], welches ein umfangreiches Kapitel enthält, das sich mit dem Thema „Immunologie: Abwehrsysteme der Tiere“ beschäftigt. Dieses wurde im Folgenden genutzt, um einen Text zu erstellen, der das wichtigste zum Thema Immunabwehr gegen Viren kompakt zusammenfasst:

Es gibt zahlreiche Krankheitserreger, die unsere Gesundheit bedrohen können, wie beispielsweise Bakterien, Pilze, Viren und viele mehr. Aber was passiert, wenn ein Virus in den Körper eindringt? Das Immunsystem setzt sich aus zahlreichen Bestandteilen zusammen, die Hand in Hand arbeiten und kommunizieren, um Eindringlinge zu bekämpfen. Vor allem Leukocyten, also die weißen Blutzellen, spielen eine wichtige Rolle bei der Abwehr. Die angeborene Immunabwehr, dient als erste schnelle Schutzmaßnahme gegen Keime und Fremdstoffe. Komplementproteine binden an bestimmte Komponenten auf deren Oberfläche und markieren so, für die anderen Bestandteile der Abwehr, die Gefahr. Es werden beispielsweise toxische Moleküle eingesetzt, welche die Zellwände der Eindringlinge zerstören. Eine weitere Abwehr sind die Makrophagen oder auch Fresszellen genannt, welche zu den Leukocyten gehören. Haben sie einen Keim oder Fremdstoff entdeckt, machen sie ihn unschädlich, indem sie ihn aufnehmen und abbauen. Anschließend transportieren sie Fragmente des Eindringlings an ihre eigene Außenhülle und präsentieren diese. Zusätzlich werden Botenstoffe freigesetzt, die die Zellen des adaptiven Immunsystems aktivieren. Wenn jetzt eine Zelle zum Beispiel durch einen Virus infiziert wird, so erzeugt diese Signalproteine, die Interferone, welche die Widerstandskraft der benachbarten Zellen auf die Infektion steigern sollen. Natürliche Killerzellen gehören auch zu den Leukocyten und können virusinfizierte Zellen und einige Tumorzellen von den normalen Zelltypen unterscheiden. Sie lösen bei den Zielzellen die Apoptose aus. Das ist der programmierte Zelltod. Der andere Teil des Immunsystems ist die adaptive Immunabwehr. Diese ist hochspezifisch gegen ganz bestimmte Krankheitserreger gerichtet und wird von der angeborenen Immunabwehr aktiviert. Wie bereits erwähnt, können Makrophagen Fragmente der vernichteten Viren auf ihrer Oberfläche präsentieren. Diese werden auch als Antigene bezeichnet. Eine solche antigenpräsentierende Zelle wandert dann im Körper umher, bis das Antigen von einer T-Helferzelle erkannt wird. Diese besitzt ein T-Zell-Rezeptorprotein, welches spezifisch für das Antigen ist. Die Zelle vermehrt sich und stimuliert B-Zellen sowie T-Zellen, welche die Rezeptoren für das gleiche Antigen tragen, sich zu teilen. All diese Zellen werden auch der Gruppe der Leukocyten zugeordnet und gehören zur adaptiven Abwehr. Die B-Zellen produzieren Proteine, sogenannte Antikörper, die an virale Partikel und/oder virusinfizierte Zellen binden. Dadurch werden wiederum mehr Fresszellen und Komplementproteine angezogen, die das Virus und die virusinfizierten Zellen aufnehmen und zerstören. Die geklonten T-Zellen binden an virusinfizierte Zellen und zerstören sie ebenso. Hat das Immunsystem die Viren beseitigt, werden von den B- und T-Zellen Gedächtniszellen gebildet. Diese bleiben für Jahre im Körper vorhanden und damit kann das Immunsystem beim nächsten Mal schneller auf das gleiche Virus reagieren. [SHHH19]

5.4.4 Storyboard

Der vorherige Fachtext, gibt bereits die grobe Handlung der Animation vor. Dieser soll für ein multimediales Lernen auditiv in das Video eingebaut werden, so dass er auch den groben Zeitrahmen für die Animation vorgibt. Im Folgenden sind die einzelnen Szenen durch ein Storyboard visualisiert, mit passender Beschreibung der Handlung. Die Bewegungen der Objekte sind dabei in blau und die der Kamera in rot gekennzeichnet.

In der ersten Szene (Abb. 5.7 1) ist eine menschliche Figur in einer Halbnahen Einstellungsgröße zu sehen. Rechts daneben befindet sich das Modell von jeweils einem Bakterium, einem Pilz und einem Virus, welche eine leichte Bewegung um ihre Anfangsposition innehaben. Dann bewegt sich der Virus in den Kopf der Figur und die Kamera zoomt auf diesen. Der auditive Text zu dieser Szene lautet „Es gibt zahlreiche Krankheitserreger, die unsere Gesundheit bedrohen können, wie beispielsweise Bakterien, Pilze, Viren und viele mehr. Aber was passiert, wenn ein Virus in den Körper eindringt?“

In der zweiten Szene (Abb. 5.7 2) sieht man den Virus durch einen Tunnel in einen organischen Hohlraum des Körpers wandern, wobei die Kamera erst nahe an diesem dran ist und sich dann weiter entfernt, so dass man mehr vom Raum sieht. Der Virus behält dann eine leichte Bewegung um seine Position herum inne und es strömen im Hintergrund noch mehr Viren hinein. Der auditive Text lautet „Das Immunsystem setzt sich aus zahlreichen Bestandteilen zusammen, die Hand in Hand arbeiten und kommunizieren, um Eindringlinge zu bekämpfen. Vor allem Leukocyten, also die weißen Blutzellen, spielen eine wichtige Rolle bei der Abwehr.“

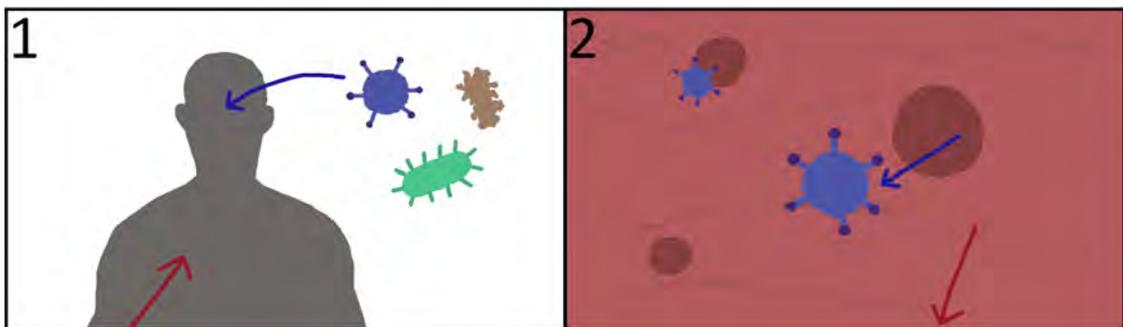


Abbildung 5.7: Storyboard Szenen 1 & 2: Grünes Element= Bakterium, Braunes Element= Pilz, Blaues Element= Virus

In der dritten Szene (Abb. 5.8 3) bindet ein Komplementprotein an das Virus aus dem Vordergrund. Nach und nach binden weitere Proteine an die im Hintergrund. Ein toxisches Molekül bewegt sich ins Bild und von ihm aus werden kleine Objekte ausgesendet zu dem Virus, dessen Oberfläche dadurch in kleine Teile zerlegt wird. Die Kamera bewegt sich zu einem anderen Virus in dem Hohlraum. Der auditive Text zu dieser Szene lautet „Die angeborene Immunabwehr dient als erste schnelle Schutzmaßnahme gegen Keime und Fremdstoffe. Komplementproteine binden an bestimmte Komponenten auf deren Oberfläche und markie-

5.4. Konzeptplanung zur Überprüfung der Wissensvermittlung

ren so für die anderen Bestandteile der Abwehr die Gefahr. Es werden beispielsweise toxische Moleküle eingesetzt, welche die Zellwände der Eindringlinge zerstören.“

In der vierten Szene (Abb. 5.8 4) kommt eine Makrophage ins Bild, die einen Virus aufnimmt. Anschließend bewegt sich ein Objekt, welches wie ein Fragment dessen aussieht, von innen nach außen an die Oberfläche der Macrophage. Danach werden von dieser viele kleine partikelartige Objekte freigesetzt, welche aus dem Bild strömen. Die Kamera bewegt sich zu einer anderen Stelle des Raumes. Der passende auditive Text lautet „Eine weitere Abwehr sind die Makrophagen oder auch Fresszellen genannt, welche zu den Leukocyten gehören. Haben sie einen Keim oder Fremdstoff entdeckt, machen sie ihn unschädlich, indem sie ihn aufnehmen und abbauen. Anschließend transportieren sie Fragmente des Eindringlings an ihre eigene Außenhülle und präsentieren diese. Zusätzlich werden Botenstoffe freigesetzt, die die Zellen des adaptiven Immunsystems aktivieren.“

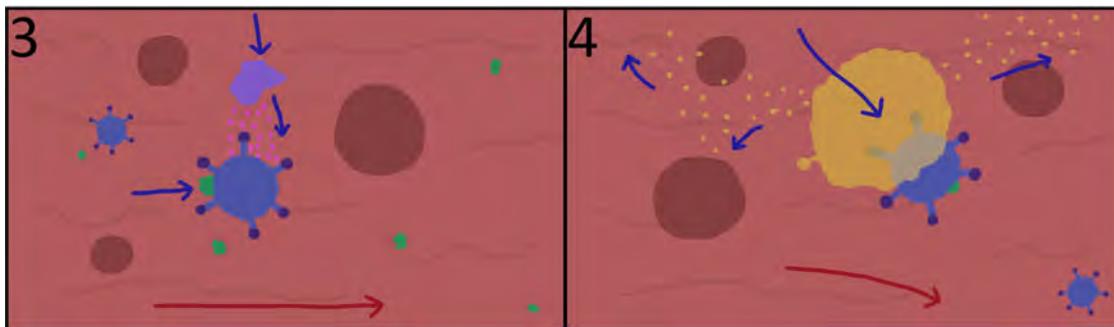


Abbildung 5.8: Storyboard Szenen 3 & 4: Grünes Element= Komplementprotein, Lila Element= toxisches Molekül, Gelbes Element= Makrophage

In der fünften Szene (Abb. 5.9 5) bewegt sich ein Virus in das innere einer Zelle, woraufhin von dieser aus Interferone ausgesendet werden aus dem Bild heraus und zu benachbarten Zellen. Wenn die benachbarten Zellen erreicht werden, ändern diese sich leicht in ihrem Aussehen, um die erhöhte Widerstandskraft zu symbolisieren. Der auditive Text zu dieser Szene lautet „Wenn jetzt eine Zelle zum Beispiel durch einen Virus infiziert wird, so erzeugt diese Signalproteine, die Interferone, welche die Widerstandskraft der benachbarten Zellen auf die Infektion steigern sollen.“

In der sechsten Szene (Abb. 5.9 6) nähert sich eine Killerzelle der infizierten Zelle und leitet bei ihr den programmierten Zelltod aus, woraufhin diese sich zusammenzieht und ihre Farbe zu einem gräulichen Ton wechselt, wodurch der Tod symbolisiert wird. Der passende auditive Text lautet „Natürliche Killerzellen gehören auch zu den Leukocyten und können virusinfizierte Zellen und einige Tumorzellen von den normalen Zelltypen unterscheiden. Sie lösen bei den Zielzellen die Apoptose aus. Das ist der programmierte Zelltod.“

In der siebten Szene (Abb. 5.10 7) bewegt sich die Kamera zu einer anderen Stelle im Raum, wo eine Makrophage mit einem Virenfragment auf ihrer Oberfläche zu sehen ist. Diese bewegt sich an ein paar T-Helferellen vorbei, bis sie auf eine stößt, deren Rezeptor zu dem Fragment passt. Diese docken dabei aneinander an. Der auditive Text zu dieser Szene

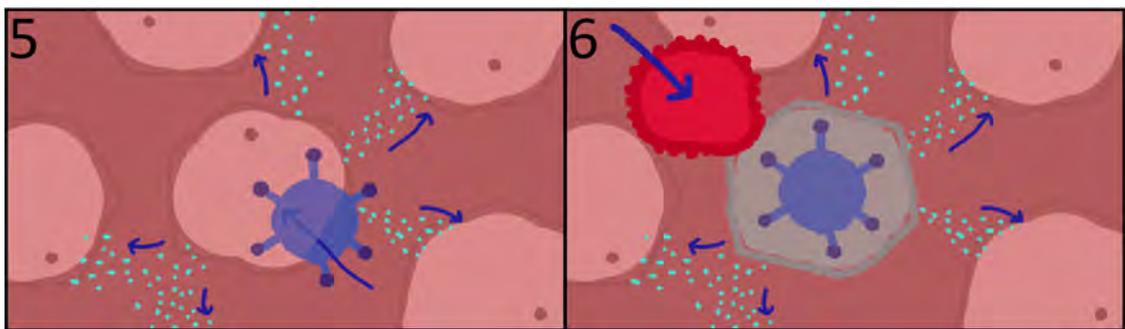


Abbildung 5.9: Storyboard Szenen 5 & 6: Hellrosa Elemente= Zellen, Hellblaue Elemente= Interferone, Rotes Element= Killerzelle, Graues Element= Tote Zelle

lautet „Der andere Teil des Immunsystems ist die adaptive Immunabwehr. Diese ist hochspezifisch gegen ganz bestimmte Krankheitserreger gerichtet und wird von der angeborenen Immunabwehr aktiviert. Wie bereits erwähnt, können Makrophagen Fragmente der vernichteten Viren auf ihrer Oberfläche präsentieren. Diese werden auch als Antigene bezeichnet. Eine solche antigenpräsentierende Zelle wandert dann im Körper umher, bis das Antigen von einer T-Helferzelle erkannt wird. Diese besitzt ein T-Zell-Rezeptorprotein, welches spezifisch für das Antigen ist.“

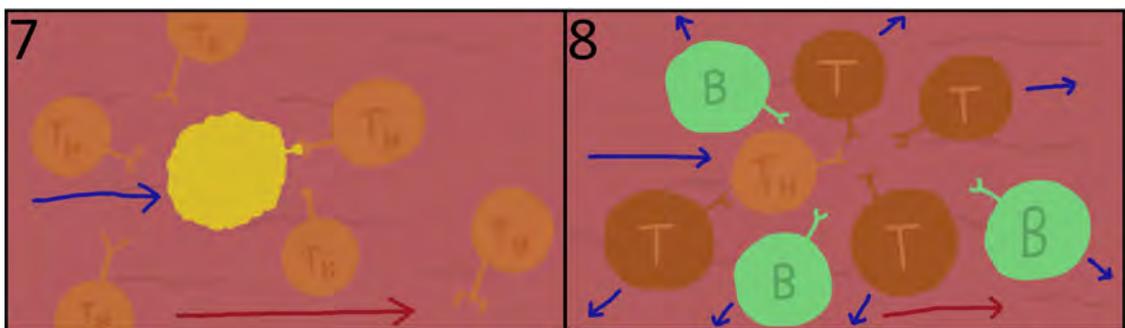


Abbildung 5.10: Storyboard Szenen 7 & 8: Hellorangenes Element= T-Helferzelle, Dunkelorangenes Element= T-Zelle, Hellgrünes Element= B-Zelle

In der achten Szene (Abb. 5.10 8) vervielfältigt sich die T-Helferzelle und die Duplikate bewegen sich im Raum umher. Die Originale Zelle wird verfolgt und bewegt sich zu B-Zellen und T-Zellen mit dem gleichen Rezeptor, welche sie aktiviert. Der passende auditive Text lautet „Die Zelle vermehrt sich und stimuliert B-Zellen sowie T-Zellen, welche die Rezeptoren für das gleiche Antigen tragen, sich zu teilen. All diese Zellen werden auch der Gruppe der Leukocyten zugeordnet und gehören zur adaptiven Abwehr.“

In der neunten Szene (Abb. 5.11 9) schwärmen von den B-Zellen jeweils Antikörper aus, welche sich an die Viren haften und diese so verklumpen. Zu manchen Viren bewegen sich Macrophagen und schließen diese wiederum ein. Zu anderen Viren bewegen sich

Komplementproteine und binden sich an diese. Der auditive Text zu dieser Szene lautet „Die B-Zellen produzieren Proteine, sogenannte Antikörper, die an virale Partikel und/oder virusinfizierte Zellen binden. Dadurch werden wiederum mehr Fresszellen und Komplementproteine angezogen, die das Virus und die virusinfizierten Zellen aufnehmen und zerstören.“ In der zehnten Szene (Abb. 5.11 10) docken an die restlichen Viren die T-Zellen an, woraufhin die Viren sich in Stücke auflösen, bis keine mehr übrig sind. Die Kamera fährt nach hinten und zeigt so mehr Raum. Ein paar der übrigen zu sehenden B- und T-Zellen fangen an zu leuchten und so wird die Erstellung der Gedächtniszellen visualisiert. Der passende auditive Text lautet „Die geklonten T-Zellen binden an virusinfizierte Zellen und zerstören sie ebenso. Hat das Immunsystem die Viren beseitigt, werden aus einigen B- und T-Zellen Gedächtniszellen gebildet. Diese bleiben für Jahre im Körper vorhanden und damit kann das Immunsystem beim nächsten Mal schneller auf das gleiche Virus reagieren.“

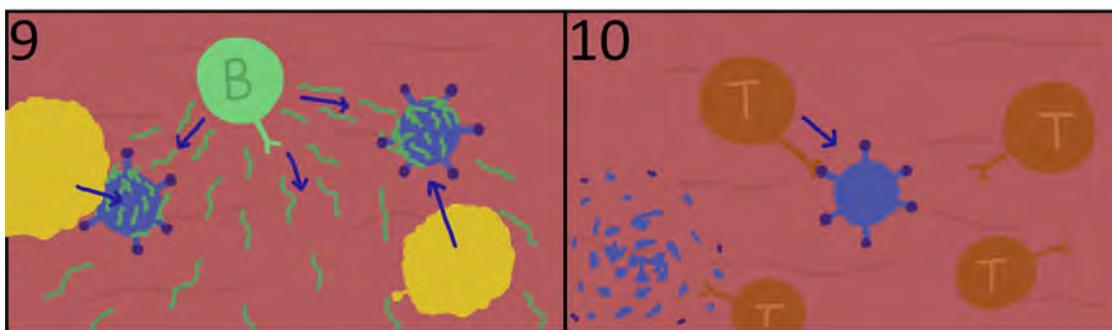


Abbildung 5.11: Storyboard Szenen 9 & 10: Gelbe Elemente= Macrophagen, Dunkelgrüne Elemente= Komplementproteine, Hellgrünes Element= B-Zelle, Blaue Elemente= Viren, Dunkelorangene Elemente= T-Zellen

5.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden zur Beantwortung der Forschungsfrage drei Hypothesen aufgestellt, welche im nächsten Abschnitt prototypisch untersucht werden. Zunächst wurde hierfür das konkrete Gebiet der Mikro- und Molekularbiologie als Forschungsfeld festgelegt. Die erste Hypothese besagt, dass die neuen Techniken von technischer Seite her nutzbar sind, um komplexe und abstrakte Sachverhalte darzustellen. Um diese zu überprüfen, wurden bestehende Animationen auf prägnante und häufig gebrauchte Animationseffekte untersucht. Die so herausgearbeiteten Grundtechniken, gilt es nun unter der Verwendung von MASH umzusetzen und dabei auch parallel die zweite Hypothese zu überprüfen. Diese besagt, dass sich mit den neuen Techniken die gewünschten Ergebnisse schneller umsetzen lassen als mit der reinen Key-Frame-Technik. Die Grundtechniken werden also zum Vergleich auch durch die Key-Framing-Technik realisiert. Zur Überprüfung der letzten Hypothese wurde ein Prototyp geplant zur Thematik „Wie funktioniert die Immunabwehr gegen Viren?“, unter Berücksichtigung von Anforderungen, welche sich durch die vorherigen Kapitel ergeben haben. Die

5. ANALYSEN UND PLANUNG DER PROTOTYPEN

Hypothese besagt, dass die neuen Techniken im 3D-Animationsbereich besser geeignet sind zur Wissensvermittlung, als das Lernen durch das reine Lesen eines Fachtexts.

Kapitel 6

Umsetzung der Prototypen

Im ersten Abschnitt dieses Kapitels, werden die zuvor aufgestellte erste und zweite Hypothese durch eine prototypische Umsetzung in Maya überprüft. Dafür werden die identifizierten Grundtechniken des vorherigen Kapitels und deren Beispiele aus der Analyse der Animationen mittels MASH und der Key-Framing-Technik nachanimiert. Im zweiten Abschnitt wird dann die dritte Hypothese überprüft, indem das erarbeitete Konzept für die Animation, zur Erklärung der Immunabwehr im Körper bei einer Virusinfektion, mittels Maya und der neuen Techniken von Motion Design umgesetzt wird.

6.1 Überprüfung der ersten und zweiten Hypothese

Die erste Hypothese lautet „Die neuen Techniken sind von technischer Seite her nutzbar, um komplexe und abstrakte Sachverhalte darzustellen“ und die zweite Hypothese lautet „Mit den neuen Techniken lassen sich die gewünschten Ergebnisse schneller umsetzen, als mit der reinen Key-Frame-Technik“. Diese beiden werden nun praktisch überprüft.

6.1.1 Vorbereitung und Einstellungen

Um das MASH-System in Maya zu nutzen, sind keine externen Downloads nötig, da es ein Bestandteil der Software selbst und als Plug-In integriert ist. Man kann es über das Animations bzw. FX Menü oder als eigenen Reiter finden. Um ein MASH-Netzwerk zu erzeugen, muss man lediglich ein beliebiges Objekt auswählen, welches in diesem vorhanden sein soll und dann werden durch Knopfdruck automatisch alle nötigen Anfangsknoten und Einstellungen erzeugt. Man kann aber als Voreinstellung bestimmen, ob das Objekt erst einmal als Mesh oder als Instanz genutzt werden soll, sowie dessen anfängliche Verteilung über den „Distribute Type“. Wichtig ist aber, dass sich das Objekt im Ursprung befindet.

Um nun die verschiedenen Grundtechniken aus dem vorherigen Kapitel nachzubauen, braucht es keine aufwändigen Modelle oder Shader, da lediglich die Technik überprüft werden soll. So wird jeweils mit primitiven Objekten und simplen Shadern für eine farbliche Unterschei-

derung gearbeitet. Um für die jeweiligen Techniken ein paar Test-Renderings durchführen zu können, wurde lediglich eine Hohlkehle und diverse Flächenlichter verteilt.

6.1.2 Grundtechnik 1

Die erste identifizierte Grundtechnik besagt: „Eine umfangreiche Menge an Teilchen strömt im Bild von einer Position zu einer anderen. Zum Beispiel in Abb. 5.1 A durch einen geschlossenen Tunnel oder in Abb. 5.2 A im freien Raum verteilend.“ Diese gilt es nun nach-zuproduzieren:

Zunächst wird eine Szene umgesetzt ähnlich Abb. 5.1 A, wo rote und weiße Blutplättchen durch einen Tunnel strömen. Als erstes wurde hierzu aus einem Cube eine simple Form, die einem Blutplättchen ähnelt, modelliert und dupliziert. Diese wurden entsprechend zu weißem und rotem Blutplättchen umbenannt und bekamen einen aiStandardSurface-Shader bei dem jeweils die Base Color auf die entsprechende Farbe gestellt wurde. Danach wurde ein simpler Tunnel aus einer Zylinder geformt, der eine Arterie darstellen soll.

MASH-Netzwerk

Zur Erstellung des MASH-Netzwerks, wurde das Objekt der weißen Blutplättchen ausgewählt. Mit der Erzeugung des Netzwerks ist automatisch ein Repro-Node (Node = Knoten), ein Waiter-Node und ein Distribute-Node erstellt worden. Mit ersterem kann man verschiedene Aspekte des Meshes von Objekten steuern, wenn man vorher den Geometrie-Typ ausgewählt hat, also nicht mit Instanzen arbeitet. Man kann hier aber auch die Option einstellen, mit Platzhaltern zu arbeiten, um Rechenleistung beim Arbeiten zu sparen. Mit Hilfe dieses Knotens wurde das Mesh für die roten Blutplättchen ebenfalls zu der Liste der Objekte des Netzwerks hinzugefügt. Mit dem Waiter-Node kann man die anderen Nodes bei Bedarf erzeugen lassen. So wurde auch ein ID-Node dem Netzwerk hinzugefügt. Damit kann man bestimmen, wie und wann die verschiedenen Meshes aus der Objektliste verwendet werden sollen. Hier wurde der Typ auf „Random“ und die Anzahl auf zwei gestellt, so dass zufällig jeweils eins der beiden Objekte bei der Verteilung genutzt wird und das Ganze so natürlicher wirkt. Als nächstes wurde der schon vorhandene Distribute-Node verwendet, um eine Anzahl von insgesamt 110 Blutplättchen-Objekten zu erzeugen und diese in der groben Form einer Sphäre anzuordnen. Um nun die Blutplättchen durch den Tunnel schweben zu lassen, wurde mit dem Curve-Tool von Maya eine Kurve entsprechend einer passenden Bahn durch den Tunnel erzeugt. Anschließend wurde dem Netzwerk der Curve-Node hinzugefügt, mit dem die sphärisch positionierten Objekte entlang der vorherig angelegten Kurve animiert werden konnten. Damit sich nicht die starre Anordnung der Objekte an sich einfach entlang der Kurve bewegt, wurde mittels der Einstellung „Step=1“ die sphärische Konstruktion einmal komplett auf die Länge der Kurve gestreckt (Abb. 6.1).

Um das Ganze nun wie einen kontinuierlichen Strom aussehen zu lassen, wurde bei dem nullten Frame der Animation bei der „Offset Along Curve“- Einstellung, ein Wert von null mit einem Key versehen (gekeyed), es wurde also ein Schlüsselwert hierfür gesetzt und das gleiche nochmal bei dem sechundneunzigsten Frame, also vier Sekunden und einem Wert von eins. Somit wurde der Strom animiert, aber da das Ganze noch sehr starr und undynamisch

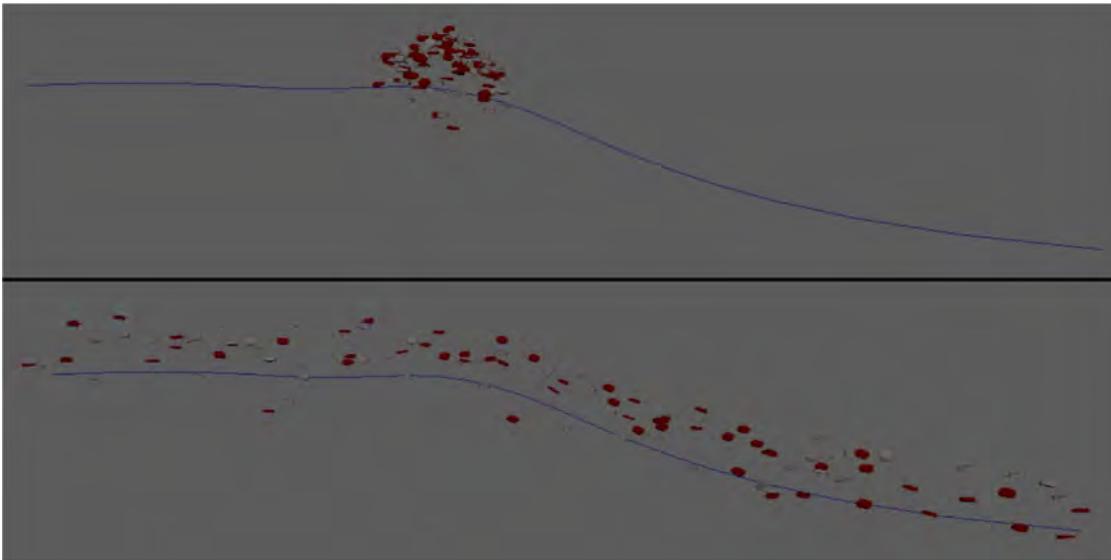


Abbildung 6.1: Während oben die sphärische Anordnung punktuell auf der Curve (blaue Linie) angeordnet ist, ist sie unten über die ganze Curve verteilt in die Länge gezogen.

aussah, wurde noch ein Random-Node hinzugefügt. Mit diesem konnten an verschiedenen Stellen der Animation jeweils die einzelnen Werte für Rotation und Position verändert und gekeyed werden, so dass zufällig ausgewählte Blutplättchen eine leicht optische Varianz zum Rest bilden und so wieder mehr Natürlichkeit erzeugt wird. Zu Letzt wurde noch, um dies für den Strom als Ganzes umzusetzen, beim Distribute-Node die Werte für den X- und Y-Winkel sowie den Radius an mehreren Stellen der Animation verändert und jeweils gekeyed (Abb. 6.2).

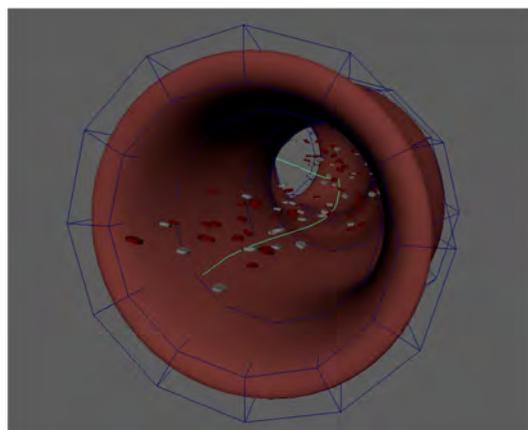


Abbildung 6.2: Übersicht der Szene mit dem Tunnel und dem Pfad der variierenden Blutplättchen (grüne Linie)

Key-Framing-Technik

Die Grundtechnik 1 wurde zusätzlich mit der Key-Framing-Technik umgesetzt. Hier wurde die bereits vorhandene Szene mit den Lichtern und den Modellen des Tunnels, sowie der Blutplättchen genutzt. Ein einzelnes Plättchen wurde an einem und am anderen Ende des Tunnels gekeyed und dann dazwischen noch an verschiedenen Positionen innerhalb des Tunnels. So konnte eine Bewegungsbahn erzeugt werden, die für jedes Blutplättchen individuell war und eine Kollision mit der Tunnelwand vermieden werden. Um noch mehr Varianz zu erzeugen, wurde an diversen Stellen auch noch die Rotation mancher Plättchen verändert und gekeyed. So wurden insgesamt zweiundzwanzig Blutplättchen animiert. Da bei dem MASH-Netzwerk einhundertzehn von diesen genutzt wurden, wird später in der Zeiterfassung die benötigte Zeit der Key-Framing-Technik entsprechend mal fünf genommen.

6.1.3 Grundtechnik 2

Die zweite identifizierte Grundtechnik besagt: „Teilchen setzen sich zu größeren Strukturen zusammen, wie beispielsweise in Abb. 5.1 G oder diese lösen sich wiederum zu kleineren Teilchen auf, wie in Abb. 5.1 H.“ Diese gilt es nun nachzuproduzieren:

In diesem Fall wird eine Szene umgesetzt, ähnlich Abb. 5.1 G, wo sich mehrere im Raum befindliche Teilchen zu einer Art Protein-Struktur zusammensetzen. Hierzu wurden die anfänglich beschriebene Hohlkehle und einige Flächenlichter genutzt. Dann sind zwei Primitive Objekte als Visualisierung für die einzelnen kleinen Teilchen genutzt worden. Alle Objekte bekamen einen simplen aiStandard-Surface-Shader bei dem jeweils die Base Color auf die entsprechende Farbe gestellt wurde.

MASH-Netzwerk

Mit einem der Teilchen wurde ein MASH-Netzwerk erzeugt und, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, durch den Repro-Node und den ID-Node auch das andere Teilchen mit in die Objektliste aufgenommen und ein Zufallsfaktor für die Nutzung der beiden eingestellt. Um eine Art Protein-Struktur zu erzeugen, wurde ein Zylinder als Basis genutzt, welcher dann jeweils durch Extrudieren in eine längliche und organisch wirkende Form gebracht wurde. Dann wurde beim Distribute-Node die Anzahl der Teilchen auf 2000 gestellt, der Standard-Typ der Verteilung von „Linear“ zu „Mesh“ und bei der Methode auf „Voxel“ gewechselt. Anschließend wurde das Mesh des angepassten Zylinders mit dem Node verbunden, so dass die Teilchen dieses praktisch als Hülle nutzen und sich darin verteilen, Nun wurde der Zylinder ausgeblendet, so dass die Teilchen zusammen die grobe Form der beabsichtigten Protein-Struktur ergeben (Abb. 6.3).

Dies sollte jedoch die Endform der Animation sein. Damit die Teilchen diese nun im Verlauf ergeben, wurde ein Random-Node hinzugefügt. Bei diesem wurde die Position aller Werte auf fünfhundert gestellt, so dass die Teilchen zufällig im Raum verteilt sind. Dann wurde ein Falloff-Objekt erstellt, welches so transformiert wurde, dass es die gesamte Fläche der Protein-Struktur bedeckt. In diesem Bereich hat der Node eine Auswirkung, also wurde das Falloff-Objekt in seiner Position beim nullten Frame gekeyed und dann beim letzten

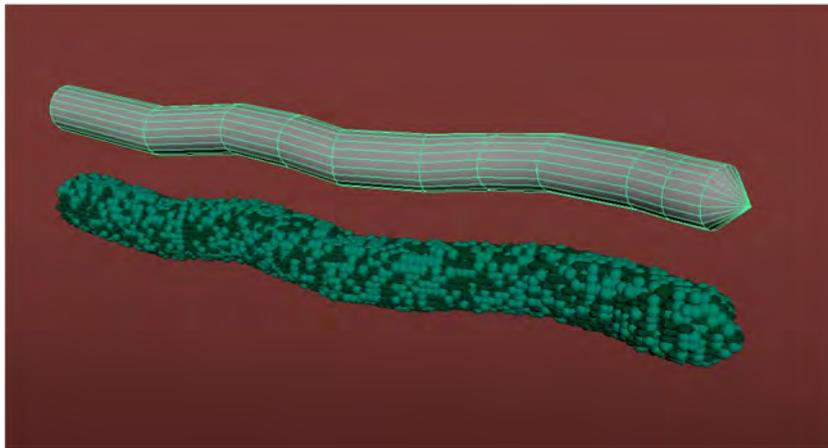


Abbildung 6.3: Protein-Struktur aus einzelnen grünen Teilchen und darüber das angepasste Zylinder-Objekt, welches die Form vorgibt

Frame der Animation nach hinten wegbewegt und keyed. Somit verschiebt sich der Einflussbereich des Knotens und es sieht so aus, als würden die Teilchen die Struktur nach und nach bilden.

Key-Framing-Technik

Die Grundtechnik 2 wurde auch mit der Key-Framing-Technik umgesetzt. Hier wurde ebenfalls die bereits vorhandene Szene mit den Lichtern und den Modellen der Kugeln für das Protein genutzt. Das Objekt für das ganze Protein, dessen Mesh im MASH-Netzwerk für die Verteilung durch den Distribute-Node genutzt worden ist, wurde auch hier verwendet um die einzelnen Kugeln an dessen Oberfläche verteilt anzuordnen. Die Objekte wurden dabei sehr dicht aneinander angeordnet und das Objekt für das Protein später ausgeblendet. Um die Animation des Zusammensetzens umzusetzen, wurde die erzeugte Anordnung der Kugelobjekte in ihrer fertigen Form zu einem späten Zeitpunkt in der Timeline keyed. Dann ist zum Anfangsframe gewechselt worden und die einzelnen Kugelobjekte an eine andere Stelle im Raum verschoben und jeweils keyed. Bei Abspielen der Animation setzen sich die einzelnen verstreuten Teile dann in Form des Proteins zusammen. Hier wurde mit einhundert Kugelobjekten gearbeitet, um den Ansatz des Proteinobjektes zu formen. Bei dem MASH-Netzwerk betrug die Anzahl zweitausend, so dass auch hier die benötigte Zeit mit zwanzig multipliziert werden muss bei der Erfassung der Ergebnisse.

6.1.4 Grundtechnik 3

Die dritte identifizierte Grundtechnik besagt: „Eine große Menge an Teilchen wird im Raum verteilt und jeweils mit einer individuellen Bewegung oder einer mit den Nachbarpartikeln zusammenhängenden Bewegung versehen, wie es der Fall in Abb. 5.1 D oder Abb. 5.2 F ist.“ Diese gilt es nun nachzuproduzieren:

Hier wird eine Szene umgesetzt, die sich stark an Abb 5.1 D orientiert. Eine große Fläche an

verschieden farbigen Kugeln soll so animiert werden, dass jede Kugel sich durch eine leichte Verschiebung ihrer Position in alle drei Achsen-Richtungen bewegt. Man kann also sagen, dass es ein Meer an Kugeln geben soll, mit einer sehr unruhigen Wasseroberfläche. Auch hier wird wieder die Hohlkehle und die Flächenlichter genutzt, sowie eine simple Kugel als Objekt.

MASH-Netzwerk

Zunächst wurde mit dem Objekt der Kugel ein MASH-Netzwerk erstellt. Dann wurde im Distribute-Knoten der Typ auf „Grid“ gestellt, so dass die Kugeln in einer Gitterstruktur verteilt werden. Da es ein ganzes „Meer“ an Kugeln werden sollte, wurde entsprechend die Anzahl derer, auf einhundert mal einhundert Kugeln gestellt. Diese wurden so verteilt, dass sie das vollständig zu rendernde Bild links, rechts und unten zum Rand hin komplett ausfüllten. Ihr Abstand zueinander wurde so eingestellt, dass das Ganze wie eine geschlossene Fläche wirkte und man den Untergrund kaum erkennen konnte. Um den Kugeln eine individuell verteilte Farbe zu geben, wurde der Color-Node genutzt. Hier wurde bei der Farbe eine Standard „Crater-Textur“ verknüpft, deren drei Kanäle auf Blau- und Grün-Töne gesetzt wurden (Abb. 6.4). Dann wurden im Color-Node die Werte noch so angepasst, dass es einen leichten Zufallswert für den Farbton und die Sättigung gab, um noch mehr Farbvarianz für die einzelnen Kugeln zu Erzeugen. Da diese Werte für die Farbe jedoch nur im Knoten des MASH-Netzwerks festgelegt waren, wurden sie beim Rendern mit Arnold nicht angezeigt. Deswegen wurde das ReproMesh-Objekt des Netzwerks mit einem aiStandardSurface-Shader versehen und in dessen Shape-Reiter bei Arnold der Haken bei „Export Vertex Colors“ gesetzt. Jetzt konnte bei dem aiStandardSurface bei Color ein aiUserDataColor-Knoten verknüpft werden. Bei diesem wurde die Bezeichnung des vorherig eingestellten Color-Nodes eingetragen und die Werte dessen konnten so für den Arnold-Shader genutzt werden. Als nächstes wurde dem Netzwerk ein Signal-Node hinzugefügt, durch welchen die individuellen Kugeln mit einer Bewegung versehen wurden. Dafür wurde der Standard-Typ „4D-Noise“ genutzt, um eine möglichst natürliche und zufällig wirkende Bewegung zu erzielen. Die Bewegung der Kugeln zur Seite hin wurde halb so stark eingestellt, wie die nach oben und unten, so dass der Fokus der Animation auf einer Höhenvarianz lag. Um hier auch wieder mehr Individualismus bei den einzelnen Kugeln zu erzeugen, wurde der Wert für das Rauschen leicht erhöht. Die Animation wurde außerdem von der Standard-Geschwindigkeit ausgehend verlangsamt, damit das Ganze nicht zu unruhig wirkte.

Im vorliegenden Fall wurde auch wieder mit der Geometrie der Ursprungskugel gearbeitet. Da es aber eine große Menge an Kugeln waren die dann verteilt wurden, belastete das den Arbeitsspeicher des Computers sehr. MASH bietet auch die Möglichkeit, statt der Geometrie mit Instanzen zu arbeiten, was die Rechenleistung erheblich schont. Der Color-Node funktioniert jedoch nur mit der Geometrie, weshalb hier auf Instanzen verzichtet wurde. Jedoch bietet MASH auch die Möglichkeit, die verteilten Objekte als „Bounding“-Box, statt durch ihre Geometrie, im Viewport anzeigen zu lassen (Abb. 6.5). Dies wurde genutzt, um ein besseres Arbeiten zu ermöglichen.

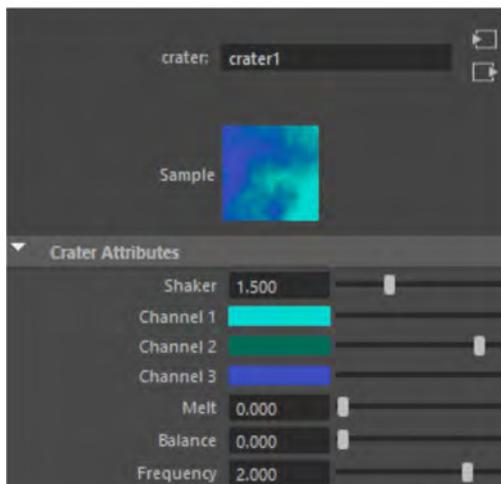


Abbildung 6.4: Die verteilten Kugeln werden jeweils durch die blau gezeichneten „Bounding-Boxen“ dargestellt

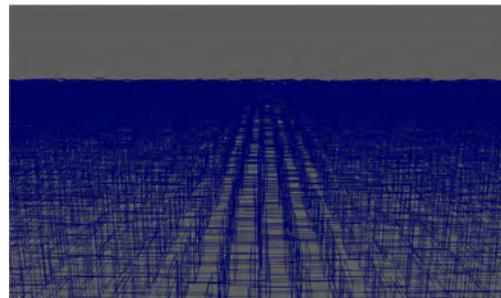


Abbildung 6.5: Einstellungen der jeweiligen Kanäle der Crater-Textur für den Color-Node

Key-Framing-Technik

Die Grundtechnik 3 wurde auch mit der Key-Framing-Technik nachgebaut und animiert. Hierzu sind drei Kugelobjekte erzeugt worden und ihnen jeweils ein eigener Shader zugeordnet, so dass sie verschiedene Grundfarben besaßen. Dann wurden diese per Hand in einer Gitterstruktur eng aneinander verteilt. Anschließend sind die Kugeln einzeln animiert worden, so dass sie sich auf und ab bewegen. Dazu wurde eine Anfangsposition bestimmt und gekeyed, dann entsprechend eine Position darunter oder darüber und anschließend wieder die Ausgangsposition. Das Ganze ist dann mittels des Graph-Editors und der „Cycle-Einstellung“ sowie der „Post-Infinity-Einstellung“ in seiner Bewegung durch eine Schleife wiederholt worden. Das vorherige MASH-Netzwerk arbeitete mit neuntausendfünfhundert Kugeln. Hier wurden fünfzig Kugeln animiert, so dass hier die Arbeitszeit mit einhundertneunzig multipliziert werden muss.

6.1.5 Grundtechnik 4

Die vierte identifizierte Grundtechnik besagt: „Wurzelartige Strukturen wachsen von einer bestimmten Stelle aus, zum Beispiel bei Abb. 5.2 D und führen gegebenenfalls noch eine bestimmte Bewegung aus, wie bei Abb. 5.2 E zu beobachten ist.“ Diese gilt es nun nachzuproduzieren:

Bei dieser Technik werden zwei Szenen umgesetzt, einmal das Wachsen von den wurzelartigen Strukturen von Abb. 5.2 D und dann Schweife, die ein paar Bakterien hinter sich herziehen, ähnlich Abb. 5.2 E. Hier wird wieder die Hohlkehle und die Flächenlichter genutzt. Für die Basis der Wurzeln, wird ein einfacher Zylinder mit geringer Länge genutzt. Das Modell von einem Bakterium, wird aus einem einfachen Zylinder erzeugt, welcher an den Enden transformiert wird, so dass er spitzer zuläuft.

MASH-Netzwerk

Für die erste Szene, wurde mit dem kurzen Zylinder ein MASH-Netzwerk erzeugt. Dann wurde eine Curve erstellt, welche sich spiralartig von unten nach oben durchs Bild zieht. Anschließend wurde ein Curve-Node erzeugt, zu welchem die vorangegangene Curve zugeordnet wurde. Im Distribute-Node wurde die Anzahl der zu verteilenden Zylinder auf viertausend erhöht. Danach wurde im Curve-Node der „Step-Wert“ so hoch eingestellt, dass die komplette Länge der Kurve mit Zylindern ausgefüllt war. So sah das Ganze schon einmal wie eine fertige Wurzelstruktur aus. Um diese nun in einer Animation wachsen zu lassen, wurde auch hier der „Offset Along Curve-Wert“ im ersten Frame auf null und im letzten auf eins gekeyed. Das Ganze wurde mit einem zweiten Zylinder und einer weiteren Curve, die sich um die andere schlängelt wiederholt, so dass zwei wurzelartige Strukturen umeinander herum nach oben wachsen (Abb.6.6 links).

Für die Animation mit den Bakterien, wurde auch zunächst mit dem vorbereiteten Modell ein MASH-Netzwerk erzeugt. Bei diesem wurde dann im Distribute-Node die Anzahl auf zehn erhöht und eine sphärische Verteilung eingestellt. Dann wurde eine horizontal verlaufende Curve erzeugt und einem neuen Curve-Node zugeordnet. Mit Hilfe des „Offset Along Curve-Wertes“ wurde so eine Gruppe von Bakterien entlang der Kurve animiert. Um Schweife für diese zu schaffen, wurde die Trail-Utility genutzt. Durch diese erzeugen die Objekte des Netzwerks einen visuellen Pfad hinter sich, welcher ihrer Bewegung folgt. Hier wurde die Einstellung getroffen, dass die Länge der Schweife zwanzig betragen soll und die Größe vier, um das Ganze proportional zu der Größe der Bakterien zu gestalten (Abb.6.6 rechts)

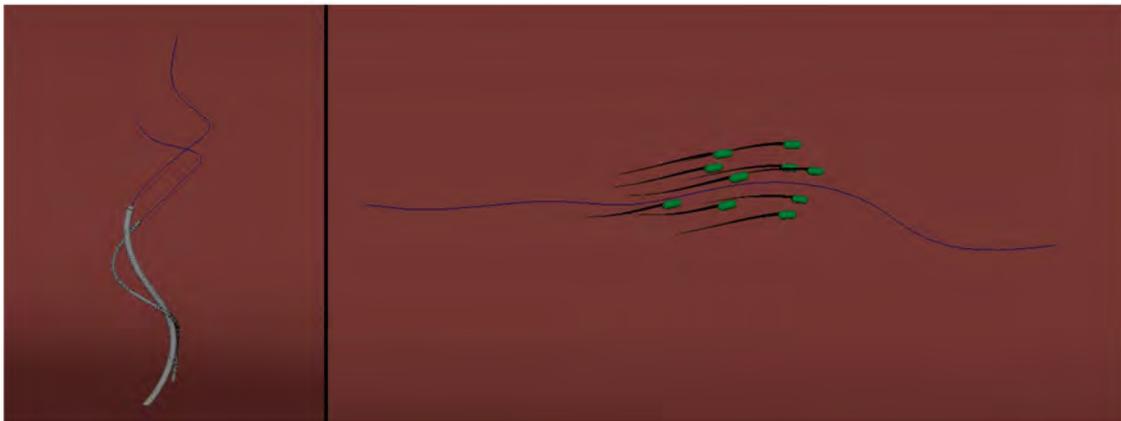


Abbildung 6.6: Die grauen wurzelartigen Strukturen wachsen im linken Bild nach oben entlang der blauen Kurve und rechts folgen die grünen Bakterien ebenfalls einer blauen Kurve gefolgt von ihren schwarzen Schweifen

Key-Framing-Technik

Die Grundtechnik 4 wurde ebenso mit der Key-Framing-Technik umgesetzt. Zunächst wurde das Wachsen der wurzelartigen Strukturen realisiert. Hier wurde ein Würfel als Grundobjekt genutzt, der entsprechend durch Extrudieren der Faces nach oben in eine spiralartige längliche

Form gebracht wurde. Die dadurch erzeugte Grundform einer Wurzel ist dann am Ende der Timeline gekeyed worden. Dann wurden rückwärts laufend die oberen Faces jeweils Stück für Stück nach unten transformiert und gekeyed, so dass es bei Abspielen der Animation wie das Wachsen der Wurzelstruktur aussieht.

Für die Bakterien ist das gleiche Grundobjekt, wie bei dem MASH-Netzwerk genutzt worden. Der Schweif wurde aus einem Zylinder-Objekt geformt und an dem Körper durch ein Parent-Constraint befestigt. Das einzelne Bakterium ist dann in einer Position links und rechts entsprechend des Bildschirmausschnitts gekeyed worden, um eine Bewegung zu erzeugen. Dazwischen wurde die Höhe jeweils ein wenig variiert und ebenso wie die Rotation gekeyed. Beim Schweif wurden jeweils einzeln zwei Edgeloops auf der y-Achse angepasst, um eine Auf- und Ab-Bewegung zu kreieren, die dann durch eine Schleife wiederholt wurde. Es wurden so fünf Bakterien animiert im Gegensatz zu den zehn aus dem MASH-Netzwerk, so dass auch hier die Zeit mit einem Faktor multipliziert werden muss, welcher in diesem Fall zwei beträgt.

6.1.6 Grundtechnik 5

Die fünfte identifizierte Grundtechnik besagt: „Die Form eines Objektes wird geändert. Dies ist beispielsweise der Fall in Abb. 5.1 J, Abb. 5.2 F oder auch Abb. 5.2 G. Hier wird die Oberfläche zusammengenommen dynamisch geändert, so dass es eine sich ständig oder nach und nach verändernde Objektform gibt.“ Diese gilt es nun nachzuproduzieren:

Hier wird eine Szene umgesetzt, welche dem Beispiel von Abb. 5.2 F folgt und eine Protein-Struktur zeigt, deren Oberfläche sich dynamisch und kontinuierlich verändert. Auch hier wurden die Hohlkehle und die Flächenlichter genutzt. Außerdem sind drei Kugelobjekte verwendet worden. Eine ist in ihrer Ursprungsform belassen, eine etwas in die Länge skaliert und bei einer unregelmäßige Verformungen erzeugt worden, durch den weichen Auswahlmodus bei der Verschiebung einen Vertex (Abb. 6.7). So wurde auch eine zusätzliche größere Kugel angepasst, die als Basis für die Protein-Struktur dienen sollte (Abb. 6.7).

MASH-Netzwerk

Wie bei allen anderen, wurde als erstes eine der Kugeln ausgewählt und damit ein MASH-Netzwerk erzeugt. Die restlichen sind durch den Repro- und ID-Node hinzugefügt worden, wobei die Auswahl der einzelnen wieder auf zufällig gestellt worden ist. Als nächstes wurde bei dem Distribute-Node die Verteilung auf „Mesh“ gestellt und das verformte große Kugelobjekt als Basis dafür genutzt, so dass die anderen Kugeln auf diesem verteilt wurden. Das originale Mesh ist ausgeblendet und die Anzahl der Objekte im Distribute-Node auf vierhundertfünfzig gestellt worden. So waren viele Objekte eng an einem Ort verteilt, so dass diese kombiniert wie eine ganze Protein-Struktur aussahen. Anschließend wurde durch den Random-Node noch eine leichte Größenvarianz eingestellt und dann durch den Signal-Node eine Bewegung für die einzelnen Objekte. Dabei ist die Position, um die sich die Objekte bewegen konnten, auf drei eingestellt worden und als Typ das „Curl Noise“. So konnte jeweils eine einzelne Bewegung erzeugt werden, die zusammengenommen wie die unregelmäßige Oberflächenbewegung einer Protein-Struktur aussah.

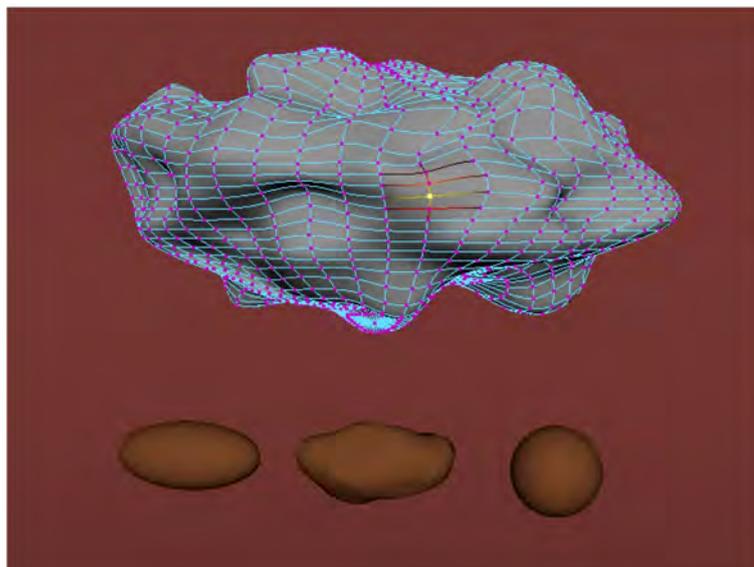


Abbildung 6.7: Die drei orangenen transformierten Kugelobjekte bilden die Bestandteile des MASH-Netzwerks und das graue Objekt dient als Mesh für die Verteilung

Key-Framing-Technik

Die Grundtechnik 5 wurde auch mit der Key-Framing-Technik umgesetzt. Es wurde das Grundobjekt verwendet, welches vorher für die Verteilung im Distribute-Node genutzt wurde. Dieses Objekt wurde mehrmals durch das Verändern ausgewählter Vertices verändert und in der entsprechenden Form keyed. Die Vertices wurden dabei durch die weiche Auswahl bestimmt. So wurde eine sich über die Zeit verändernde Form erzeugt.

6.1.7 Zusammenfassung

In der Abbildung 6.8 sieht man eine Collage aus Renderings aller Grundtechniken. Die vollständige Animation ist unter <https://youtu.be/6QVxuogoJQE> zu finden. Für die Umsetzung der Grundtechnik drei mit MASH, muss an dieser Stelle eine Epilepsie Warnung gegeben werden, auf Grund der schnellen Farbwechsel. Die Grundtechniken wurden für effektiveres Zeitmanagement mit geringen Einstellungen gerendert. Zusammenfassend kann man festhalten, dass alle identifizierten Grundtechniken durch die Kombination der verschiedenen Nodes in MASH umzusetzen waren.

6.2 Überprüfung der dritten Hypothese

Die dritte Hypothese lautet „Der 3D-Animationsbereich, umgesetzt mit den neuen Techniken, eignet sich für die Wissensvermittlung auf dem Gebiet der Mikro- und Molekularbiologie besser als die reine Vermittlung durch das Lesen eines Textes.“ Diese wird nun praktisch überprüft durch die Produktion eines Animationsvideos zur Erklärung der Immunabwehr im

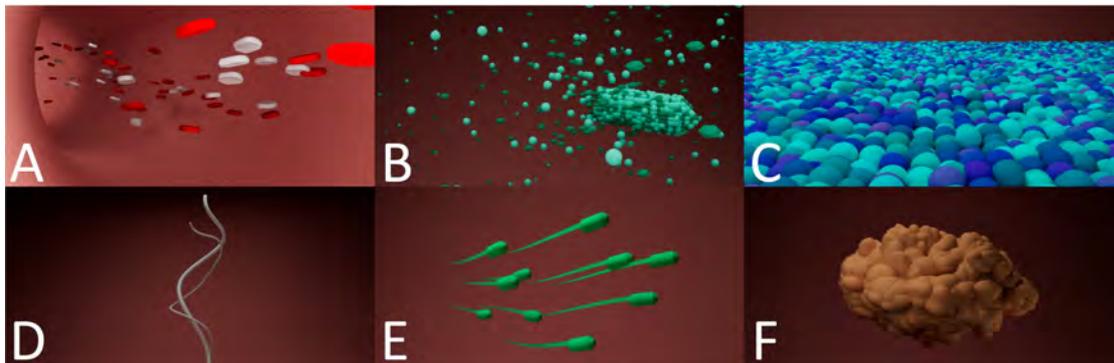


Abbildung 6.8: Collage der Renderings: A= Grundtechnik 1, B=Grundtechnik 2, C= Grundtechnik 3, D&E= Grundtechnik 4, F= Grundtechnik 5

Körper bei einer Virusinfektion. Dafür wurde zunächst der Fachtext als Voice-Over aufgenommen, so dass er als zeitliche Orientierung für die Animationen in den einzelnen Szenen dienen konnte.

6.2.1 Vorbereitung

Zunächst wurde der entwickelte Fachtext auditiv aufgenommen und bearbeitet. Somit war dieser schon einmal zeitlich passend vom Tempo und den Pausen her. Dieser wurde dann in Maya für die einzelnen Szenen importiert, so dass hier ein zeitlicher Rahmen vorgegeben war. So konnte der Ablauf und das Tempo der Animationen im weiteren Verlauf auf das Voice-Over abgestimmt werden.

6.2.2 Aufbau der Szenen

Zunächst wurde das im Verlaufe der Arbeit bereits erwähnte Plug-In „mMaya“¹ auf Tauglichkeit für diesen Verwendungszweck getestet. Es werden zurzeit die Versionen von Maya 2018-2020 unterstützt. Bei diesem Plug-In ist die Grundfunktion kostenlos. Das heißt man kann Modelle aus der „Protein Data Bank“ in eine Szene laden, aber die Funktionen für die erweiterte Modellierung und Rigging sind kostenpflichtig. Die Modelle bestehen aus Gruppen von kugelartigen Objekten, die das jeweilige Protein präsentieren. Jedoch können keine einzelnen Objekte ausgewählt und verändert werden, immer nur die gesamte Gruppe. Außerdem erschien es nicht möglich, dem Ganzen einen Arnold-Shader zuzuweisen. Da die Bestandteile sich für die Animation aber eindeutig für den Zuschauer von der Farbe und Form her unterscheiden sollten, wurde das Plug-In schlussendlich nicht verwendet.

Stattdessen wurden die Modelle durch Transformation von primitiven Objekten gebaut und sind ebenso durch die Verwendung der neuen Techniken von Motion Design realisiert worden. So konnten diese nicht nur zur Animation verwendet werden, sondern auch für die Anordnung und Verteilung von bestimmten Komponenten bei der Erstellung von mikro- und molekularbiologischen Modellen. Die „Protein Data Bank“ und ihr Bildungsbereich wurden hierbei als

¹<https://clarafi.com/tools/mmaya/> Stand: 30.05.22)

Referenzen genutzt. Zum Beispiel wurde sich bei dem Modell für den Virus an der Abbildung eines Adenovirus orientiert (Abb. 6.9). Um dieses in Maya zu adaptieren, wurde zunächst ein primitives Kugelobjekt erstellt, welches dann durch die „weiche Auswahl“ und das Verschieben von Vertices verformt wurde, so dass es nicht mehr perfekt rund war, sondern starke Erhebungen und Vertiefungen aufwies. Dieses wurde genutzt, um ein MASH-Netzwerk zu kreieren. Ein weiteres Kugelobjekt wurde auf die beschriebene Weise verformt, mit jedoch nicht ganz so starken Ausbeulungen und deutlich größer. Es ist dann als Basis-Mesh für den Distribute-Node genutzt worden. So wurde eine Vielzahl der kleinen kugelartigen Objekte auf dem größeren Verteilt und bildete damit die Struktur der Virusoberfläche. Anschließend ist aus einem länglichen Objekt, seinerseits geformt aus transformierten und kombinierten Kugelobjekten, ein weiteres MASH-Netzwerk erzeugt worden und wiederum das gleiche kugelartige Mesh für die Verteilung genutzt worden. So konnten auf der Virus-Struktur noch die längeren Strukturen verteilt werden (Abb. 6.10). Die beiden „ReproMeshes“ der Netzwerke wurden anschließend dupliziert und kombiniert, so dass man ein einziges Objekt als Virus im weiteren Verlauf verwenden konnte. Auf diese Weise, unter Verwendung der MASH-Nodes und durch Transformation der Vertices unter der „weichen Auswahl“, wurden die Modelle der Animation angefertigt.

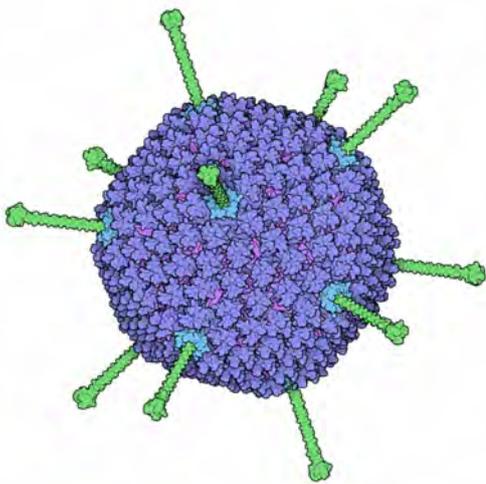


Abbildung 6.9: Darstellung der Struktur eines Adenovirus (<https://bit.ly/3GybFJA> Stand 31.05.22)

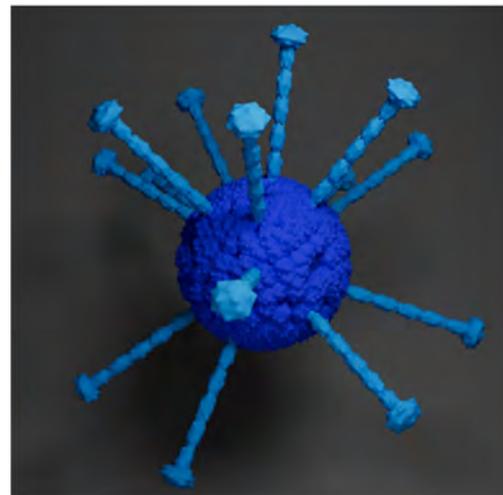


Abbildung 6.10: Nachgebautes 3D-Modell eines Adenovirus mittels MASH-Nodes

Bei den Shadern wurde ausschließlich mit aiStandardSurface-Shadern gearbeitet, bei denen der Anteil der diffusen Farbe auf hundert Prozent eingestellt worden ist und die sich lediglich im Farbwert unterscheiden. Es ist bewusst auf den Bau komplexerer Shader verzichtet worden, um die Aufmerksamkeit des Zuschauers auf die eigentlichen Prozesse zu lenken und so auch an benötigter Rechenleistung zu sparen. Ebenso wurden keine aufwändigen Lichtkonzepte umgesetzt, sondern das Ziel jeder Szene war es, die wichtigen Teile simpel auszuleuchten. Es sind hier also Flächenlichter benutzt worden und es wurde lediglich an mancher Stelle zur Betonung eines Bestandteils die Drei-Punkt-Beleuchtung verwendet.

6.2.3 Animationen

Die Szenen wurden entsprechend auf der Basis des Storyboards und des Voice-Overs umgesetzt. Dabei wurden Szene 2, Szene 3 und Szene 4 durch eine einzige Maya Szene umgesetzt. Genauso die Szenen 5 & 6, 7 & 8 sowie 9 & 10. So konnten Kamerafahrten und flüssige Handlungen ermöglicht werden, ohne dass ein Schnitt in der Nachbearbeitung gesetzt werden müsste.

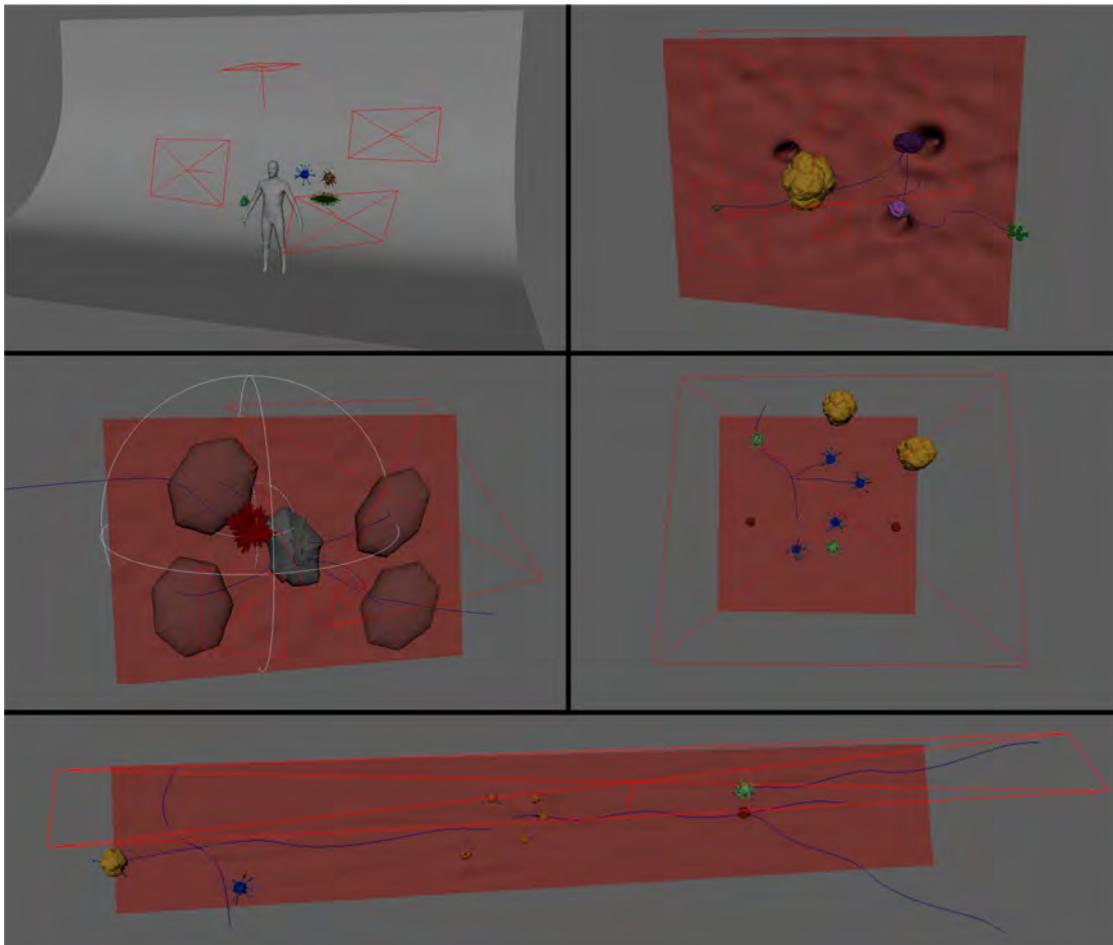


Abbildung 6.11: Collage der Szenenübersichten für das Animationsvideo

Der größte Teil der Animationen wurde durch Verwendung des MASH-Systems umgesetzt. In Abbildung 6.11 sieht man Übersichten der verschiedenen Szenen. Man kann erkennen, dass dort viele Kurven verwendet wurden. Diese wurden jeweils genutzt, um einzelne und mehrere Objekte durch den Curve-Node zu animieren und so eine dynamische Bewegungskurve umzusetzen. Viele der im vorherigen Abschnitt verwendeten Techniken und Kombinationen von Nodes, wurden auch hier verwendet. Vor allem die Variante, den Distribute-Node mit dem Verteilungstyp „sphärisch“ und den Random-Node zu verwenden,

um kleine Teilchen augenscheinlich zufällig als Menge im Raum zu verteilen und diese dann entlang einer Kurve mit dem Curve-Node zu animieren, ist häufig genutzt worden. Eine neue Technik, die nicht bereits im letzten Abschnitt erklärt wurde, ist bei der dritten bzw. vierten Szene zum Einsatz gekommen. Hier wird bei der mit dem Virus befallenen Zelle durch die Killerzelle der Zelltod ausgelöst werden. Um das zu verdeutlichen, sollte sich die Zelle zusammenziehen, also ihre visuelle Form ändern und so den Tod symbolisieren. Dafür wurde der „MASH Blend Deformer“ genutzt, um von dem Mesh einer gesunden Zelle zu dem einer toten Zelle zu wechseln. Hier konnte ein „Falloff-Objekt“ genutzt werden, welches als weiße Umrandung in Abbildung 6.11 in der Mitte links zu erkennen ist. Nur die Vertices, welche sich im Einflussbereich dieses Objektes befanden, wurden zum anderen Mesh gewandelt. So konnte das Objekt an die Position der Killerzelle gesetzt werden und lediglich dessen Größe keyekeyed werden, so dass augenscheinlich das Absterben von der Killerzelle ausgelöst wurde.

6.2.4 Zusammenfassung

Mit der Animation wurde das Storyboard aus dem letzten Kapitel umgesetzt und auch die generellen Anforderungen an den Prototyp. Es wurde ein Voice-Over erzeugt, zu dem passend die erklärten Prozesse gezeigt wurden. Vom Design her erinnert das Ganze an Knete: Es wurden eindeutige, aber vereinfachte Modelle und kräftige Farben genutzt. Hier wurde auf wissenschaftliche Akkuratessse bewusst verzichtet, damit die Zuschauer sich auf das Wesentliche konzentrieren und die Prozesse besser zuordnen und verstehen können. Auch die genaue Weise, wie beispielsweise manche Bestandteile an andere binden wurde nicht gezeigt. So sollte eine Überforderung des Zuschauers vermieden werden, da die Animation natürlich nur einen groben Überblick über die Thematik geben sollte. Aber trotzdem sind diese Prozesse in ihrer Existenz angedeutet worden, um den Gesamtkontext besser verständlich zu machen.

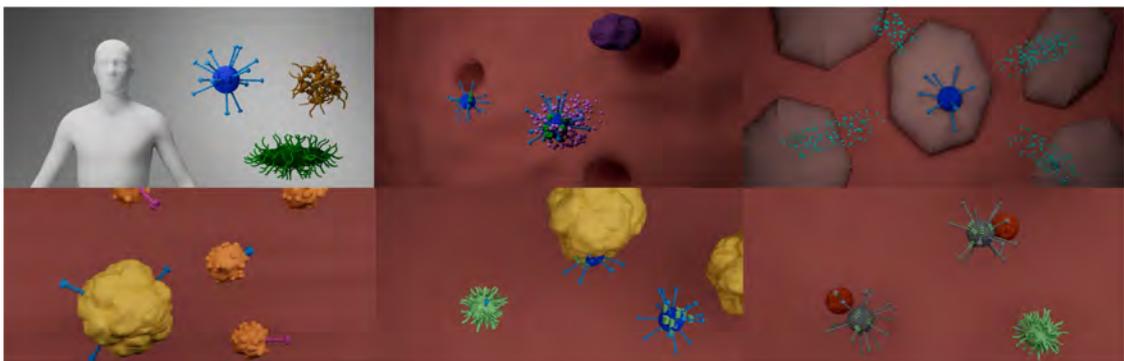


Abbildung 6.12: Collage von Ausschnitten des Animationsvideo

Die neuen Techniken von Motion Design, sind durchweg in allen Szenen für die Animation vieler Mechaniken genutzt worden. Dabei konnten viele Nodes und Kombinationen aus den Grundtechniken des letzten Abschnitts auch an dieser Stelle verwendet werden. Gerade die Möglichkeit viele Objekte mit wenig Aufwand zu erzeugen und zu animieren, stellte sich als

eine große Hilfe heraus. Auch bei der Erstellung der Modelle erwiesen sich die Techniken als sehr praktikabel und es konnten beispielsweise in wenigen Minuten hunderte Objekte auf der Oberfläche eines Meshes verteilt werden. In Abbildung 6.12 ist eine Collage von Renderings aus verschiedenen Momenten der Animation zu sehen. Die vollständige Animation ist unter <https://youtu.be/Hs6L2dmBnGc> zu finden.

Kapitel 7

Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse unter Beachtung der zuvor aufgestellten Hypothesen ausgewertet und interpretiert. Zunächst werden die umgesetzten Grundtechniken durch das MASH-System und die Key-Framing-Technik anhand mehrerer Kriterien miteinander verglichen. Es wird evaluiert, welche Vor- und Nachteile sich durch die neuen Techniken von Motion Design ergeben. Die Auswertung des Erklärvideos erfolgt anhand einer Umfrage.

7.1 Evaluation der Grundtechniken

Im Folgenden werden die Umsetzungen der Grundtechniken bezüglich Arbeitsaufwands, Qualität und Komplexität der Prozesse ausgewertet und miteinander verglichen.

7.1.1 Arbeitsaufwand

Die Tabelle 7.1 zeigt die jeweils benötigte Zeit zur Umsetzung der einzelnen Grundtechnik. Dabei zählt zur Umsetzung, das reine Animieren in Maya und nicht die Erstellung der Modelle. Darin vorhanden sind jedoch das Testen und die Überlegung, wie man das Ganze am besten realisiert. Bei der Key-Framing Technik wurde an manchen Stellen mit einem Multiplikator gearbeitet, um die abweichende Anzahl an Objekten im Vergleich zum MASH-System, wie bereits zuvor erwähnt, auszugleichen. So wurde beispielsweise bei der ersten Grundtechnik für die Animation von zwanzig Blutplättchen durch die Key-Framing-Technik eine Zeit von 01:08 Std. benötigt. Um nun das Äquivalent für einhundertzehn Plättchen zu bekommen, wurde die Zeit also mal fünf genommen. Das ergab eine hochgerechnete Zeit von 05:40 Stunden, welche so auch in der Tabelle zu finden ist.

Man kann anhand der letzten Spalte der Tabelle 7.1 erkennen, dass die Umsetzung des MASH-Systems bei allen, bis auf einer Grundtechnik wesentlich schneller war. Die größte Differenz hat sich hier bei der Umsetzung der Grundtechnik 3 ergeben mit 160:52 Stunden. Diese stellte das „Meer von Kugeln“ dar, die alle mit einer individuellen Bewegung versehen waren. Hier war die reine Menge der Kugeln ausschlaggebend: Während es bei dem MASH-System keinen Unterschied machte mit wie vielen Kugeln gearbeitet wurde, nachdem alle sonstigen Einstellungen für die Animation getroffen waren, musste bei der Key-Framing-

7. ERGEBNISSE

Technik jede Kugel immer wieder einzeln aufs Neue in ihrer Bewegung gekeyed werden. Dies war sehr zeitaufwendig, was sich in der Tabelle widerspiegelt. Auch die relativ große Differenz bei Grundtechnik 1 und Grundtechnik 2 mit 04:48 Stunden und 13:39 Stunden lässt sich durch die große Anzahl an Objekten erklären, die bei der Key-Framing-Technik einzeln animiert werden musste und beim MASH-System als Gruppe animiert werden konnte.

Bei der Grundtechnik 4.1 und 4.2 war die Differenz nicht ganz so groß und lag nur bei 01:11 Stunde und 01:54 Stunde zu Gunsten des MASH-Systems. Hier wurde das Wachsen der wurzelartigen Strukturen und die Animation der Bakterien-schweife realisiert. Bei ersterem musste die spiralförmige Form erst aufgebaut werden, was beim MASH-System durch die Verteilung entlang einer Kurve einfacher war. Die Animation selbst konnte so auch mit ein paar Einstellungen schnell realisiert werden. Bei der Key-Framing Technik hat das Extrudieren starke Probleme bereitet. Durch die jeweilige Rotation der Faces, nach einem Extrudieren und Verschieben der Position zur Formung einer Spirale, wurden ab einem gewissen Zeitpunkt die Faces bei einem erneuten Extrudieren ineinander verschoben, so dass hier manuell viel justiert werden musste, was zeitaufwendig war. Ebenso mussten die einzelnen Faces dann auch wieder einzeln für das Keyen transformiert werden.

Die Grundtechnik 5 war die Einzige, in der die Key-Framing-Technik schneller war im Vergleich zum MASH-System mit einer Differenz von 00:39 Stunden. Hier kostete das Testen und Ausprobieren beim MASH-System viel Zeit, wohingegen bei der Key-Framing-Technik das Vorgehen recht klar war und dementsprechend schneller ausgeführt werden konnte.

Tabelle 7.1: Vergleich des MASH-Systems und der Key-Framing-Technik

	MASH-System	Key-Framing-Technik	Multiplikator	Differenz
Grundtechnik 1	00:52 Std.	05:40 Std	5	04:48 Std
Grundtechnik 2	00:41 Std.	14:20 Std	20	13:39 Std
Grundtechnik 3	00:38 Std.	161:30 Std.	190	160:52 Std
Grundtechnik 4.1	01:02 Std.	02:13 Std.	0	01:11 Std.
Grundtechnik 4.2	00:24 Std.	02:18 Std.	2	01:54 Std.
Grundtechnik 5	01:20 Std.	00:21 Std.	0	00:39 Std.

7.1.2 Qualität

Betrachtet man die Qualität der Umsetzungen bezüglich der Reproduktion des Originals, so lassen sich auch hier einige visuelle und technische Unterschiede bezüglich der Animation feststellen. In Abbildung 7.1 sieht man eine gegenüberstellende Collage der Grundtechniken 1-5 in Reihe A-F. Dabei ist das linke Bild immer das Original aus der Analyse, in der Mitte befindet sich die Umsetzung mit MASH und rechts ist die Realisation durch die Key-Framing-Technik zu finden.

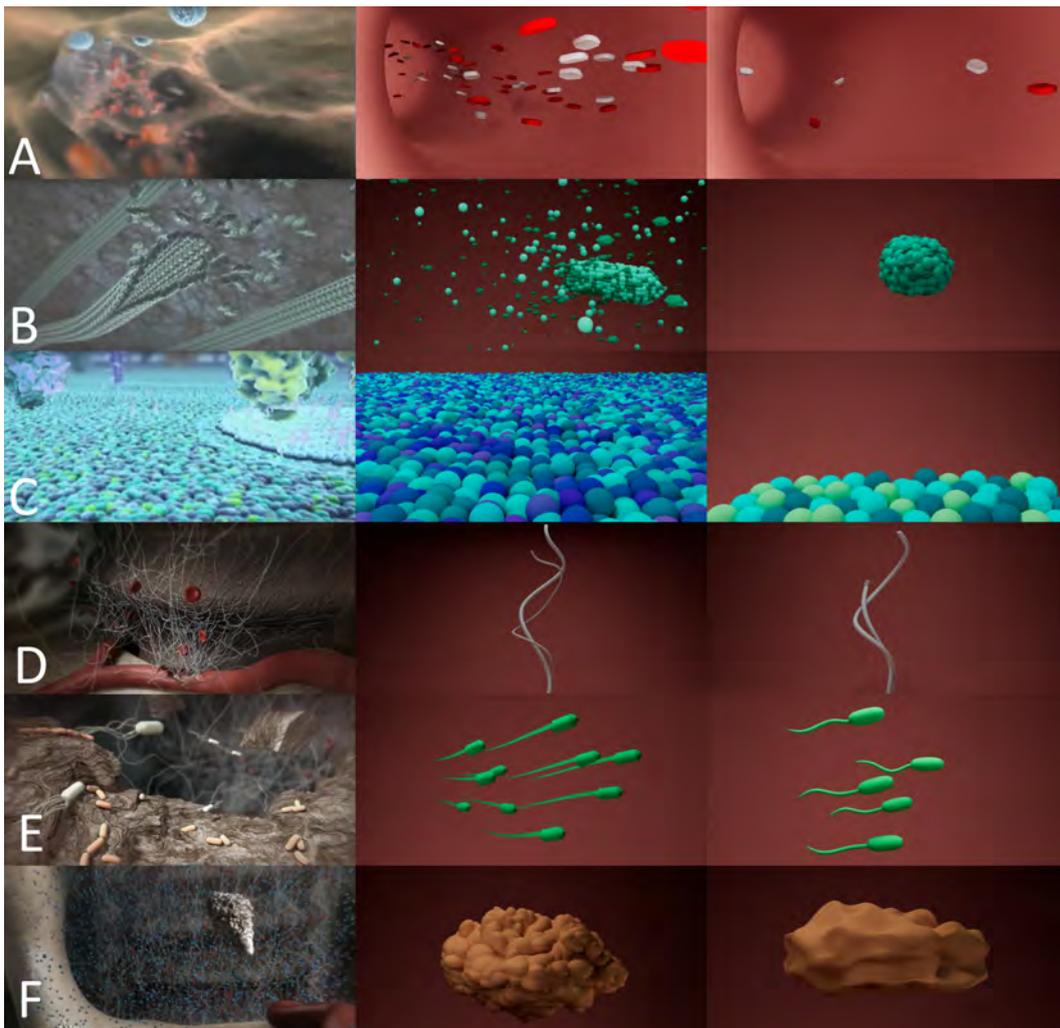


Abbildung 7.1: Collage der umgesetzten Grundtechniken im Vergleich

Betrachtet man die Qualität der Umsetzungen bezüglich der Reproduktion des Originals, so lassen sich auch hier einige visuelle und technische Unterschiede bezüglich der Animation feststellen. In Abbildung 7.1 sieht man eine gegenüberstellende Collage der Grundtechniken 1-5 in Reihe A-F. Dabei ist das linke Bild immer das Original aus der Analyse, in der Mitte befindet sich die Umsetzung mit MASH und rechts ist die Realisation durch die Key-

Framing-Technik zu finden.

Bei der ersten Grundtechnik konnte der fließende Strom aus Blutplättchen sowohl mit MASH, als auch mit der Key-Framing-Technik umgesetzt werden. Durch die Kombination verschiedener Nodes, insbesondere des Random-Node, wurde eine dynamische Animation erzeugt. Es sieht so aus, als wäre jedes Plättchen für sich transformiert beziehungsweise animiert worden und es sind keine sich wiederholenden Muster zu erkennen. Mit der Key-Framing-Technik konnte der gleiche Effekt erzeugt werden, jedoch ist ihr Weg durch den Tunnel noch etwas natürlicher wirkend, da sie sich nicht entlang einer Curve orientieren.

Bei der zweiten Grundtechnik war es möglich, mit dem MASH-System eine Protein-Struktur aus einzelnen Teilchen zusammenzubauen. Auch hier spielte der Random-Node eine wesentliche Rolle bei der Umsetzung und einer realistischen Verteilung im Raum. Durch das Fall-Off-Objekt, welches die Strength des Nodes regelte, war es überhaupt erst möglich, dass sich das Molekül nacheinander von einer Seite zur Anderen hin aufbaute, wie im Original. Prinzipiell wäre das bei der Key-Framing-Technik auch möglich gewesen, aber hätte den zeitlichen Rahmen gesprengt. Deswegen bewegen sich die Teilchen hier alle gleichzeitig zu ihrem Platz und nicht nach der Reihenfolge der Anordnung. Abgesehen davon, konnte aber durch die Key-Framing-Technik eine effizientere Verteilung der Teilchen hin zu einer Protein-Struktur erreicht werden. Bei dem Distribute-Node musste die Anzahl der Teilchen höher gestellt werden als eigentlich nötig gewesen wäre, um die Struktur nachzubilden. Das liegt daran, dass die Verteilung zufällig nach einem „Zufallsseed“ und nicht gleichmäßig verlief. Gewisse Stellen blieben so bei der Verteilung lange leer und an anderen ballten sich die Teilchen.

Bei der dritten Grundtechnik konnte das „Meer aus sich bewegenden Teilchen“ durch beide Techniken sehr originalgetreu umgesetzt werden. Durch den Color-Node in Kombination mit dem Signal-Node wurde jedoch vermutlich durch die Positionsveränderung der einzelnen Kugeln der Wert zur Festlegung der Farbe beeinflusst. So ist leider ein ständiger Farbwechsel der Kugeln in der Animation vorhanden. Bei der Key-Framing-Technik musste darauf geachtet werden, dass immer die Kugel mit dem Farb-Shader, der bis da am wenigstens vertreten war, dupliziert wurde, um so eine gleichmäßige Farb-Verteilung zu realisieren. Beide Lösungen sind also nicht optimal.

Bei dem ersten Teil der vierten Grundtechnik, konnte durch das MASH-System ein optisch näheres Ergebnis im Hinblick auf das Original realisiert werden. Zwar besteht das Ganze nicht aus einem einzelnen Objekt, sondern aus vielen eng aneinander positionierten Zylindern, aber durch die dichte Verteilung wirkt es doch wie ein zusammenhängendes Objekt. Bei der Key-Framing-Technik konnte kein zufriedenstellendes Ergebnis erzeugt werden. Wenn auch die Wurzelstruktur hier aus einem einzelnen Objekt besteht, wurde kein Weg gefunden ein Wachsen wie im Original zu erzeugen, ohne dass eine „Spitze“ von Faces jeweils stehen bleibt bei der Animation. Durch das Extrudieren zusammen mit der spiralartigen Form, wurden die Faces immer wieder verdreht und wären so ineinander verschoben worden. Beim zweiten Teil der vierten Grundtechnik, konnte mit der Key-Framing-Technik ein besseres Ergebnis, verglichen mit dem Original, erzeugt werden. Der Trails-Node beim MASH-System eignet sich zwar generell schon um die Schweife zu erzeugen, jedoch ist die Bewegung derer an die Bewegung des Körpers gebunden. Eine individuelle Auf- und Ab-Animation ist so also nicht möglich, ohne dass der Körper diese ebenso innehat.

Bei der fünften Grundtechnik konnte durch beide Techniken eine sich in ihrer Form verändernde Struktur umgesetzt werden. Das Ergebnis durch das MASH-System ist optisch dem Original näher, aber auch hier wird die Struktur aus mehreren Teilen erzeugt und ist kein zusammenhängendes Objekt. Durch Veränderung der Teilchen, verändert sich so die Form und das Aussehen des Gesamten. Bei der Key-Framing-Technik wurde ein zusammenhängendes Objekt in seiner Form verändert und animiert.

7.1.3 Komplexität der Prozesse

Die Umsetzung durch die Key-Framing-Technik war natürlich leichter, da man hier nur das Wissen brauchte, wie man die Schlüsselposen setzt und nicht ein ganz neues System erlernen musste. Die Schwierigkeit, etwas Neues zu lernen und anwenden zu können, ist für jeden Menschen unterschiedlich und somit lässt sich der Grad von Komplexität nur schwer bestimmen. Dennoch lassen sich einige relevante Einflüsse identifizieren.

Das MASH-System als solches ist, wie bereits erwähnt, in Maya als Plug-In integriert und so findet sich in der Maya-Dokumentation eine umfangreiche Erklärung der einzelnen Nodes und des gesamten Systems¹. Außerdem gibt es zahlreiche YouTube-Tutorials, welche die Grundlagen erläutern. So gibt es beispielsweise auch von Ian Waters viele Videos² in denen er verschiedene Aspekte der Nodes erklärt und demonstriert. Man wird also nicht alleine gelassen und muss durch bloßes Herumtesten die Dinge lernen, sondern kann sich durch die Lernangebote anleiten lassen und dann strukturiert die Nodes selbst ausprobieren.

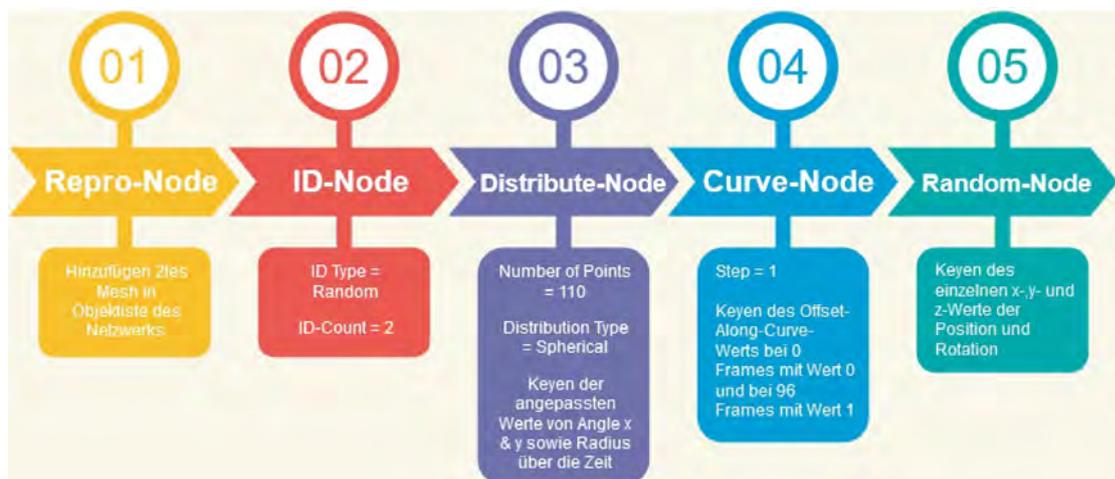


Abbildung 7.2: Arbeitsablauf der ersten Grundtechnik mittels Nodes und ihren Einstellungen

Das Prinzip des Systems und die Arbeitsweise mit den Nodes lässt sich so meist einfacher verstehen und es können die ersten Animationen schnell umgesetzt werden. Zwar muss man immer wieder aufs Neue schauen, welche Knoten wie verwendet werden können um das

¹<https://autode.sk/3Hd9HoQ> Stand: 10.06.22

²<https://www.youtube.com/channel/UCw04xez3gafdeVS2WSv10Xw> Stand 10.06.22

individuelle Problem zu lösen, aber die generelle Vorgehensweise ist bei allen recht gleich. In Abbildung 7.2 ist der schematische Arbeitsablauf mit den Nodes und ihren jeweiligen Einstellungen für die erste Grundtechnik dargestellt, der im vorherigen Kapitel detailliert erläutert wurde. Man kann erkennen, dass hier fünf Knoten mit jeweils einer geringen Anzahl an Einstellungen verwendet wurden. Es lässt sich festhalten, dass die meiste Zeit der Umsetzung für das Ausprobieren und Testen gebraucht wurde, welche Knoten sich wie kombinieren ließen, um die entsprechende Grundtechnik zu realisieren. Hat man hier jedoch für den jeweiligen Fall eine Lösung gefunden, so lässt sich diese Technik bei erneutem Bedarf recht schnell reproduzieren, da es eine überschaubare Menge an Schritten und Einstellungen ist. Außerdem konnte man im vorherigen Kapitel erkennen, dass bei vielen Grundtechniken ähnliche Knotenkombinationen gebraucht wurden. So wurde beispielsweise bei allen der Distribute-Node verwendet, um Objekte zu verteilen und der Random-Node kam auch häufig zum Einsatz, um den Dingen durch die Zufallskomponente eine gewisse Natürlichkeit zu geben. Es gibt also auch bei MASH gewisse „Grundtechniken“, wie man am besten Knoten kombiniert und einstellt, um gewünschte Effekte zu erzeugen. Hat man das Prinzip dahinter verstanden, so kann man dieses auch schnell auf andere Fälle anwenden und hier Lösungen finden.

7.2 Auswertung des Erklärvideos

Mit Hilfe des Animationsvideos, sollte die Thematik „Wie funktioniert die Immunabwehr gegen Viren?“ anschaulich dargestellt werden. Damit sollte untersucht werden, ob die neuen Techniken von Motion Design generell oder eventuell besser geeignet sind, als ein entsprechender Fachtext, um ein komplexes und abstraktes Thema zu erläutern. Um dies konkret zu überprüfen wurde eine Studie mit achtundzwanzig Teilnehmern durchgeführt. Diese waren im Alter von siebzehn bis siebenundfünfzig Jahre und der Bildungsgrad reichte von Realschule zu abgeschlossenem Studium im Bereich der Wissenschaften. Es war niemand dabei, der spezifisches Wissen in dem Bereich der Mikro- und Molekularbiologie hatte. Die Teilnehmer wurden in zwei Gruppen unterteilt. Die erste Gruppe bekam den im vorherigen Kapitel konzipierten Fachtext vorgelegt und die zweite Gruppe das Animationsvideo. Das entsprechende Medium wurde von beiden Gruppen nur ein einziges Mal konsumiert und im Anschluss daran mussten sie einen Fragebogen ausfüllen. Hier waren folgende Aussagen zu der Thematik festgehalten, die sie entweder mit wahr oder falsch beantworten konnten:

- Durch die Apoptose wird die Abwehr der umliegenden Zellen gestärkt.
- Toxische Moleküle markieren die Eindringlinge für die anderen Bestandteile des Immunsystems.
- Fresszellen können Fragmente von Viren auf ihrer eigenen Oberfläche präsentieren.
- Leukozyten spielen eine wichtige Rolle bei der Immunabwehr.
- Makrophagen suchen B- und T-Zellen mit dem gleichen Rezeptorprotein des Eindringlings und stimulieren diese sich zu vermehren.
- T-Helferzellen regen T-Zellen zur Antikörperproduktion an.

- B-Zellen werden der adaptiven Immunabwehr zugeordnet.

In den Grafiken 7.3 und 7.4 ist die Anzahl der falschen Antworten für die jeweilige Gruppe dargestellt. Man kann erkennen, dass es bei der Gruppe, welche das Animationsvideo angeschaut hat, eine tendenziell bessere Fehlerquote gibt. Hier liegt der Wert für die durchschnittlichen Fehler bei 2,79. Die Gruppe mit dem Text hat hier mit einem durchschnittlichen Fehlerwert von 3,64 schlechter abgeschnitten. Es lässt sich für diesen Fall also schließen, dass die Kommunikation des komplexen und abstrakten Sachverhalts durch das Animationsvideo effektiver war als die durch den reinen Fachtext.

Bei dem Umfragebogen gab es zusätzlich die Möglichkeit Anmerkungen und sonstiges Feedback zu hinterlassen. Hier wurde vor allem kritisiert, dass bei dem Video die Fachbezeichnungen für die verschiedenen Bestandteile der Immunabwehr nicht zusätzlich als Text eingeblendet worden sind. Es ist angemerkt worden, dass die Prozesse verstanden wurden, aber dass die Namen aus dem Fragebogen hier nicht so leicht den visuellen Bildern im Kopf zugeordnet werden konnten. Die Mehrheit befürwortete die simplifizierte Darstellung mit den gesättigten Farben, jedoch empfand einer der Teilnehmer diese als ablenkend. Man kann also sagen, dass in diesem Fall der Verzicht auf wissenschaftlich korrekte Visualisierung durch die simplen Shader und vereinfachten Modelle durchaus lohnenswert war.

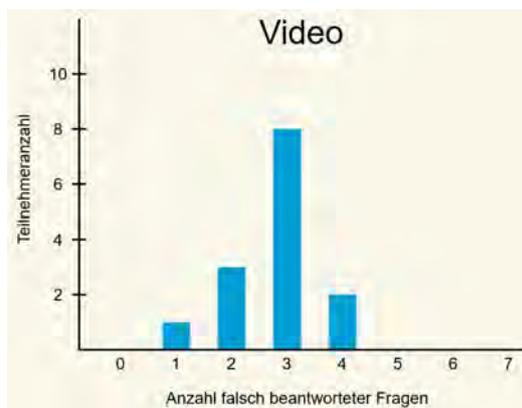


Abbildung 7.3: Grafische Verteilung der Fehleranzahl bei der Videogruppe

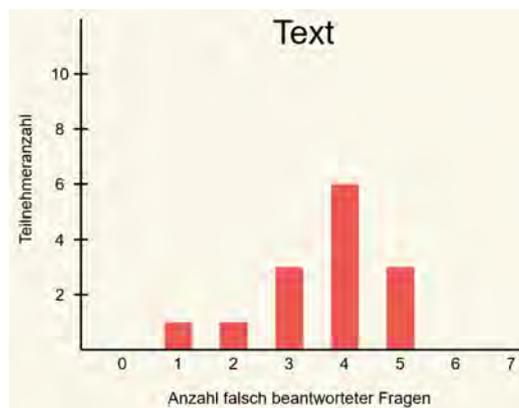


Abbildung 7.4: Grafische Verteilung der Fehleranzahl bei der Textgruppe

7.3 Zusammenfassung

Zur Überprüfung der ersten Hypothese „Die neuen Techniken sind von technischer Seite her nutzbar, um komplexe und abstrakte Sachverhalte darzustellen.“ und der zweiten Hypothese „Mit den neuen Techniken lassen sich die gewünschten Ergebnisse schneller umsetzen als mit der reinen Key-Frame-Technik.“ wurden die Grundtechniken anhand drei verschiedener Kategorien ausgewertet. Bezüglich des Arbeitsaufwandes kann man festhalten, dass die neuen Techniken von Motion Design hier der Key-Framing-Technik tendenziell überlegen war. In fast allen Fällen war die Umsetzung mit MASH deutlich schneller. Vorteilhaft ist das

Ganze bei repetitiven Problemen. Wenn man sich einmal eine Vorgehensweise mit Knoten-Kombinationen und Einstellungen überlegt und getestet hat, so dauert die Reproduktion und Adaption bei ähnlichen Problemen wesentlich kürzer, wohingegen die Arbeit für die Key-Framing-Technik gleichbleibt. Es lässt sich also bezüglich der Komplexität festhalten, dass sich der Arbeitsablauf bei vielen Problemen ähnelt und man immer auf seinen vorherig gewonnenen Erkenntnissen aufbauen kann, statt immer wieder von neu zu beginnen. Gerade wenn viele Objekte animiert werden müssen, bieten die neuen Techniken hier klare Vorteile. Betrachtet man die Qualität, so konnten mit MASH alle Grundtechniken im Vergleich zum Original ähnlich nachproduziert werden. Nur bei der Grundtechnik vier, konnten die Schweife der Bakterien durch die Key-Framing-Technik originalgetreuer umgesetzt werden. Bei der Grundtechnik drei machte der Color-Node für diesen spezifischen Anwendungsfall ebenfalls Probleme. An seine Grenzen stoßen die neuen Techniken, wenn ein einzelnes Objekt auf eine ganz bestimmte Art und Weise animiert werden muss, wie bei Grundtechnik vier und fünf. Zwar kann man das ganze ein wenig umgehen, in dem man die Struktur aus vielen kleinen Teilchen zusammensetzt, jedoch handelt es sich dann nicht mehr um ein einziges Objekt, was bei aufwendigen Shadern Probleme verursacht.

Alles in allem, waren die identifizierten Grundtechniken und das MASH-System stellvertretend für die neuen Techniken von Motion Design in diesem Zusammenhang getestet worden und für diesen Fall haben sich die ersten beiden Hypothesen bestätigt. Sie bieten klare zeitliche und qualitative Vorteile bei einer großen Menge an zu animierenden Teilchen. Gerade auch die Möglichkeit Zufallskomponenten zu verwenden, ist für organische Sachen sehr gut geeignet und kann naturnahe Ergebnisse erzielen. Im Hinblick auf die im Stand der Technik Kapitel behandelten anderen Arbeiten kann man sagen, dass es sich durchaus lohnt zu schauen, wie man die benötigten Animationen genau umsetzt. Durch die neuen Techniken, kann hier in der Mikro- und Molekularbiologie ein deutlicher Mehrwert erzeugt werden.

In der durchgeführten Studie hat sich gezeigt, dass die durchschnittliche Fehleranzahl bei der Gruppe, die das Animationsvideo angeschaut hat, bei 2,79 lag. Die Gruppe mit dem Fachtext hat hier tendenziell schlechter abgeschnitten mit durchschnittlich 3,64 Fehlern. Man kann also schlussfolgern, dass in diesem Fall der Sachverhalt durch das Video besser verstanden wurde. Damit bestätigt sich hier die dritte Hypothese und es lässt sich festhalten, dass sich in diesem Fall die neuen Techniken von Motion Design zur Kommunikation von komplexen und abstrakten Sachverhalten besser eignen, als die Kommunikation durch einen reinen Fachtext. Der Kompromiss zwischen wissenschaftlicher Akkuratess und effizienter Wissensvermittlung, wurde hier passend getroffen. Man kann also festhalten, dass es wichtig ist die Prozesse an sich so genau wie möglich als Animator zu verstehen, um diese dann im nächsten Schritt durch eine vereinfachte Visualisierung kommunizieren zu können. Die vollständige Animation der Grundtechniken ist unter <https://youtu.be/6QVxuogoJQE> zu finden. Für die Umsetzung der Grundtechnik drei mit MASH, muss an dieser Stelle eine Epilepsie Warnung gegeben werden, auf Grund der schnellen Farbwechsel. Das Erklärvideo ist unter <https://youtu.be/Hs6L2dmBnGc> zu finden.

Kapitel 8

Zusammenfassung und Ausblick

8.1 Zusammenfassung

Die Erforschung von neuem Wissen und die Entwicklung neuer Technologien geht in einem rapiden Tempo voran. Aber gerade in der aktuellen Zeit mit den Problemen des Klimawandels, der Corona-Pandemie und dem wachsenden Wissenschaftsskeptizismus in der Bevölkerung, ist eine naturwissenschaftliche Bildung fundamental. Im Angesicht der Informationsüberflutung und deren negativem Einfluss auf das Lernen, wird die Notwendigkeit nach angepassten und effektiveren Methoden zur Wissensvermittlung deutlich.

Hier bieten sich die bereits vielseitig genutzten Lernvideos an, um komplexe Prozesse zu visualisieren. Aber Realfilm stößt gerade im naturwissenschaftlichen Bereich häufig an seine Grenzen, es ist beispielsweise nicht möglich, den Blutkreislauf des Menschen oder chemische bzw. biologische Prozesse zu filmen, die im winzig Kleinen stattfinden. Hier ist man also angewiesen auf Animationen. In der Vergangenheit waren diese aber häufig sehr aufwändig und zeitintensiv in der Produktion, wenn man an handgezeichnete Frame-By-Frame Animationen denkt. Wenn auch der Einsatz von Computern zur Erstellung von Animationen den Aufwand deutlich verringert hat, so müssen bei der klassischen Key-Framing-Technik, die geplanten Bewegungsposen immer noch händisch erzeugt werden. Deswegen beschäftigte sich diese Arbeit mit Motion Design, einer prozeduralen Animationstechnik, mit deren Hilfe zum Beispiel schnell eine große Menge an Objekten verteilt und animiert werden kann. Die Untersuchung, ob diese effektiv zur Visualisierung abstrakter Prozesse verwendet werden kann, war Ziel dieser Arbeit. Außerdem sollte hierbei der Grad zwischen wissenschaftlicher Akkuratess und einer geeigneten Gestaltung untersucht werden.

Dazu wurde im ersten Teil der Arbeit, das Gebiet von Motion Design genauer beleuchtet. Hier ist der Zweck der Informationsvermittlung und einige Möglichkeiten zur schnellen Umsetzung umfangreicher Animationen identifiziert worden, wie beispielsweise das MASH-System in Maya. Vorbereitend zur praktischen Untersuchung der Forschungsfrage, sind einige wichtige Erkenntnisse über den Prozess des Lernens und der visuellen Kommunikation herausgearbeitet worden. Zum Beispiel, dass das Gehirn besonders auf visuelle Stimuli reagiert und vor allem auf Bewegung. Außerdem wurde die Notwendigkeit einer klaren und logischen

Botschaft deutlich.

Des Weiteren sind verwandte Arbeiten zur Forschungsfrage behandelt worden: So wurden beispielsweise neue Anforderungen und Prinzipien an die Wissensvermittlung im 21. Jahrhundert ermittelt und der Trend des Micro-Learnings mit seinem Prinzip des Lernens durch kleine zeitsparende Segmente näher untersucht. Die Effektivität von Animationsvideos ist in mehreren Arbeiten diskutiert und in einigen Studien bestätigt worden. Hier wurde deutlich, dass die meisten Untersuchungen sich auf die Überprüfung der generellen Eignung beschränken und die Umsetzung der Animation meist nicht genauer betrachten.

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit ist also genau dort angesetzt worden. Es sollte die Produktion der Animationen durch die neuen Techniken von Motion Design untersucht werden und deren Tauglichkeit zur Wissensvermittlung. Dazu wurden die Animationstechniken im historischen Kontext genauer betrachtet und so die enge und wechselseitige Verbindung von den Naturwissenschaften und der Computergrafik festgestellt. Gerade im Bereich der Mikro- und Makrobiologie, war man auf die Computergrafik als Werkzeug für eine detailliertere Erforschung angewiesen und so wurde diese weiterentwickelt. Animationen spielten auch schon früh eine entscheidende Rolle bei der Aufklärung und der Wissensvermittlung. Zur Beantwortung der Forschungsfrage sind drei Hypothesen aufgestellt und das Gebiet der Mikro- und Molekularbiologie als Forschungsfeld festgelegt worden. Die erste Hypothese behandelt die generelle technische Eignung von Motion Design zur Kommunikation von komplexen und abstrakten Sachverhalten, während die Zweite sich auf die Effektivität im Vergleich zu der Key-Framing Technik bezieht. Die dritte Hypothese beinhaltet die Alltags Tauglichkeit bei der Wissensvermittlung.

Die ersten beiden Hypothesen wurden zusammen überprüft. Dazu sind bestehende Animationen auf prägnante und häufig gebrauchte Animationseffekte untersucht und daraus Grundtechniken entwickelt worden. Diese wurden dann einmal durch das MASH-System in Maya und einmal durch die Key-Framing-Technik prototypisch umgesetzt. Hierbei ergab sich eine Überlegenheit der neuen Techniken von Motion Design bezüglich des Arbeitsaufwandes. In fast allen Fällen war die Umsetzung mit jenen deutlich schneller, als mit der Key-Framing-Technik. Des Weiteren ähnelten sich die Arbeitsabläufe vom Grundprinzip her mit MASH und eine Reproduktion war hiermit einfach möglich, was sich positiv auf die Komplexität auswirkte. Auch die Qualität war überzeugend und so gelang eine Nachproduktion, die in vielen Fällen sehr nahe am Original dran war. Gerade die Möglichkeit, viele Objekte gleichzeitig zu verteilen und zu animieren, sowie die Möglichkeit der Einbringung einer Zufallskomponente, bewiesen sich hier als Vorteile für die neuen Techniken von Motion Design. An seine Grenzen geriet das Ganze, bei der spezifischen Animation einzelner Teile.

Zur Überprüfung der dritten Hypothese wurde ein Erklärvideo zu der Thematik des menschlichen Immunsystems, auf der Grundlage der vorherig erarbeiteten Anforderungen und unter Berücksichtigung des Konfliktes zwischen wissenschaftlicher Akkuratess und ansprechender Gestaltung geplant. Hierfür ist ein Fachtext konzipiert worden, der als Grundlage für die Animation diente. Dieses wurde ebenfalls durch das MASH-System in Maya realisiert, wobei auch hier einige der Grundtechniken verwendet wurden. Evaluiert wurde das Ganze durch eine Befragung zu dem Thema, bei der die eine Gruppe zuvor nur den Fachtext gelesen hatte und die andere lediglich das Erklärvideo zum Anschauen bekam. Hier wurde die Anzahl der

gemachten Fehler für beide Gruppen miteinander verglichen, wobei sich eine tendenzielle Überlegenheit der Animation ergab. Auch die Umsetzung der wissenschaftlichen Akkuratessse, die sich auf die Prozesse an sich konzentrierte, statt der Gestaltung, wurde überwiegend als positiv bei den Teilnehmenden der Befragung aufgenommen.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass sich die neuen Techniken von Motion Design generell zur Kommunikation von komplexen und abstrakten Sachverhalten eignen. Es lohnt sich bei der Umsetzung eines geplanten Animationsvideos auf eine möglichst effektive Umsetzung zu achten, da hier gegebenenfalls viel Zeit und Aufwand eingespart werden kann. Zwar gibt es immer wieder individuelle Herausforderungen und spezielle Anforderungen, bei den verschiedenen zu animierenden Sachverhalten, aber ein großer Teil kann durch sich wiederholende Grundtechniken realisiert werden. Diese sind nach einmaliger Umsetzung mit geringem Aufwand reproduzierbar. Die neuen Techniken von Motion Design sind also von der technischen Realisierbarkeit, der Effektivität und der Tauglichkeit im Alltag her zur Wissensvermittlung von komplexen und abstrakten Themen geeignet, wie die aus der Mikro- und Molekularbiologie.

8.2 Ausblick

Die Thematik von Motion Design und effektiver Wissensvermittlung im Zeitalter der Informationsüberflutung, kann weiter untersucht werden. Hierzu haben sich im Laufe der Arbeit einige nennenswerte Aspekte und Ideen ergeben, auf die im Folgenden kurz eingegangen wird.

In dieser Arbeit wurde das MASH-System als stellvertretende Technik zur Überprüfung der Forschungsfrage verwendet. Nachdem sich nun die generelle Nutzbarkeit der neuen Techniken von Motion Design in diesem Zusammenhang bestätigt hat, kann es sich lohnen nun zu schauen, welche konkrete Technik hier am besten geeignet ist. Zwar sind die grundlegenden Funktionen in Maya, Cinema4D, Blender, etc. vorhanden, aber die Implementierung ist natürlich bei jedem Programm unterschiedlich, so dass sich hier Unterschiede ergeben können. Beispielsweise kann es zeitliche Varianzen geben durch unterschiedlich komplexe Bedienbarkeit für den Benutzer oder andersartige Implementation.

Ein weiterer Vergleich könnte bezüglich des bereits erwähnten Plug-Ins „mMaya“ geschehen. Mit dessen kostenpflichtiger Vollversion besteht die Möglichkeit molekulare Strukturen zu bauen, zu riggen und damit zu animieren. Hier kann sich eine Untersuchung bezüglich der Effektivität und Unterschiede im Vergleich zu den klassischen Motion-Design-Tools der gängigen 3D-Softwareprogramme lohnen.

Weiterhin wurden zwar einige Prinzipien vom Trend des Micro-Learnings in ihren Grundgedanken für die Entwicklung des Prototyps in dieser Arbeit übernommen, aber dennoch kann man diesen nicht zu dieser Kategorie zählen, durch die Länge und die umfangreiche Thematik des Erklärvideos. Hier könnte man also speziell die Eignung der neuen Techniken von Motion Design für die Entwicklung einer ganzen Lerneinheit kurzer Animationen im Sinne des Micro Learnings testen. Außerdem würde es sich in diesem Zuge anbieten das

Ganze begleitend für eine Schulklasse zu einer Thematik zu gestalten und hier auch zu testen, zum Beispiel im Biologieunterricht. Man könnte hier aber auch allgemein untersuchen, welche Fächer sich hier anbieten und wie durch Motion Design diese komplexen Gebiete unterstützenden aufbereitet werden können.

Wie bereits im Stand der Technik Kapitel aufgezeigt wurde, können auch andere Techniken außer Animationen, eine effektive Lernmethode darstellen, wie AR oder VR. Es könnte untersucht werden, wie sich Motion Design mit diesen kombinieren lässt und ob es dort auch Verbesserungen im Hinblick auf die üblichen Verfahren bringen kann. Oder ob es sich lohnt, eigene, auf Motion Design beruhende Plug-Ins, für spezielle Bereiche zu entwickeln. Wenn man beispielsweise viele VR- oder AR-Lerneinheiten im Bereich der Mikro- und Molekularbiologie anfertigen möchte, könnte man auch hier benötigte Grundtechniken identifizieren und hierfür ein Motion-Design-Plug-In aufbauen, was eine effiziente Modellierung und Animation von molekularen Strukturen ermöglicht.

Literaturverzeichnis

- [AB70] ALPERT, Daniel ; BITZER, Donald L.: Advances in Computer-based Education: The Plato program will provide a major test of the educational and economic feasibility of this medium. In: *Science* 167 (1970), Nr. 3925, S. 1582–1590
- [AKHS⁺21] AL-KUMAIM, Nabil H. ; HASSAN, Siti H. ; SHABBIR, Muhammad S. ; AL-MAZROI, Abdulwahab A. ; AL-REJAL, Hussein Mohammed A.: Exploring the inescapable suffering among postgraduate researchers: information overload perceptions and implications for future research. In: *International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE)* 17 (2021), Nr. 1, S. 31–32
- [Bec97] BECER, Emre: Communication and graphic design. In: *Ankara: Dost Publications* (1997)
- [BK52] BENNETT, John M. ; KENDREW, John C.: The computation of Fourier synthesis with a digital electronic calculating machine. In: *Acta Crystallographica* 5 (1952), Nr. 1, S. 109–116
- [BKB24] BEYFUSS, Edgar ; KOSSOWSKY, Alex ; BEUSS, Werner: *Das Kulturfilmbuch*. Chryselius, 1924. – 198—201 S.
- [BPM08] BABIC, N. ; PIBERNIK, Jesenka ; MRVAC, Nikola: Media study: Motion graphics, 2008, S. 499–502
- [BR20] BAWDEN, David ; ROBINSON, Lyn: Information overload: An overview. In: *Oxford encyclopedia of political decision making* (2020), S. 12–16
- [Bra89] BRACEWELL, Ronald N.: The Fourier Transform. In: *Scientific American* 260 (1989), Nr. 6, 86–95. <http://www.jstor.org/stable/24987290>. – ISSN 00368733, 19467087
- [BTS10] BORDWELL, David ; THOMPSON, Kristin ; SMITH, Jeff: *Film art: An introduction*. Bd. 9. McGraw-Hill New York, 2010
- [CB17] CROOK, Ian ; BEARE, Peter: *Motion graphics: Principles and practices from the ground up*. Bloomsbury Publishing, 2017

- [CCHJ⁺75] COLLINS, Douglas M. ; COTTON, F A. ; HAZEN JR, Edward E. ; MEYER JR, EF ; MORIMOTO, Carl N.: Protein Crystal Structures: Quicker, Cheaper Approaches: An economical approach to phase refinement is coupled with a new computer graphics system. In: *Science* 190 (1975), Nr. 4219, S. 1047–1053
- [Cha18] CHADAREVIAN, Soraya de: John Kendrew and myoglobin: Protein structure determination in the 1950s. In: *Protein Science* 27 (2018), Nr. 6, S. 1136–1143
- [DGP⁺19] DE GAGNE, Jennie C. ; PARK, Hyeyoung K. ; HALL, Katherine ; WOODWARD, Amanda ; YAMANE, Sandra ; KIM, Sang S.: Microlearning in health professions education: scoping review. In: *JMIR medical education* 5 (2019), Nr. 2
- [DSMV00] DOOLEY, Kim E. ; STUESSY, Carol L. ; MAGILL, Jane ; VASUDEVAN, Prabha: Cognitive and affective outcomes of animation on asynchronous learning of agricultural science concepts. In: *A paper presented at the 27th annual National Agricultural Education Research Conference* Bd. 27 Citeseer, 2000
- [DSS⁺18] DRÖSSLER, Stephanie ; STEPUTAT, Anne ; SCHUBERT, Melanie ; GÜNTHER, Nadine ; STAUDTE, Ronny ; KOF AHL, Marlen ; HEGEWALD, Janice ; SEIDLER, Andreas: Informationsüberflutung durch digitale Medien am Arbeitsplatz. In: *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie* 68 (2018), Nr. 2, S. 77–78
- [DSV17] DABNER, David ; STEWART, Sandra ; VICKRESS, Abbie: *Graphic design school: the principles and practice of graphic design*. John Wiley & Sons, 2017. – 32–96 S.
- [DZ18] DOYLE, Terry ; ZAKRAJSEK, Todd D.: *The new science of learning: How to learn in harmony with your brain*. Stylus Publishing, LLC, 2018. – 5–8 S.
- [ER06] ENGLISH, Brian M. ; RAINWATER, Stephen B.: The effectiveness of animations in an undergraduate operating systems course. In: *Journal of Computing Sciences in Colleges* 21 (2006), Nr. 5, S. 53–59
- [Erd15] ERDAL, İ T.: Examination of effects of gestalt theory on graphic design. In: *Global Journal on Humanities and Social Sciences* 1 (2015), Nr. 1
- [F⁺78] FOURIER, Joseph u. a.: *The analytical theory of heat*. The University Press, 1878
- [G⁺21] GÜNAY, Mustafa u. a.: Design in visual communication. In: *Art and Design Review* 9 (2021), Nr. 02, S. 109–115
- [GARS80] GUND, Peter ; ANDOSE, Joseph D. ; RHODES, Joe B. ; SMITH, Graham M.: Three-dimensional molecular modeling and drug design. In: *Science* 208 (1980), Nr. 4451, S. 1425–1431

- [Ger15] GERLOFF, Joachim: *Erfolgreich auf YouTube: social-media-marketing mit online-videos*. MITP-Verlags GmbH & Co. KG, 2015. – 1–3 S.
- [Goo04] GOODSSELL, David S.: *Bionanotechnology: lessons from nature*. John Wiley & Sons, 2004. – 9–67 S.
- [Gra06] GRAHAM, Mary E.: The Inner Life of the Cell. In: *ACM SIGGRAPH 2006 Computer Animation Festival*. New York, NY, USA : Association for Computing Machinery, 2006 (SIGGRAPH '06). – ISBN 1595933646
- [Ham71] HAMMOND, Kenneth R.: Computer Graphics as an Aid to Learning: Computer graphics can facilitate the rapid learning of an important cognitive skill. In: *Science* 172 (1971), Nr. 3986, S. 903–908
- [Hil12] HILBERT, Martin: How much information is there in the “information society”? In: *Significance* 9 (2012), Nr. 4, S. 9
- [JKS20] JOSEPHSON, Sheree ; KELLY, James ; SMITH, Ken: *Handbook of visual communication: Theory, methods, and media*. Routledge, 2020
- [JMGN21] JUANDA, Anda ; MAULIDA, Aisha N. ; GLORIA, Ria Y. ; NASRUDIN, Dindin: Learning observation: The demands of 21st century biology learning in Senior High School. In: *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia* 9 (2021), Nr. 3, S. 445–458
- [JMKA16] JOMAH, Omer ; MASOUD, Amamer K. ; KISHORE, Xavier P. ; AURELIA, Sagaya: Micro learning: A modernized education system. In: *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience* 7 (2016), Nr. 1, S. 103–110
- [JNW06] JACKEL, Dietmar ; NEUNREITHER, Stephan ; WAGNER, Friedrich: *Methoden der Computeranimation*. Springer-Verlag, 2006. – 1–164 S.
- [JRB+60] JC, KENDREW ; RE, DICKERSON ; BE, STRANDBERG ; RG, HART ; DR, DAVIES ; DC, PHILLIPS ; VC, SHORE: Structure of myoglobin: A three-dimensional Fourier synthesis at 2 Å resolution. In: *Nature* 185 (1960), Nr. 4711, S. 422–427
- [KBD+58] KENDREW, John C. ; BODO, G ; DINTZIS, Howard M. ; PARRISH, RG ; WYCKOFF, Harold ; PHILLIPS, David C.: A three-dimensional model of the myoglobin molecule obtained by x-ray analysis. In: *Nature* 181 (1958), Nr. 4610, S. 662–666
- [KDR+21] KUMAR, Abhishek ; DEY, Rini ; RAO, G M. ; PITCHAI, Saravanan ; VEN-GATESAN, K ; KUMAR, VD A.: 3D Animation and Virtual Reality Integrated Cognitive Computing for Teaching and Learning in Higher Education. (2021)
- [KIM+20] KADIR, Shereen R. ; INSALL, Robert H. ; MOFFATT, Gillian ; MCGHEE, John ; LIVINGSTONE, Daniel: Analogies in 3D molecular visualisations: development of a cell biology animation ‘How cells move—a new interpretation of old data’. In: *Journal of Visual Communication in Medicine* 43 (2020), Nr. 1, S. 35–46

- [Kru13] KRUM, Randy: *Cool infographics: Effective communication with data visualization and design*. John Wiley & Sons, 2013. – 20–22 S.
- [KWT99] KAPER, Hans G. ; WIEBEL, Elizabeth ; TIPEI, Sever: Data sonification and sound visualization. In: *Computing in science & engineering* 1 (1999), Nr. 4, S. 48–49
- [Lan06] LANDECKER, Hannah: Microcinematography and the History of Science and Film. In: *Isis* 97 (2006), Nr. 1, S. 121–125
- [Lau13] LAUKÖTTER, Anja: Wissen als Animation. Zur Transformation der Anschaulichkeit im Gesundheitsaufklärungsfilm. In: *montage AV. Zeitschrift für Theorie und Geschichte audiovisueller Kommunikation* 22 (2013), Nr. 2, S. 79–96
- [May02] MAYER, Richard E.: Multimedia learning. In: *Psychology of learning and motivation* Bd. 41. Elsevier, 2002, S. 2–3
- [MB05] MCGRATH, Michael B. ; BROWN, Judith R.: Visual learning for science and engineering. In: *IEEE Computer Graphics and Applications* 25 (2005), Nr. 5, S. 56–63
- [MFB⁺03] MCGREGOR, Kyle W. ; FRAZE, Steve ; BAKER, Matt ; DRUECKHAMMER, David ; LAWVER, D: Effects of computer animated instruction upon low-level cognition of undergraduates in an agricultural power technology course. In: *Proceedings of the 22nd Annual Western Region Agricultural Education Research Conference, Portland, Oregon* Bd. 23, 2003
- [MLS⁺17] MASON, Kenneth A. ; LOSOS, Jonathan B. ; SINGER, Susan R. ; RAVEN, Peter H. ; JOHNSON, George B.: *Biology*. McGraw-Hill Education, 2017. – 929 S.
- [MOMR21] MONTEIRO, Ricardo ; OLIVEIRA, Eva ; MOURA, João M. ; RODRIGUES, Nuno: Sea of Cells: Learn Biology through Virtual Reality. In: *Conference: EAI DLI 2021 - 6th EAI International Conference on Design, Learning Innovation, Aalborg, Denmark, 2021*, S. 1–8
- [MTG⁺91] MAJOR, Francois ; TURCOTTE, Marcel ; GAUTHERET, Daniel ; LAPALME, Guy ; FILLION, Eric ; CEDERGREN, Robert: The Combination of Symbolic and Numerical Computation or Three-Dimensional Modeling of RNA. In: *Science* 253 (1991), Nr. 5025, S. 1255–1260
- [Mus21] MUSTAFA, Baha: Dr The Effect of Animation on The Society During The COVID-19 Pandemic A literature Review. In: *Journal of Arts and Humanities* 10 (2021), Nr. 12, S. 63–71
- [Nil13] NILFOROOSHAN, Raziieh: *A study of the effects of digital animation on students' learning of Leadership in Energy and Environmental Design LEED*, Purdue University, Diss., 2013

- [PH92] PARK, Ok-Choon ; HOPKINS, Reginald: Instructional conditions for using dynamic visual displays: A review. In: *Instructional science* 21 (1992), Nr. 6, S. 427–449
- [Rei13] REINERTH, Maïke S.: Kleines Glossar. In: *montage AV. Zeitschrift für Theorie und Geschichte audiovisueller Kommunikation* 22 (2013), Nr. 2, S. 178–179
- [Sch09] SCHIRP, Heinz: Wie 'lernt 'unser Gehirn? In: *Neurodidaktische Zugänge zur Unterrichtsent* (2009)
- [Sch15] SCHLITTLER, Joao Paulo A.: Motion graphics and animation. In: *Animation Studies, Valência (CA/USA)* 10 (2015), S. 2–3, 5
- [SHHH19] SADAVA, David ; HILLIS, David M. ; HELLER, H C. ; HACKER, Sally D.: *Purves Biologie*. Springer-Verlag, 2019. – 1245–1277 S.
- [SJC+21] STADLINGER, Bernd ; JEPSEN, Søren ; CHAPPLE, Iain ; SANZ, Mariano ; TERHEYDEN, Hendrik: Technology-enhanced learning: a role for video animation. In: *British Dental Journal* 230 (2021), Nr. 2, S. 93–96
- [SW18] STONE, R B. ; WAHLIN, Leah: *The Theory and Practice of Motion Design: Critical Perspectives and Professional Practice*. Routledge, 2018. – 54–58, S.
- [TJT95] THOMAS, Frank ; JOHNSTON, Ollie ; THOMAS, Frank: *The illusion of life: Disney animation*. Hyperion New York, 1995
- [Vis21] VISTISEN, Peter: Science Visualization: Guiding Principles for the Motion Design of Scientific Disseminations. In: *Proceedings of the Motion Design Education Summit 2021 (MODE 2021)*. Routledge, 2021
- [Wil98] WILSON, Frank S.: *The effect of time and level of visual enhancement in facilitating student achievement of different educational objectives*. The Pennsylvania State University, 1998
- [ZAVMG17] ZHENG, Huilong ; ADAMO-VILLANI, Nicoletta ; MCGRAW, Tim ; GRIGGS, Rosanne: Using computer animation for emergency medicine education. In: *International Journal of Technology Enhanced Learning* 9 (2017), Nr. 4, S. 354–368

