



**Hochschule  
Augsburg** University of  
Applied Sciences

Fakultät Gestaltung  
Animation Interaction Research

## **SearchWing**

Ein Infofilm zu einer autonomen Drohne

Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Arts (M.A.)

vorgelegt von

Peter Baintner

Matrikelnummer 2053464

Referent : Prof. Robert Rose  
Korreferent : Prof. Michael Kipp

Peter Baintner: *SearchWing*, Ein Infofilm zu einer autonomen Drohne, © 14. April  
2020

## ERKLÄRUNG

---

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen benutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder noch nicht veröffentlichten Quellen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Zeichnungen oder Abbildungen in dieser Arbeit sind von mir selbst erstellt worden oder sind mit einem entsprechenden Quellennachweis versehen.

Diese Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht worden.

Augsburg, 14. April 2020

---

Peter Baintner

## INHALTSVERZEICHNIS

---

1	EINLEITUNG	1
2	KONZEPTION	2
2.1	Zielgruppe . . . . .	2
2.2	Struktur . . . . .	2
2.3	Storyboard . . . . .	3
3	PRODUKTION	5
3.1	Umgebung . . . . .	5
3.1.1	Meer . . . . .	5
3.1.2	Himmel . . . . .	9
3.1.3	Segelboot . . . . .	11
3.1.4	Rettungsfloß . . . . .	12
3.2	Drohne . . . . .	12
3.2.1	Modellierung . . . . .	12
3.2.2	Shading . . . . .	14
3.2.3	Rigging . . . . .	16
3.3	Animation . . . . .	17
3.4	Rendering . . . . .	20
4	POSTPRODUKTION	23
4.1	Schnitt . . . . .	23
4.2	Bauchbinden . . . . .	23
4.3	Matchmoving . . . . .	26
4.4	Farbkorrektur . . . . .	28
4.5	Audio . . . . .	29
5	FAZIT	31
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	32
	QUELLVERZEICHNIS	33

## EINLEITUNG

---

Die stetig wachsende Komplexität von Produkten und ihrer Funktionen lässt Animationsfilmen als Erklär- und Marketingmedium immer mehr Bedeutung zukommen. Die Motivation, Teile eines Filmes mit Computeranimationen zu ergänzen, kann unterschiedliche Gründe haben. Insbesondere ist der finanzielle Aspekt ein wichtiger Faktor, sodass kostspielige Methoden, bei der ganze Kamerateams und ferne Orte involviert sind, nicht mehr die erste Wahl sind. Im Zusammenhang mit Infofilmen ist jedoch die Realisierbarkeit ein viel wichtiger Grund. So können in der Computeranimation abstrakte Zusammenhänge und nicht sichtbare technische Vorgänge für den Zuschauer einfach verständlich visualisiert werden.

Im Rahmen dieser Abschlussarbeit wurde ein solches komplexes Produkt behandelt. Thematisiert wird hierbei eine autonome Suchdrohne, welche an der Hochschule Augsburg entwickelt wird. Die Anfängliche Zielsetzung war, die Funktionsweise und die für den Einsatz nötigen Schritte zu beschreiben. Die Erstellung des Filmes ist in der folgenden Arbeit in drei Teile untergliedert – Konzeption, Produktion und Postproduktion.

# 2

## KONZEPTION

---

In diesem Kapitel wird das Konzept des Filmes erklärt. Hierzu gehören alle grundsätzlichen Entscheidungen, wie der Inhalt des Dargestellten, die Darstellungsweise und die Zielgruppe.

### 2.1 ZIELGRUPPE

Als Zielgruppe wurden Kunden anvisiert, für die es in Frage kommt die Drohne einzusetzen. Dabei soll diese Zielgruppe nach dem Film wissen, wie die Drohne konkret eingesetzt wird, welche Schritte hierfür nötig sind und mit welchem Aufwand ein Einsatz einhergeht.

Sekundär sollen auch an dem Projekt Interessierte und potenzielle Teammitglieder eine Zielgruppe sein. Dies hatte zur Folge, dass wenige Informationen noch ergänzend eingefügt wurden, um einem interessierten Zuschauer alle nötigen Informationen zu bieten.

Weil der Zielgruppe, die die Drohne einsetzt, wichtig ist, dass die Drohne nicht nur ein Konzept ist, sondern schon funktionsfähig im Einsatz ist, wurde die Entscheidung getroffen den Film auf schon vorhandenem Filmmaterial aufzubauen. Somit wird gezeigt, dass die Drohne schon gebaut wurde und funktionsfähig eingesetzt wird. Die Funktionsweise ist jedoch schwer mit Filmmaterial darstellbar, weswegen ein Teil des Filmes mit Computeranimationen ergänzt wird. Beispiele für diese Erklärungen sind der Flugpfad des Flugzeugs, oder das Sichtfeld. Außerdem ist das Filmen einer realen Drohne im Flug nur schwer durchzuführen.

### 2.2 STRUKTUR

Es wurde in Rücksprache mit dem SearchWing-Team definiert, dass folgende sechs Punkte im Film in dieser Reihenfolge erscheinen sollen.

- Flugplanerstellung
- Montage
- Start
- Flug
- Landung
- Auswertung

Zusätzlich zu diesen sechs inhaltlichen Punkten wurden ein Intro und ein Outro mit ähnlicher Bildsprache eingefügt. Somit bekommt der Film einen angenehmen Rahmen.

Wie unter Abschnitt 2.1 beschrieben wurde vorhandenes Filmmaterial benutzt. Da dieses Material bereits geschnittenes Material von einem Rundfunkbeitrag war, standen nur relativ kurze Stücke von Szenen zur Verfügung. Um innerhalb dieser kurzen Zeit trotzdem alle gewünschten Informationen zu vermitteln, wurde entschieden, nicht mit einem Sprecher zu arbeiten, sondern mit Texteinblendungen. Diese benötigen deutlich weniger Zeit, da hier nur Stichpunkte gelesen werden müssen, und keine vollständigen Sätze von einem Sprecher gesprochen werden müssen. Später wurde entschieden am Ende des Filmes, im Kapitel Auswertung, ein Rettungsfloß einzufügen, um am Ende eine erfolgreiche Story dem Zuschauer vermitteln zu können.

Die Kapitel Flug und Landung – abgesehen von Intro und Outro – sind die Teile des Filmes, welche mit Computeranimationen entstanden sind. Hierbei wurde entschieden, dass ein möglichst realistischer Look angestrebt wird, damit sich diese Teile möglichst gut in das Filmmaterial einfügen.

### 2.3 STORYBOARD

Der Flug wurde in einem Storyboard grob dargestellt (siehe Abbildung 2.1). In diesem Fall wurden mit einfachen 3D-Modellen pro Kameraeinstellung ein Bild erstellt. Hierzu wurde das Modell eines Segelbootes importiert und ein stark vereinfachtes Modell eines Flugzeuges eingefügt. Anschließend konnten zu den Arten der Information passende Kameraeinstellungen definiert werden. So wird beispielsweise beim Steigflug des Flugzeuges die Höhe eingeblendet, oder bei der Fluggeschwindigkeit das Flugzeug etwas weiter von Hinten gezeigt.

Ebenso wurde bei den Kameraeinstellungen darauf geachtet, dass stets eine Referenz aus dem vorherigen Schnitt zusehen ist. Folgendermaßen ist am Anfang der Flugeinstellung das Segelboot zu sehen, genauso auch am Ende des Fluges.

Für Intro und Outro wurden ein Flug über das Meer gewählt, um die Schwierigkeit der Suche eines vergleichsweise kleinen zu Rettenden darzustellen. Diese Bilder wurden in den ersten Zusammenschnitt des Filmmaterials eingefügt. Damit wurde ein erster Eindruck erschaffen, ob der Film funktioniert und alle nötigen Informationen transportieren kann. Später wurde die Reihenfolge der Informationen und der dazugehörigen Einstellungen geändert, um eine schlüssigere Reihenfolge zu realisieren.

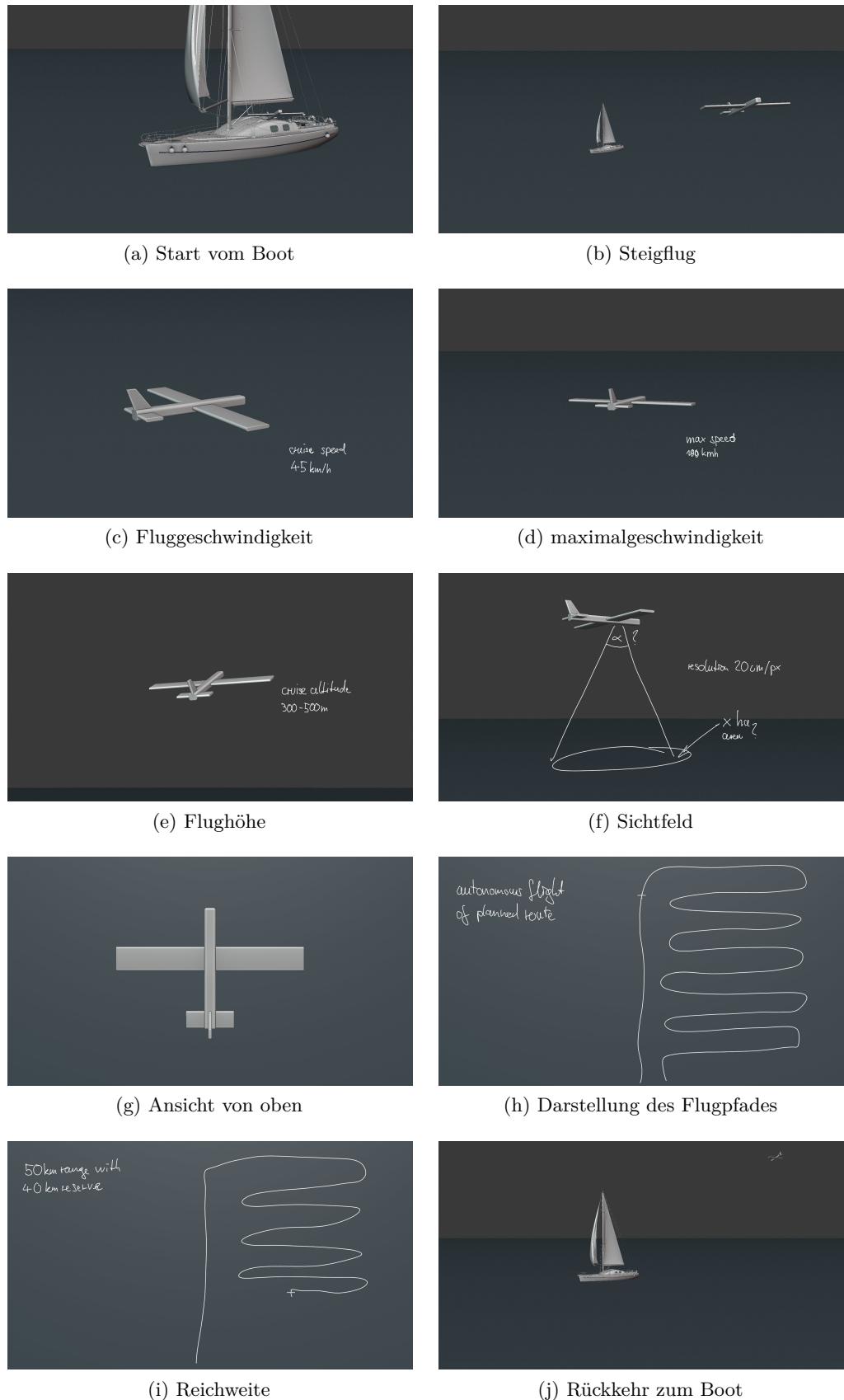


Abbildung 2.1: Einzelbilder des Storyboards

# 3

## PRODUKTION

---

Nachdem der Erstellung des Konzeptes wird in diesem Kapitel die Produktion dargestellt. Unter Produktion wird in diesem Projekt die Erstellung von Modellen und der daraus resultierenden Renderings verstanden – die Videoproduktion wird hingegen nicht als Teil des Projektes verstanden. Die gesamte Produktion ist in der 3D-Grafiksuite Blender 2.83 entstanden.

### 3.1 UMGEBUNG

Zunächst wird auf die Erstellung der Umgebung eingegangen. Hierunter wird die virtuelle Welt verstanden, in der sich die Drohne bewegt. Hierzu gehören das Meer, das Segelboot und der Himmel.

#### 3.1.1 *Meer*

Als wichtigster Baustein der Umgebung wurde ein hoher Aufwand in die Erstellung des Meeres gesteckt. Hierbei war eine Herausforderung, dass durch die vergleichsweise große Flughöhe der Drohne weite Teile des Meeres gezeigt wurden, aber auch gleichzeitig nähere Aufnahmen im Intro oder auch bei der Landung gemacht wurden. Folglich musste das Material eine ausreichende Detailauflösung für Nahaufnahmen bei gleichzeitig nicht offensichtlicher Wiederholung haben. Ebenso sollten sich die Meereswellen bewegen.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, wurden Meerestexturen generiert, welche animiert sind. Der Ausschnitt einer einzelnen Textur ist unter Abbildung 3.1 zu sehen.

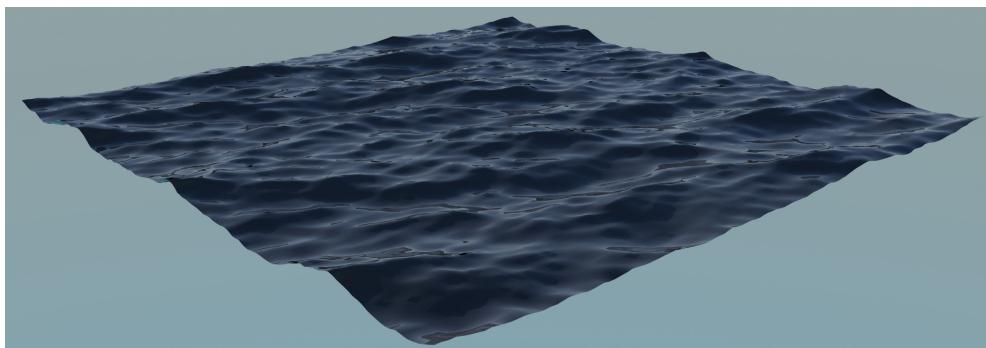


Abbildung 3.1: einzelne Textur auf einer Fläche angewendet

Wenn man nun diese Textur oft nebeneinander kopiert, ist die Wiederholung offensichtlich, wie in Abbildung 3.2 zu sehen ist.

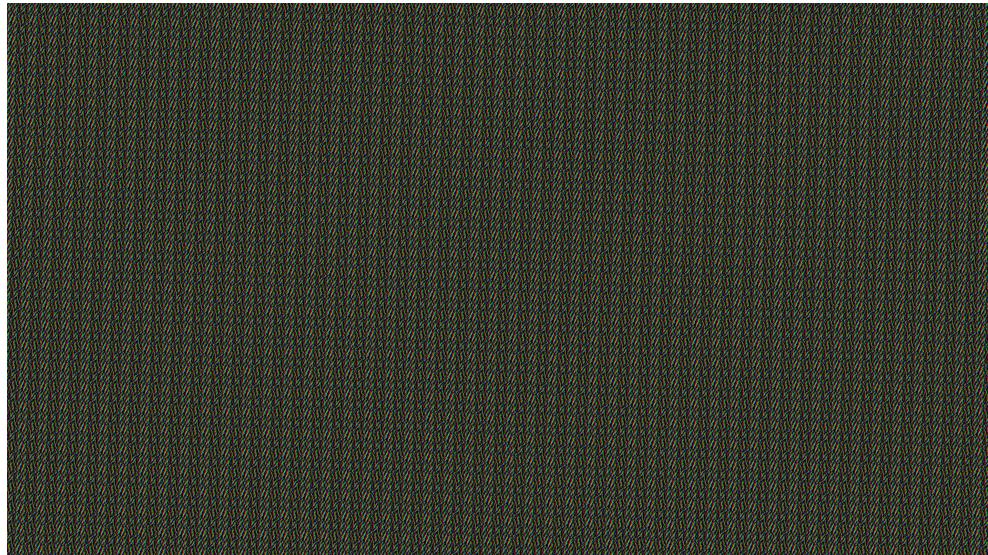


Abbildung 3.2: eine Textur wiederholt

Aus diesem Grund wurden vier unterschiedliche Texturen generiert, welche jeweils zweimal geladen wurden. Diese insgesamt acht Texturen wurden unterschiedlich rotiert, skaliert, verschoben, und anschließend übereinandergelegt, damit die nötige Varianz entsteht. Diese problemlos skalierbare Textur ist in Abbildung 3.3 zu sehen.

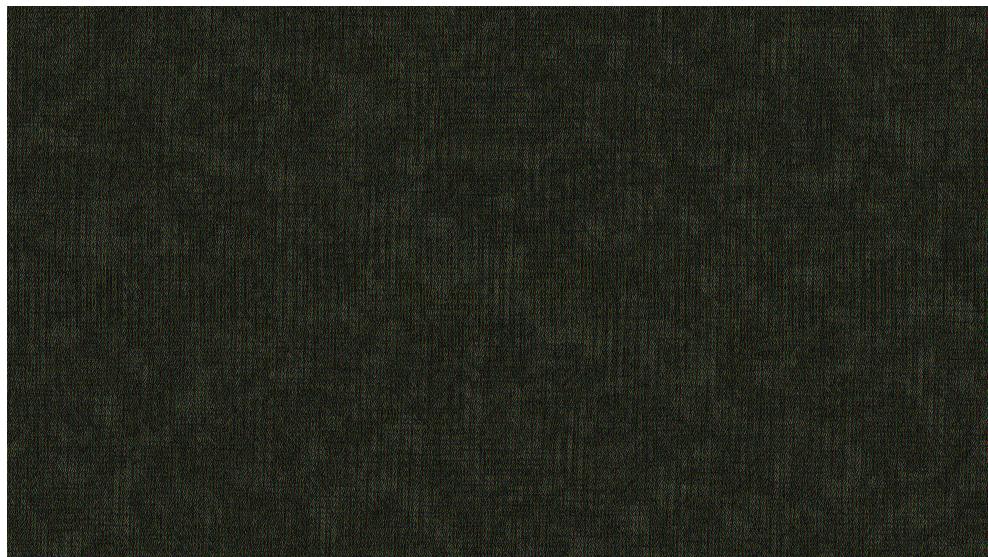


Abbildung 3.3: unterschiedliche Texturen gekachelt

Mit einer zusätzlichen prozeduralen Textur wurde die Intensität der Wellen eingestellt und damit simuliert, dass aufgrund unterschiedlicher Windstärken an unterschiedlichen Orten unterschiedlich starke wellen vorhanden sind. Das Ergebnis der bisherigen Texturen ist in Abbildung 3.4 zu sehen.

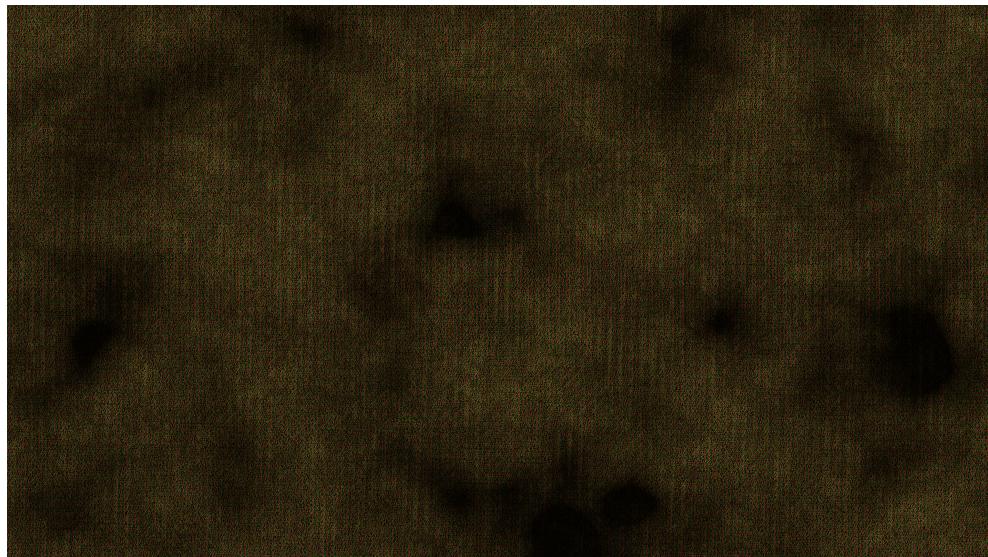


Abbildung 3.4: Unterschiedliche Intensitäten der Texturen

Als letzter Part der Wellen wurde noch eine Textur über die bisherigen gelegt. Die in Abbildung 3.5 abgebildete Textur<sup>1</sup> stellt das Kielwasser des Segelbootes dar. Die Position dieser Textur ist daher auch an die Position des Segelbootes gekoppelt.

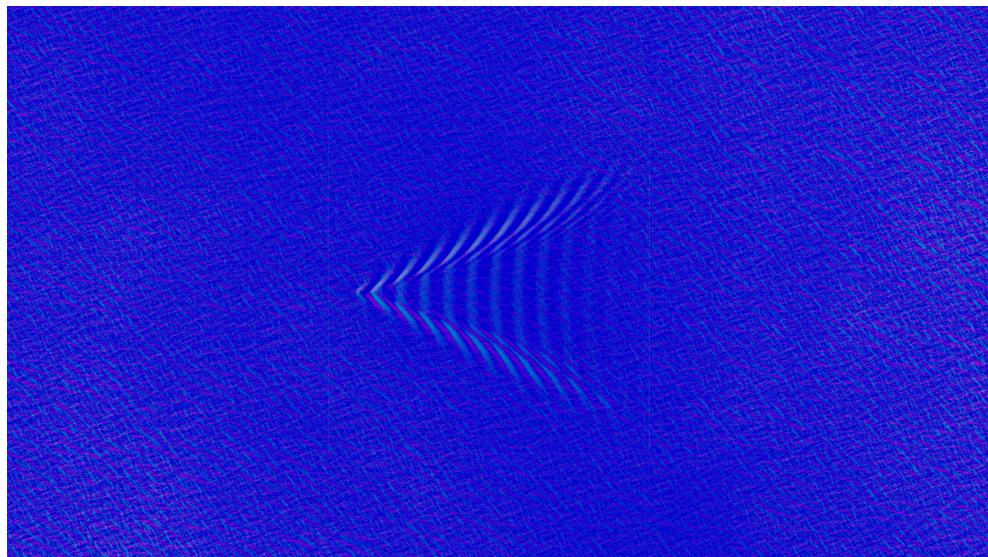


Abbildung 3.5: Kielwasser des Segelbootes als Normalen Textur

Weiterhin wurde dem Meer eine leichte farbliche Varianz gegeben, wie in Abbildung 3.6 zu sehen ist.

---

<sup>1</sup> Aleksandr BERDNIKOV. *Kelvin Wake*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Wake#/media/File:Kelvin\\_Wake\\_Fr=2.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Wake#/media/File:Kelvin_Wake_Fr=2.png) (besucht am 29.02.2020).



Abbildung 3.6: Farbvariationen des Meeres

In einem weiteren Schritt wurde der Dunst mit einer besonderen Technik umgesetzt. Üblicherweise wird dieser dargestellt, indem mit steigender Entfernung eines Punktes dieser mit der Farbe des Hintergrundes gemischt wird<sup>2</sup>. Der größere Kreis ist hier Objekt, das das Meer darstellt.

Da hier das Meer als einziges Objekt von der Kamera weit genug entfernt war, wurde dieser Effekt direkt im Material abgebildet. Hierbei wird mit einem radialen Gradienten, welcher die Position der Kamera hat, zwischen dem Material des Meeres und einem transparenten Material gemischt. Dieser Gradient ist in Abbildung 3.7 sichtbar.

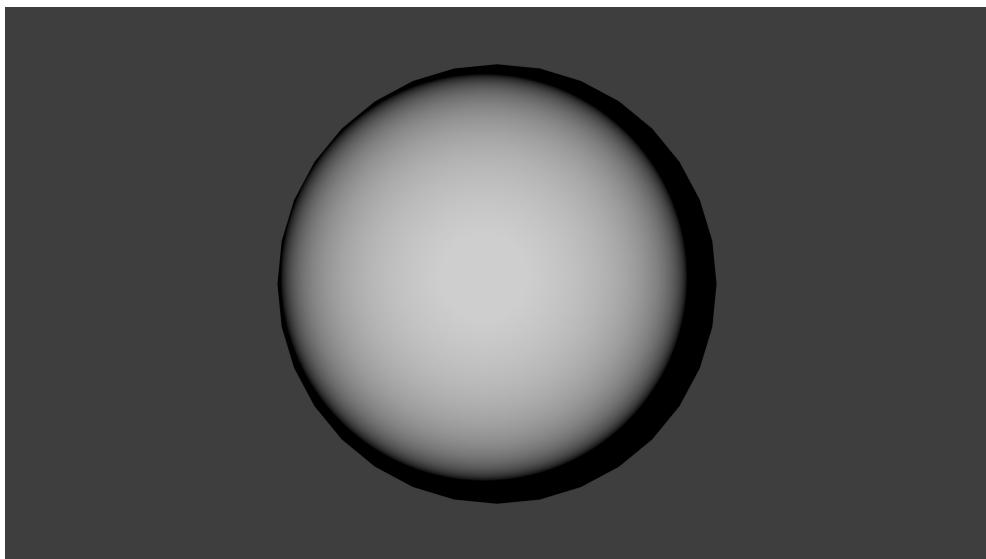


Abbildung 3.7: Gradiententextur für Dunstsimulation

---

<sup>2</sup> Brecht VAN LOMMEL. *Blender Manual*. URL: [https://docs.blender.org/manual/en/2.79/render/blender\\_render/world/mist.html](https://docs.blender.org/manual/en/2.79/render/blender_render/world/mist.html) (besucht am 29. 02. 2020).

Der gesamte Aufbau des Materials in Blender ist in der Abbildung 3.8 dargestellt.

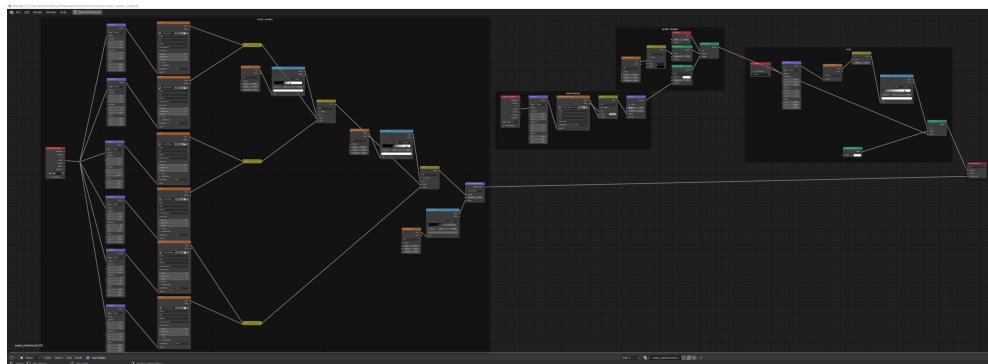


Abbildung 3.8: Übersicht über den Aufbau des Materials

### 3.1.2 Himmel

Der Hintergrund, bzw. der Himmel war das zweite wichtige Standbein der Umgebung. Zunächst, weil der Himmel ein nicht unwesentlicher Teil des Bildes ist. Weiterhin weil die Optik des Meeres dadurch beeinflusst wird, dass sich der Himmel darin spiegelt. Hauptsächlich aber, weil der Himmel die einzige Lichtquelle in der Szene ist. Die Schwierigkeit bei der Erstellung war, dass die Filmaufnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten erstellt wurden. Damit musste ein Kompromiss aus Bewölkung und Sonnenstand gemacht werden, damit sich die Computeraufnahmen gut in den Gesamtfilm eingliedern. Die Entscheidung fiel hierbei auf die Textur<sup>3</sup> links in Abbildung 3.9. Diese Textur hat eine sehr hohe Qualität und passt ebenfalls sehr gut zum Filmmaterial. Nachteil der Textur war, dass einige Bäume über dem Horizont noch sichtbar sind. Deswegen wurde im Bereich des Horizontes eine andere Textur<sup>4</sup>, die grundsätzlich nicht so gut zum Filmmaterial passt, verwendet (siehe Abbildung 3.9, zweiter Streifen).

Durch die vergleichsweise hohe Flughöhe der Drohne, sieht man jedoch etwas tiefer, als der Horizont in der Textur reicht. Dies hatte zur Folge, dass der schwarze Bereich sichtbar war. Dies wurde umgangen, indem hier anstatt des schwarzen Bereiches eine vertikal skalierte Version gezeigt wurde (siehe dritter Streifen).

Diese drei Texturen bilden abschließend den fertigen Himmel, wie in dem vierten Streifen zu sehen ist. In dem fünften und letzten Streifen ist als Vergleich das Meer zusätzlich eingefügt.

<sup>3</sup> Sergej MAJDBORODA. *Sunflowers HDRI Textur*. URL: <https://hdrihaven.com/hdri/?c=skies&h=sunflowers> (besucht am 29.02.2020).

<sup>4</sup> Andrew PRICE. *Hdr Sky Cloudy oo4*. URL: <https://www.polygon.com/texture/hdr-sky-cloudy-oo4> (besucht am 29.02.2020).



Abbildung 3.9: Unterschiedliche Schritte des Himmels

### 3.1.3 Segelboot



Abbildung 3.10: Segelboot mit Materialien

Das heruntergeladene CAD-Modell<sup>5</sup> des Segelbootes wurde in Blender importiert und mit passenden Materialien versehen. Auf das Segel wurde ein Bild<sup>6</sup> eines Segelbootes projiziert, damit die Struktur und die Nähte des Segeltuches sichtbar sind. Anschließend wurden zwei Modelle von Menschen<sup>7</sup> hinzugefügt. Das Ergebnis des Bootes ist in Abbildung 3.10 abgebildet.

<sup>5</sup> Filippo CITATTI. *Sailboat III*. URL: <https://grabcad.com/library/sailboat-iii-1> (besucht am 29.02.2020).

<sup>6</sup> boats.com. *2010 elan impression*. URL: <https://de.boats.com/segelboote/2010-elan-impression-434-5942438/> (besucht am 29.02.2020).

<sup>7</sup> Xoio. *3d scanned people*. URL: <https://xoio-air.de/2017/3d-scanned-people-improved-version/> (besucht am 29.02.2020).

### 3.1.4 Rettungsfloß

Das Rettungsfloß (siehe Abbildung 3.11) wurde klassisch in Blender modelliert, mit Materialien versehen und anschließend gerendert. Das Modell wurde im Outro auf das Meer gesetzt, bzw. ein Bild davon unter Abbildung 4.3 in den Film eingefügt.

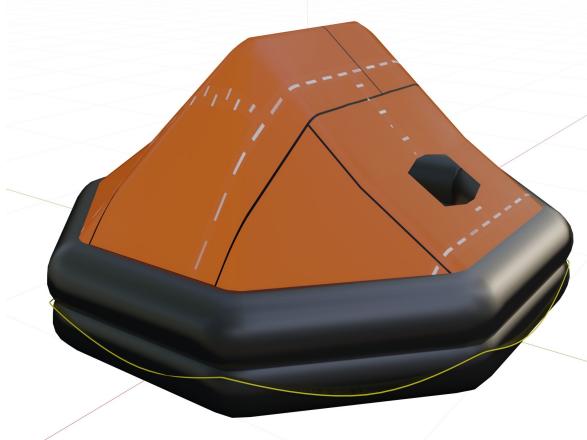


Abbildung 3.11: Modell des Rettungsfloßes

## 3.2 DROHNE

### 3.2.1 Modellierung

Als Grundlage für das Modell der Drohne hat ein Fotoscan gedient. Hierzu wurden mit einem Smartphone etwa 250 Fotos der Drohne für zwei Scans angefertigt – einmal von oben und einmal von unten. Anschließend wurden die Bilder in die Fotoscansoftware Meshroom geladen und zu einem texturierten 3D-Modell gerechnet. Dieser Vorgang ist in Abbildung 3.12 und Abbildung 3.13 dargestellt. Leider wurden von der Seite des Modells nicht ausreichend Bilder erstellt, sodass teilweise ein Spalt vorhanden war, wie in Abbildung 3.14 zu sehen ist.

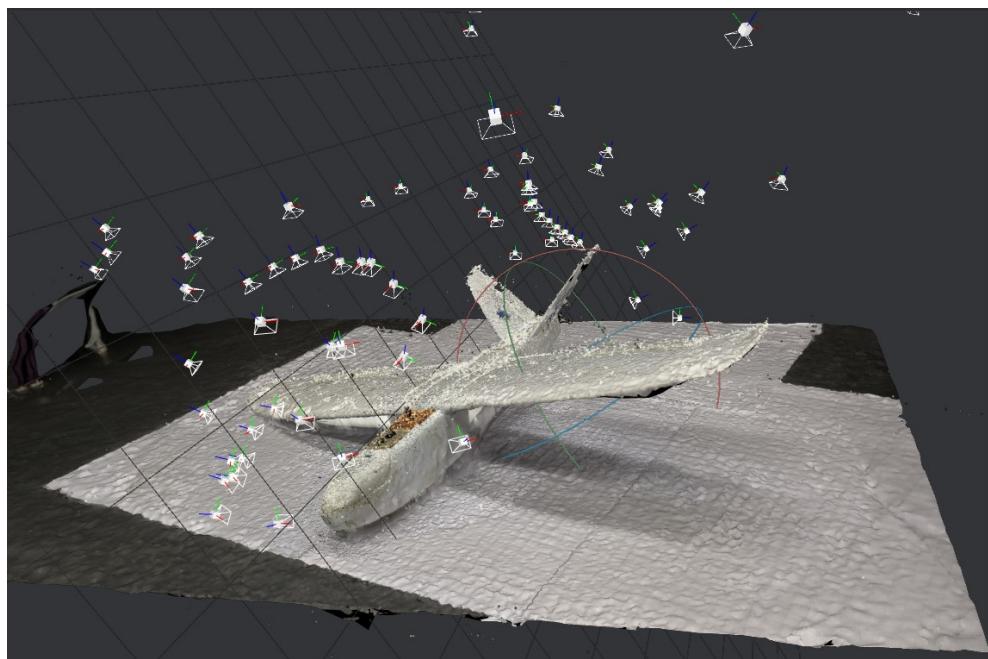


Abbildung 3.12: Fotoscan in Meshroom, Drohne von oben

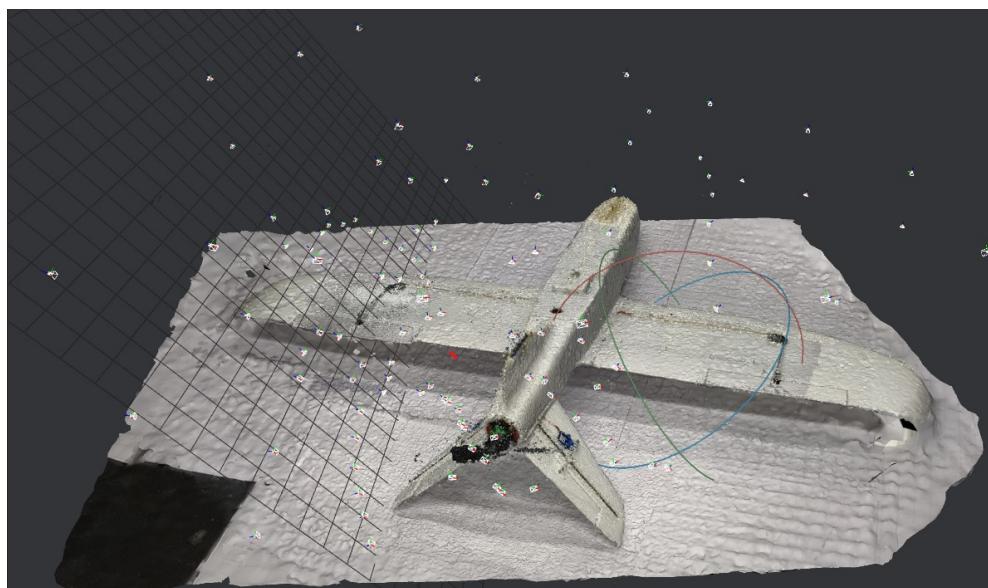


Abbildung 3.13: Fotoscan in Meshroom, Drohne von unten

Für den Rumpf wurde ein CAD-Modell bereitgestellt, der nur leicht nachbearbeitet werden musste. Flügel und Leitwerke wurden selbst modelliert.

Die übrigen Kleinteile, wie Servomotoren<sup>8</sup>, Propeller<sup>9</sup>, Elektromotor<sup>10</sup> und Schalter<sup>11</sup> wurden ebenfalls als CAD-Daten importiert, und anschließend mit Materialien versehen.

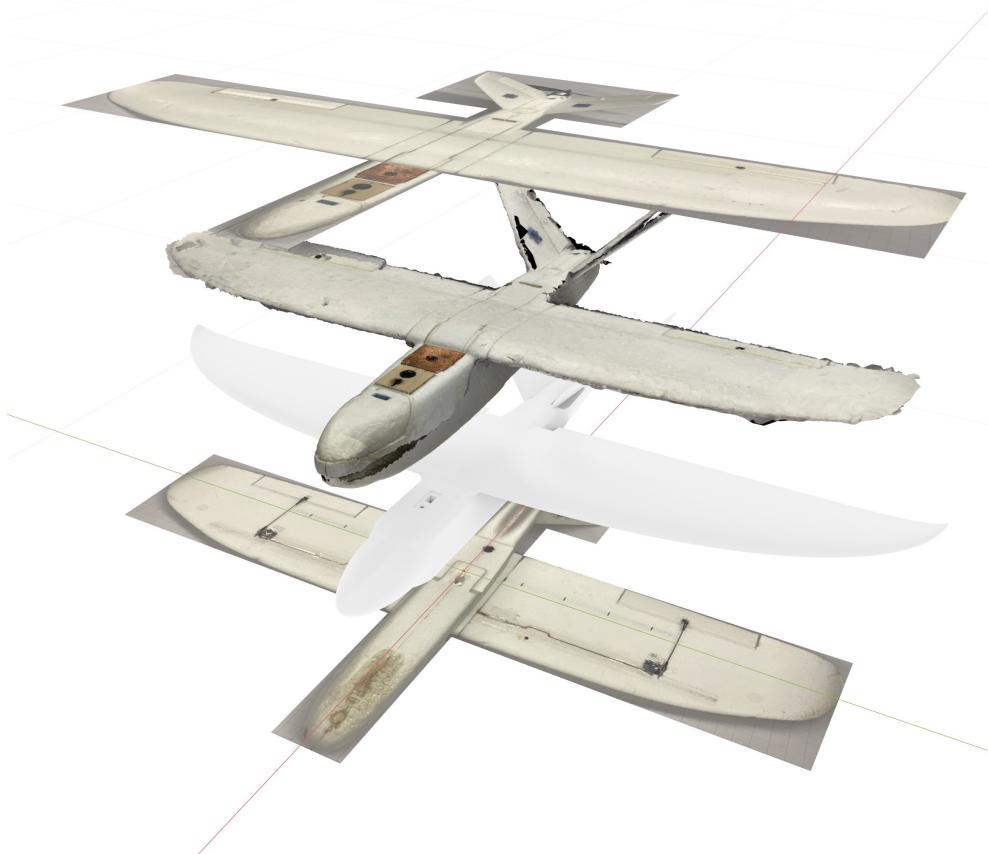


Abbildung 3.14: Unterschiedliche Schritte der Modellierung

### 3.2.2 Shading

Das aus dem CAD importierte Modell besitzt eine ungleichmäßige Topologie, weshalb ein Abwickeln nur mit viel Aufwand realisiert hätte werden können. Deswegen wurde eine prozedurale Textur für das Styropor verwendet. Diese Textur ist volumetrisch, und benötigt daher kein zweidimensional abgewickeltes Modell. Mit einem glänzenden Material und Volumenstreuung konnte der nötige Realismus erreicht werden. Unter Volumenstreuung versteht man, dass

<sup>8</sup> Hasanain SHUJA. *Hobby Servo Motors for RC cars, planes, etc...* URL: <https://grabcad.com/library/hobby-servo-motors-for-rc-cars-planes-etc-1> (besucht am 29.02.2020).

<sup>9</sup> Cagatay SERTOĞLU. *propeller*. URL: <https://grabcad.com/library/propeller-403> (besucht am 29.02.2020).

<sup>10</sup> KrisNT. *brushless motor 2212 920kv*. URL: <https://grabcad.com/library/brushless-motor-2212-920kv-1> (besucht am 29.02.2020).

<sup>11</sup> Stephanie SCHWECKE. *Rocker Switch - Arcolectric H8550VB*. URL: <https://grabcad.com/library/rocker-switch-arcolectric-h8550vb> (besucht am 29.02.2020).

Lichtstrahlen nicht nur von der Oberfläche, sondern auch innerhalb des Objektes reflektiert werden<sup>12</sup>. Das fertige Material ist in Abbildung 3.15 zu sehen. Das Durchscheinen des Lichtes zwischen den einzelnen simulierten Styroporkugeln ist hier besonders gut sichtbar.



Abbildung 3.15: Nahaufnahme der fertigen Drohne

Das Thema der später hinzugefügten Bauchbinden sollte auch im Intro aufgenommen werden. Deswegen wurde entschieden im Intro den Filmtitel (in Abbildung 3.16 zu sehen), optisch an die Bauchbinden anzulegen (siehe Abschnitt 4.2). Das heißt, dass im Dreidimensionalen ein Rechteck mit einem satiniertem Glas-Material und einem Titel sowie Untertitel erstellt wurde.



Abbildung 3.16: Objekte für den Text im Intro

---

<sup>12</sup> Jason van Gumster. *Blender For Dummies*. 3rd. For Dummies, 2015. ISBN: 1119039533, 9781119039532.

### 3.2.3 Rigging

Unter Rigging versteht man eine Technik, bei der komplexere Bewegungen definiert werden, mithilfe von Skeletten, welche aus Knochen bestehen. Üblicherweise geschieht dies bei Charaktern, weshalb die Begriffe Skelett und Knochen geläufig sind.<sup>13</sup>

Geriggt wurden die Leitwerke der Drohne und alle Objekte, welche damit im Zusammenhang stehen. Hierzu gehören die zwei Klappen an den beiden Leitwerken, sowie die Klappen an den Flügeln. Hierbei mussten die Bewegungen aller Objekte definiert werden, welche mitbewegt werden. In Reihenfolge des Effektes sind das die Servomotoren, der Hebel dieser, die Verbindungsstange, die Befestigung am Leitwerk, das Leitwerk selbst, sowie in Teilen das Klebeband.

Die Bewegungen wurden mit einem Skelett mit Inverser Kinematik versehen. Dies bedeutet, dass die Position des Hebels des Servomotors und die Position der Verbindungsstange errechnet werden, in Abhängigkeit der Position des Leitwerkes. Das Ziel, welches die Kinematik erreichen muss, ist mit roter Farbe in Abbildung 3.17 markiert. Die passende Deformation des Klebebandes wurde mit einem "Weight Painting" erstellt. Hierbei wird definiert, welcher Teil des Objektes statisch ist, und welcher Teil sich mit dem Knochen mitbewegt<sup>14</sup>.



Abbildung 3.17: Darstellung des Rigs am Beispiel der Tragfläche

Um den Aufwand bei der Animation zu reduzieren, wurde ein Knochen in Nähe der Antenne eingefügt, welcher ähnlich einem Steuerknüppel im Flugzeug funktioniert. Somit können alle Klappen mit diesem Objekt angesteuert werden. Die Steuerung stimmt ebenfalls mit dem Prinzip des Steuerknüppels zusammen – so muss bspw. der Knüppel in Richtung der Flugrichtung geneigt werden, damit das Flugzeug sich nach unten neigt. Dadurch werden die Klappen an den Leitwerken nach unten geneigt. Weil die Klappen an den Leitwerken sowohl für den Anstellwinkel als auch für den Gierwinkel des Flugzeuges verantwortlich sind, werden hier die beiden Rotationen des Knüppels aufaddiert. Die Antenne, welche sich durch den Fahrtwind bewegt, wurde mit einem "Bendy-Bone" erreicht. Hierunter versteht man einen Knochen, der sich selbst

<sup>13</sup> Concept Art Empire. *What is rigging?* URL: <https://conceptartempire.com/what-is-rigging/> (besucht am 29.02.2020).

<sup>14</sup> Brecht VAN LOMMEL. *Introduction to Weight Painting.* URL: [https://docs.blender.org/manual/en/latest/sculpt\\_paint/weight\\_paint/introduction.html](https://docs.blender.org/manual/en/latest/sculpt_paint/weight_paint/introduction.html) (besucht am 29.02.2020).

mit einem Spline-Algorithmus deformieren kann. Daher musste hier kein aufwändiges Weight-Painting erstellt werden.<sup>15</sup>

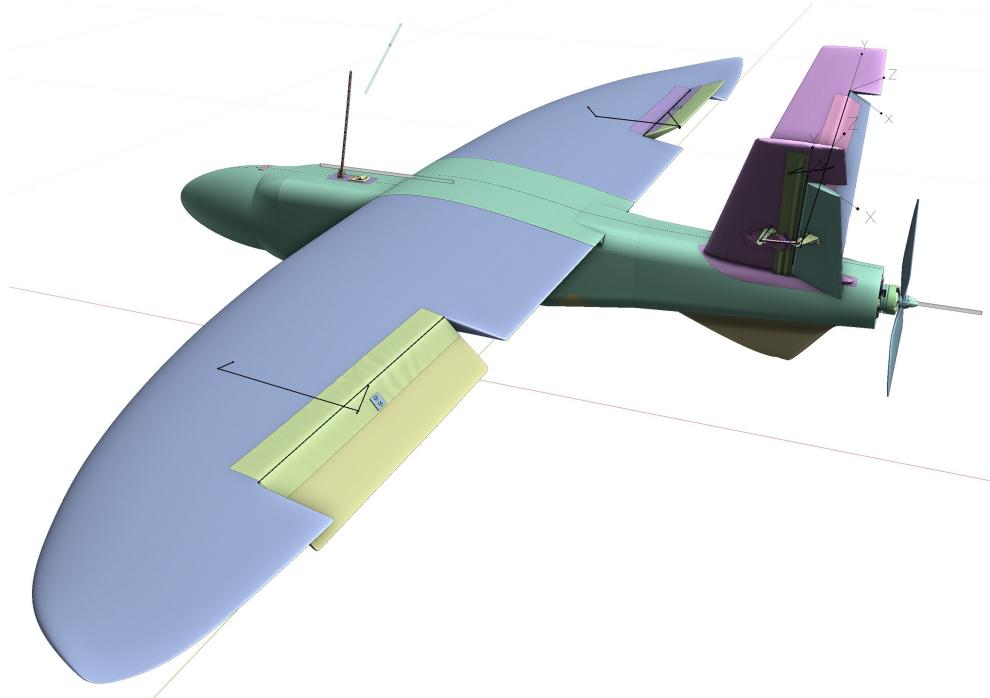


Abbildung 3.18: Maximale Ausschläge der Leitwerke

### 3.3 ANIMATION

Die Bewegung des Flugzeuges wurde mit dem visuellen Programmiersystem Animation Nodes in Blender erstellt (siehe Abbildung 3.19). Das Prinzip hinter dem programmierten Algorithmus ist, dass das Flugzeug einer vorher definierten Kurve folgt. Mit dieser ist die Ausrichtung und die Position der Drohne berechenbar. Weiterhin wird der Kurvenradius berechnet, wovon der Rollgrad des Flugzeuges abhängig ist. Abschließend wird in Abhängigkeit der Ableitungen der Rotation des Flugzeuges die Stellung der Klappen berechnet.

---

<sup>15</sup> Jason van Gumster. *Blender For Dummies*. 3rd. For Dummies, 2015. ISBN: 1119039533, 9781119039532.

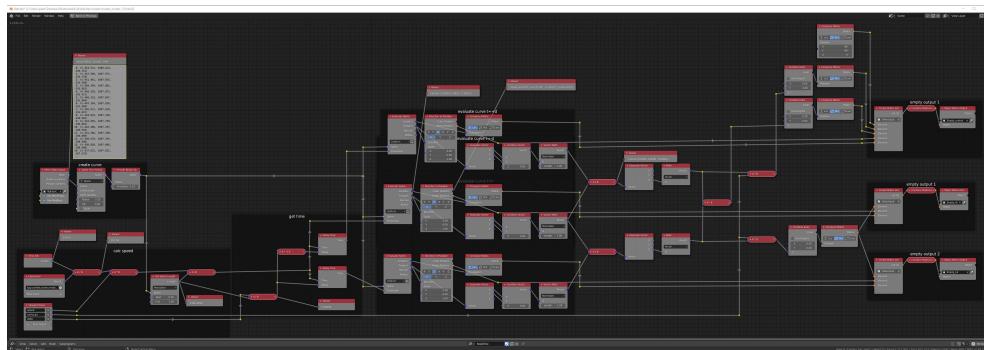


Abbildung 3.19: Übersicht über die visuelle Programmierung in Animation Nodes

Der Kurvenradius wurde mithilfe von zwei weiteren Objekten errechnet, indem deren Rotation vor und hinter dem Flugzeug abgefragt wurde (siehe Abbildung 3.20). Dies kann man jedoch auch als zeitlichen Versatz sehen, sodass dies einem Zeitversatz  $+\Delta$  bzw.  $-\Delta$  entspricht. Dadurch können numerische Ableitungen errechnet werden. Als Kurve wurde keine Spline sondern eine NURBS gewählt, da diese so eingestellt werden kann, dass sie in der ersten Ableitung stetig ist<sup>16</sup>.

Einige, in der das Flugzeug nicht mit diesem System animiert wurde, ist die Landung. Hier war es einfacher das abrupte Abbremsen und das nachschaukeln der Drohne im Wasser, händisch nachzustellen.

Der Kamera wurde mit einem Child-Of-Constraint die Eigenschaft gegeben, dass die Position von der des Flugzeugs abhängig ist<sup>17</sup>. Zusätzlich wurde der Kamera eine Bewegung über Keyframes gegeben, damit sie sich um die Drohne herumbewegen kann. Somit war ein einfacher Workflow für die Kameraanimation vorhanden und die Kameraanimation musste nicht nachbearbeitet werden, wenn der Flugpfad geändert wurde.

Der in Abschnitt 2.2 angesprochene Realismus bezieht sich grundsätzlich auch auf Animationen. Im Flug wurden manche Eigenschaften einer realistischen Bewegung als nicht wichtig eingestuft, weil in Film und Fernsehen nur große Flugzeuge gezeigt werden, welche sich während dem Flug sehr ruhig bewegen. Daher wurde hier auf starke Bewegungen aufgrund von bspw. Turbulenzen verzichtet. Bei der Landung hingegen wurde das Schaukeln des Bootes und der Kamera wieder aufgegriffen, um ein möglichst gutes Eingliedern in den restlichen Film zu ermöglichen.

<sup>16</sup> David Salomon. *Curves and Surfaces for Computer Graphics*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. ISBN: 0387241965.

<sup>17</sup> Jason van Gumster. *Blender For Dummies*. 3rd. For Dummies, 2015. ISBN: 1119039533, 9781119039532.

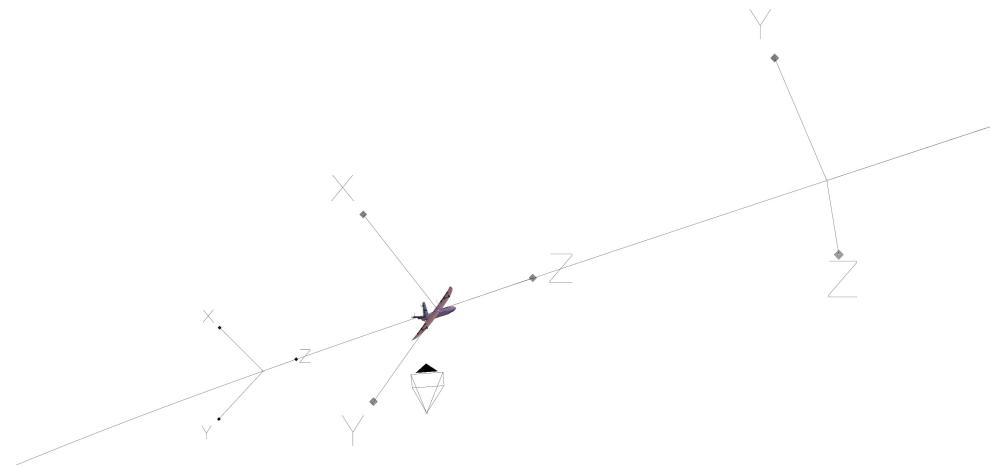


Abbildung 3.20: Drohne mit Flugpfad und drei Rotationsabfragen

Die Darstellung der Landung ist einer der sechs wichtigen Funktionen der Drohne, die in diesem Film enthalten sein sollen. Da jedoch kein Videomaterial von der Landung vorhanden war, musste diese virtuell nachgebaut werden. Hierzu wurde, wie oben beschrieben, die Drohne animiert. Weiterhin wurden Partikel – kleine Kugeln mit Wassermaterial – in der Umgebung der Drohne in die Luft geschleudert. Mit etwa 150.000 Partikel konnte der Effekt der Wasserspritzer erzielt werden (siehe Abbildung 3.21).



Abbildung 3.21: Wasserpartikel in der Umgebung der Drohne

### 3.4 RENDERING

Das nun fertiggestellte und animierte Modell wurde danach gerendert. Hierunter versteht man, dass in Abhängigkeit der Lichtquellen – in diesem Fall des Himmels – Licht und Schattenwurf des Modells berechnet wird. Um einen möglichst realistischen Look zu erreichen, wurde entschieden mit dem Path-Tracer “Cycles” zu arbeiten. Dieser verwendet einen sehr rechenaufwändigen stochastischen Algorithmus. Dies bedeutet, dass mit vielen Proben getestet wird, wie sich Photonen in der Szene verhalten würden. Mit steigender Anzahl der Proben reduziert sich die statistische Streuung, weswegen das Bildrauschen reduziert wird.<sup>18</sup>

Für dieses Projekt stand nur ein Standrechner mit einer handelsüblichen Grafikkarte zur Verfügung, weshalb nur 512 Proben pro Pixel berechnet wurden. Das noch sichtbare Bildrauschen wurde dann mit einem Filter entfernt. In Abbildung 3.22 ist der Unterschied zwischen Rohmaterial (linke Bildhälfte) und gefiltertem Bild (rechte Bildhälfte) zu sehen. Insgesamt belief sich damit die Rechenzeit bei 1550 Bildern und bei 100 Sekunden pro Bild auf etwa 48 Stunden.

---

<sup>18</sup> Lukas STOCKNER. *Introduction to Cycles Internals*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3Lxc1-OvisQ> (besucht am 29.02.2020).

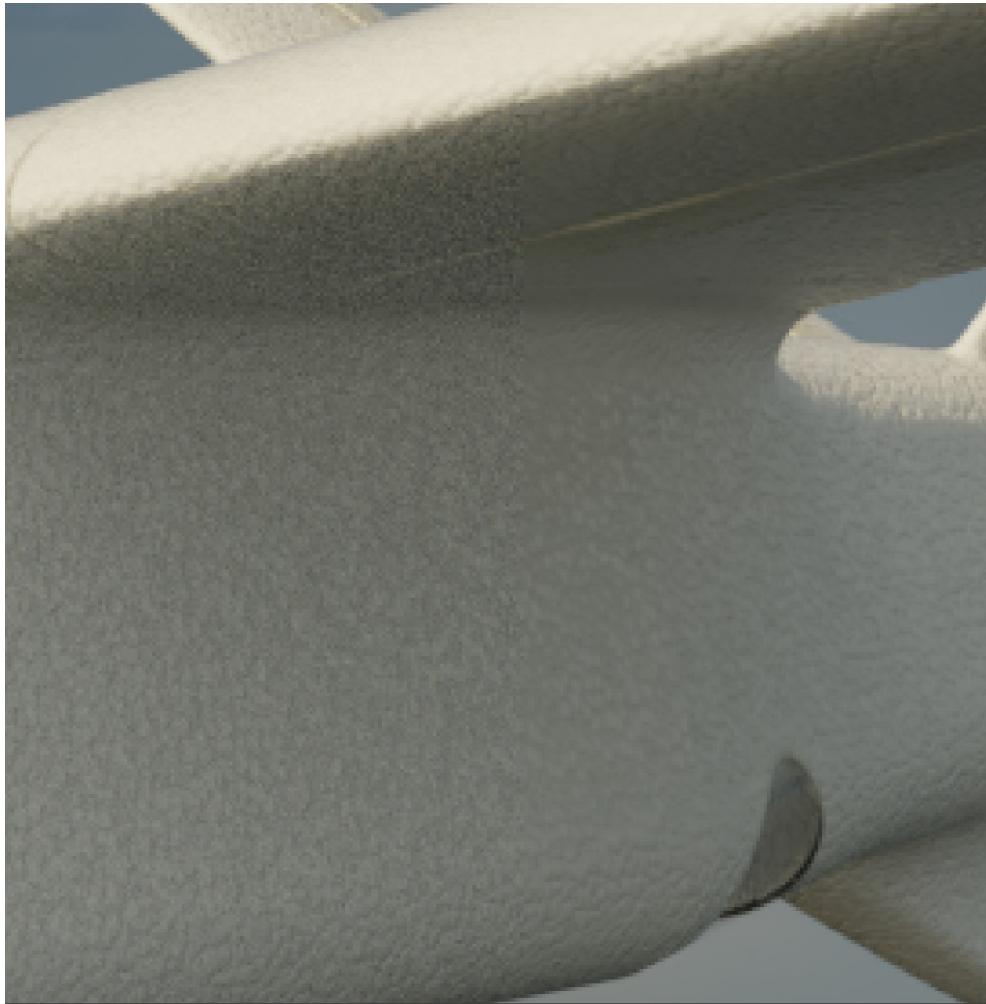


Abbildung 3.22: Unterschied zwischen Augsbild und rauschgefiltertem Bild

Für den Vorgang des Rauschfilters und für die Möglichkeit bei der Nachbearbeitung den vollen Farbumfang zur Verfügung zu haben, wurden die Bilder als openEXR exportiert. Dies hatte den Nachteil, dass pro gerendertem Bild etwa 120 mB Speicherplatz zur Verfügung stehen mussten. Zählt man unterschiedliche Iterationen dazu, mussten etwa 1,2 TB Speicherplatz zur Verfügung stehen.

Eine Herausforderung beim Rendern der Szene waren die unterschiedlichen Größenverhältnisse. Die kleine Drohne musste im Kontext mit dem weitläufigen Meer dargestellt werden. Daher kam die Rendereengine mit ihrer Gleitkommazahl an Genauigkeit an ihre Grenzen. Dies hatte Artefakte zur Folge, die in Abbildung 3.23 zu sehen sind. Diese entstehen, weil durch die fehlende Genauigkeit nicht entschieden werden kann, ob ein Polygon vor oder hinter dem anderen liegt.



Abbildung 3.23: Artefakte an der Drohne

Um dies zu umgehen, wurde die gesamte Szene so verschoben, dass die Drohne immer möglichst nahe am Ursprung ist. In Abbildung 3.24 ist sichtbar, dass der Flugpfad zunächst unterhalb des Ursprunges (Kreuzung von roter und grüner Linie) ist und in der zweiten Abbildung ist der Flugpfad oberhalb des Ursprunges.

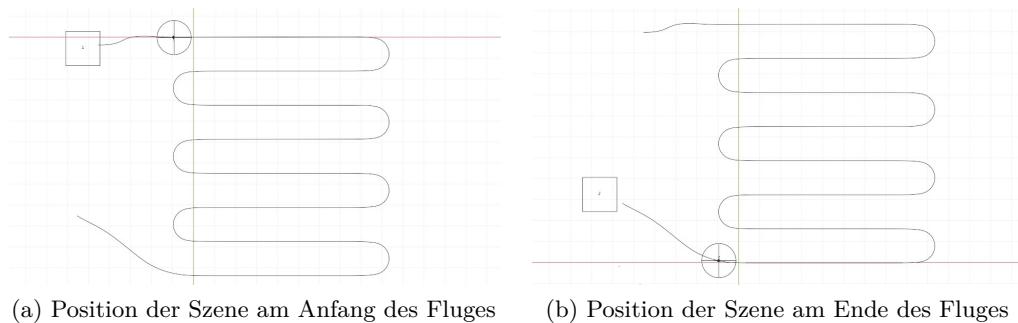


Abbildung 3.24: Verschiebung der Szene

# 4

## POSTPRODUKTION

In diesem Kapitel wird der Teil der Postproduktion beschrieben. Im Zusammenhang mit diesem Projekt ist dies das Zusammenführen von Filmmaterial und gerendertem Material im Schnitt, sowie das Nachbearbeiten dieser. Die Postproduktion ist in der Videoschnitt- und Farbkorrektursoftware DaVinci Resolve 16 geschehen.

### 4.1 SCHNITT

Der erste Schnitt wurde vor der Produktion im Zusammenhang mit dem Animatic (siehe Abschnitt 2.2) erstellt. Aufbauend hierauf wurde auch der spätere Schnitt erstellt, dessen Übersicht in Abbildung 4.1 dargestellt ist.

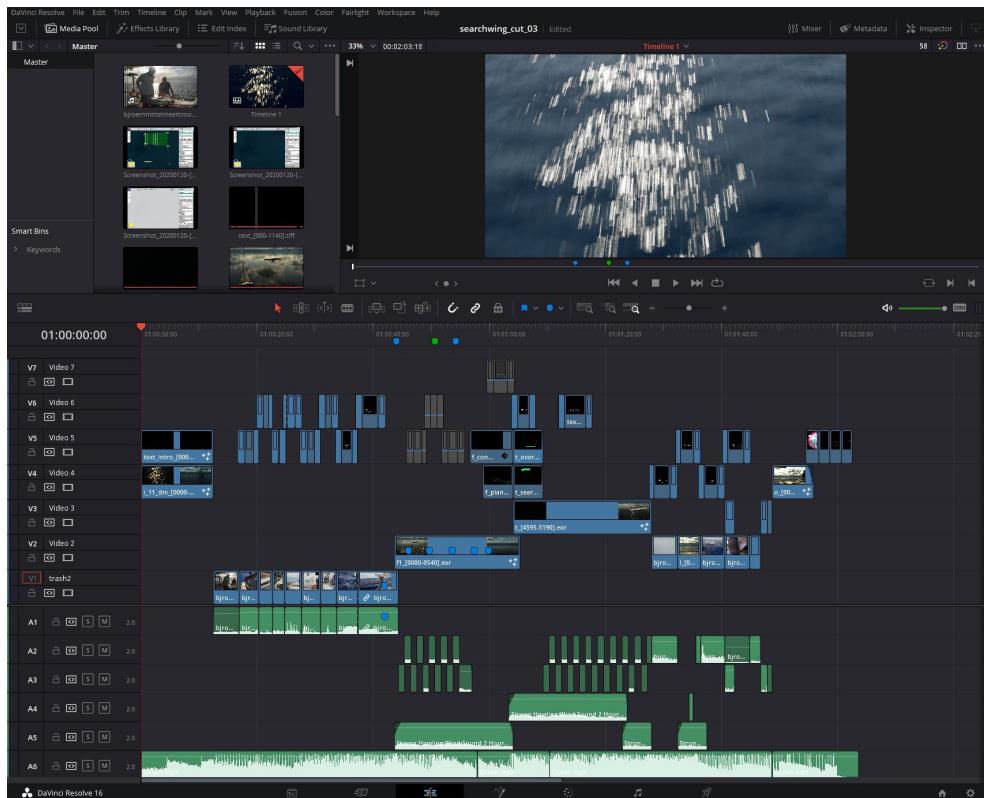


Abbildung 4.1: Screenshot DaVinci Resolve

### 4.2 BAUCHBINDEN

Die Texte für die Bauchbinden wurden in Blender erstellt. Der Grund ist, dass das gleichzeitige Verschwinden von zwei Texten über unabhängige Masken, hier

einfacher realisiert werden konnte. Eine schräge Darstellung der Masken ist in Abbildung 4.2 abgebildet. Hierfür wurde eine Vorlage programmiert, welche für jeden neuen Text wiederholt wurde (siehe Abbildung 4.3).

Zwar wird hier wieder in Blender eine Bildsequenz erstellt, welche in das Schnittprogramm geladen wird; trotzdem wird dieser Teil zur Nachbearbeitung des eigentlichen Filmmaterials gezählt.

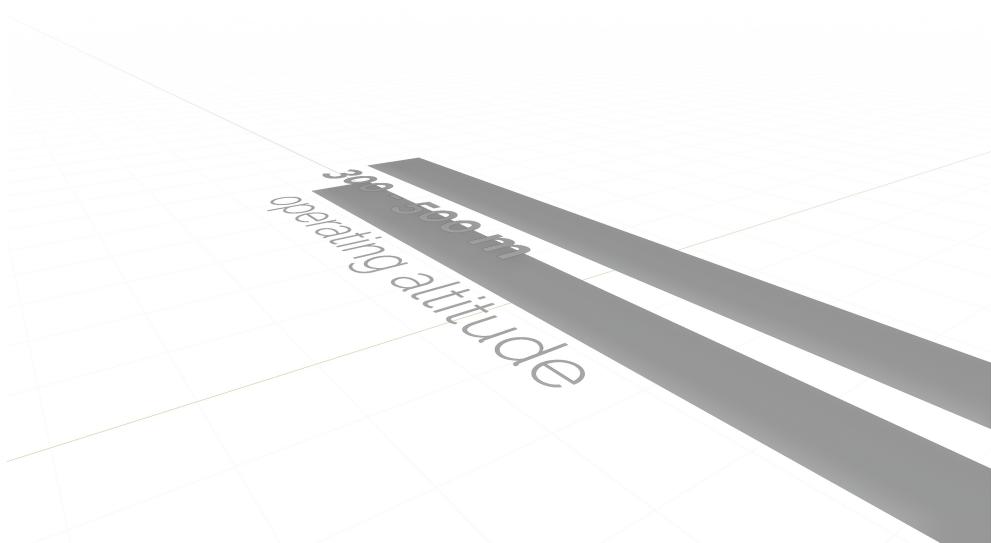


Abbildung 4.2: Schräge Ansicht der Masken für die Bauchbinden

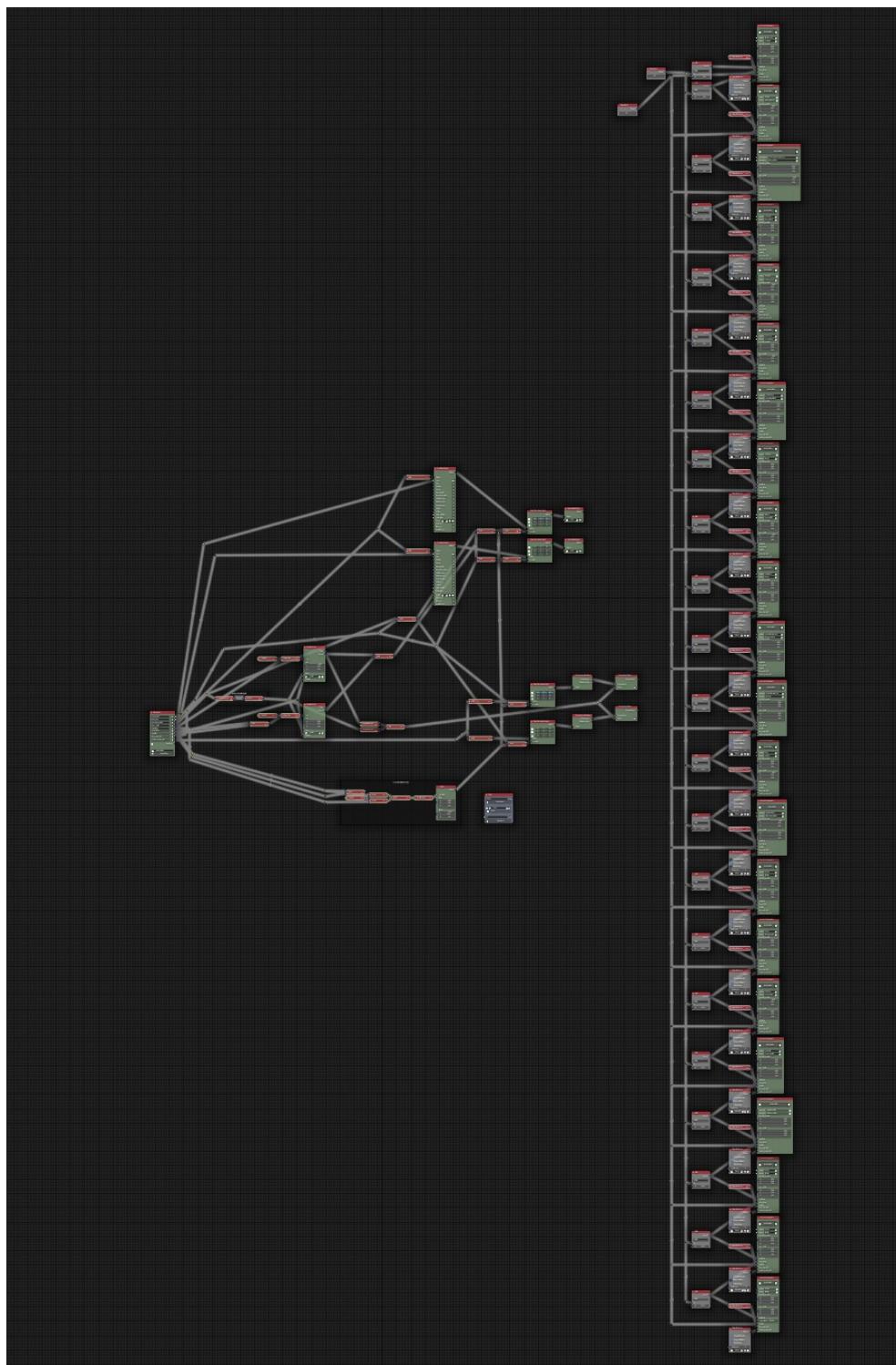


Abbildung 4.3: Programmierte Vorlagen für die Bauchbinden

Damit der Text der Bauchbinden besser lesbar ist, wurden diese mit einem Rechteck hinterlegt, welches die Optik von satiniertem Glas hat. Dies wurde mit einem Unschärfe-Filter mit einer rechteckigen Maske realisiert. Dieser

Filter musste auf alle Ebenen angewendet werden, sodass separat gerenderte Filmteile ebenfalls vom Filter bearbeitet werden.

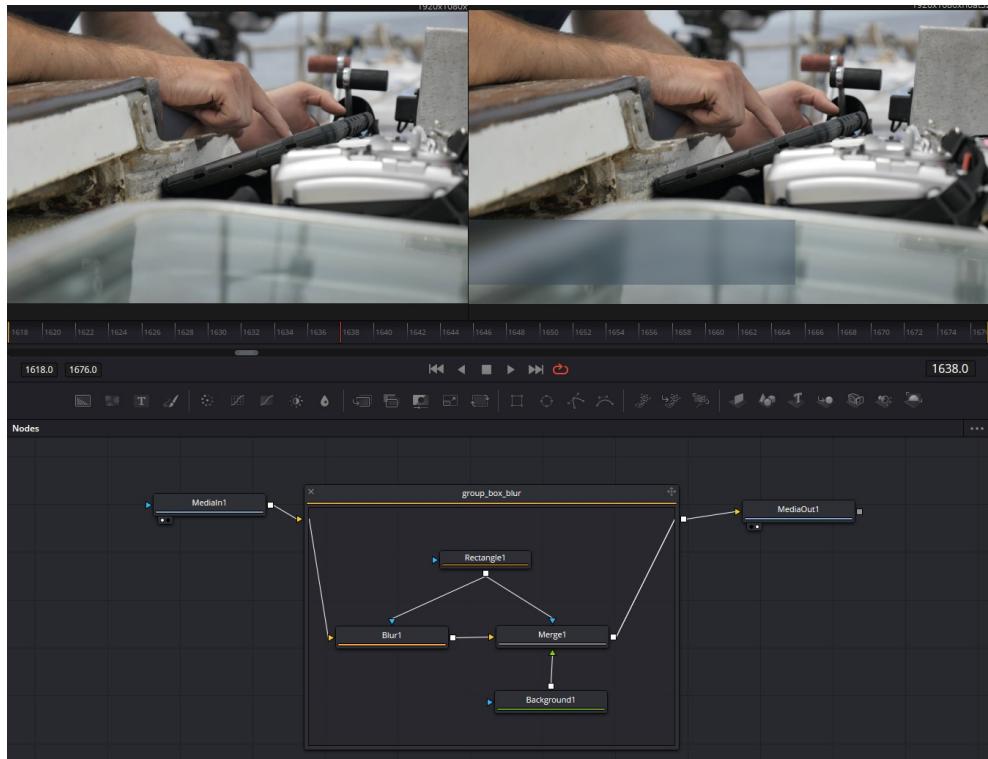


Abbildung 4.4: Einfügen der Bauchbinden

#### 4.3 MATCHMOVING

Das Matchmoving bezeichnet das Rekonstruieren von Bewegung aus gefilmtem Videomaterial. Dies wird erreicht, indem markante Punkte verfolgt werden, und anschließend aus der Bewegung dieser, die Bewegung eines Objektes oder der Kamera rekonstruiert wird.<sup>1</sup>

In der ersten Szene, in der das Tablet sichtbar ist, wurde der Bildschirminhalt mit einem Screenshot ersetzt, da aufgrund der hellen Umgebung der Inhalt nicht gut sichtbar war. Weiterhin wurden hier mithilfe von Matchmoving ebenfalls die Bewegungen der Kamera reduziert, damit der Bildschirminhalt noch besser sichtbar ist. Ein Screenshot dieser Szene in Bearbeitung ist in Abbildung 4.5 sichtbar.

---

<sup>1</sup> Tim Dobbert. *Matchmoving: The Invisible Art of Camera Tracking*. 2nd. Alameda, CA: SYBEX Inc., 2012. ISBN: 111835205X.

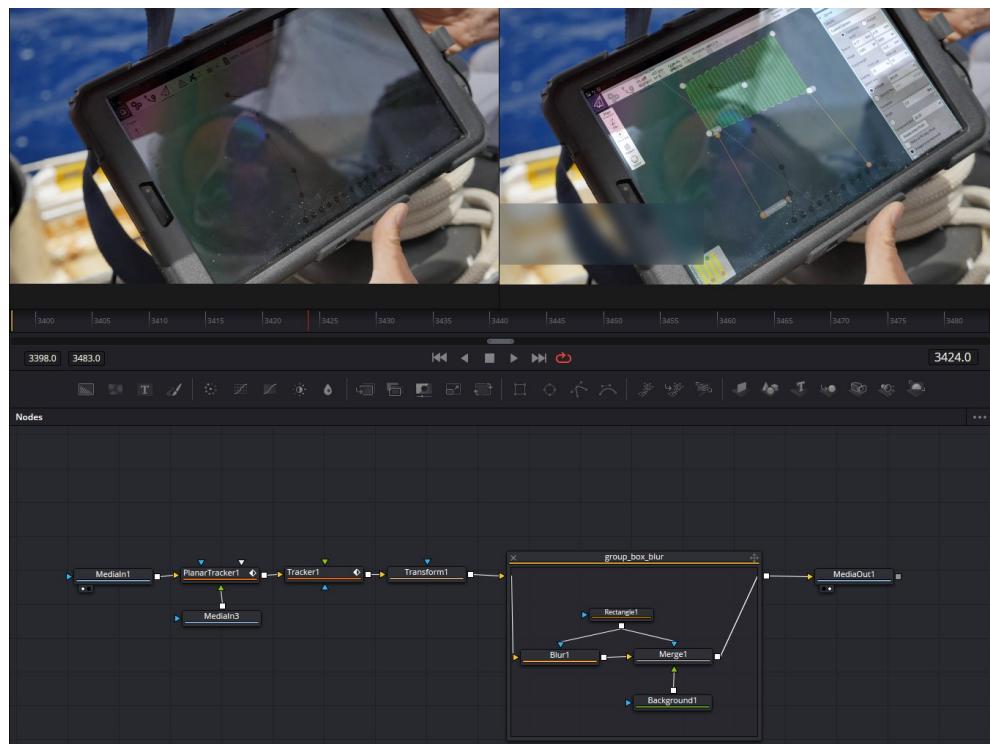


Abbildung 4.5: Matchmoving in der Tablet Aufnahme

Mit derselben Technik wurde ebenfalls in der Aufnahme, in der die Drohnenaufnahmen am Laptop analysiert werden, das Rettungsfloß von Unterabschnitt 3.1.4 eingefügt. Der Vorgang ist in Abbildung 4.6 zu sehen.

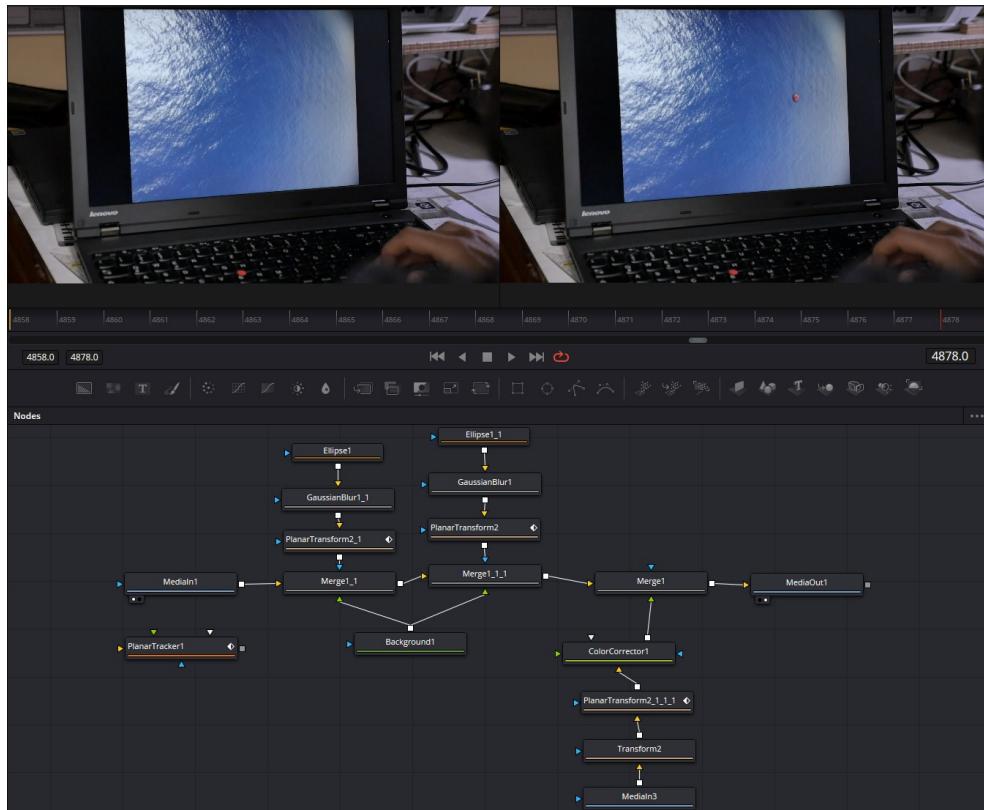


Abbildung 4.6: Workflow beim Einsetzen des Rettungsfloßes

#### 4.4 FARBKORREKTUR

Die gerenderten Bilder wurden weiterhin farblich an das Filmmaterial angepasst. Hierbei war sehr viel Spielraum vorhanden, da – wie in Abschnitt 3.4 beschrieben – die Bildsequenz im unkomprimierten Format openEXR aus Blender exportiert wurde. Dieses Format besitzt eine sehr hohe Farbtiefe, da pro Farbkanal eine 32-Bit-Gleitkommazahl gespeichert wird.<sup>2</sup>

Weiterhin wurde beachtet, dass ein kompletter linearer Workflow vorhanden ist. Dies bedeutet, dass Bildmaterial, das miteinander kombiniert wird, im linearen Farbraum bearbeitet wird, und erst nachdem sie fertig kombiniert sind, Farbkorrekturangewendet werden. Wird dies nicht beachtet, entstehen bspw. Stellen, an denen das Bild ausbrennt.<sup>3</sup>

Nachdem die unterschiedlichen Ebenen, wie Drohne und illustrierende Überlagerungen kombiniert wurden, wurde der Farbraum aus Blender wieder angewendet. Hierbei handelt es sich um den Farbraum Filmic. Dieser simuliert das Verhalten eines analogen Filmes, indem bspw. die Helligkeit nicht mehr linear,

<sup>2</sup> LLC LF Projects. *OpenEXR*. URL: <https://www.openexr.com/> (besucht am 29.02.2020).

<sup>3</sup> Autodesk Help. *Linear workflows and color management*. URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Maya-Rendering/files/GUID-A1329E53-4132-4229-AF14-607BE0371F95.htm.html> (besucht am 29.02.2020).

sondern logarithmisch steigt, oder helle Pixel entsättigt werden.<sup>4</sup>

Die Anpassungen der Farben ist zunächst durch den Weißpunkt geschehen. Hierdurch wurden die Helligkeit und die Farbtemperatur angepasst. Dabei wird ein Pixel des Bildes selektiert, der den hellsten Punkt des Bildes darstellt. Die Farben des Bildes werden anschließend automatisch so angepasst, dass dieser Punkt reines Weiß ist.

Die restlichen Farbanpassungen sind über die Color Wheels geschehen. Mithilfe dieser können die Farben in unterschiedlichen Helligkeitsbereichen angepasst werden.<sup>5</sup>



Abbildung 4.7: Workflow bei der Anpassung der Farben

#### 4.5 AUDIO

Die Entscheidung des Musiktitels fiel auf den Song Ocean von Thbd. Dieser Musiktitel wurde gewählt, da dieser sehr gut die Fluggeschwindigkeit der Drohne widerspiegelt. Zudem war der Rhythmus weder zu aufdringlich, noch fehlte

<sup>4</sup> Troy SOBOTKA. *Color Management*. URL: [https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/color\\_management.html](https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/color_management.html) (besucht am 29.02.2020).

<sup>5</sup> Daria FISSOUN. *Color Correction with DaVinci Resolve 15*. URL: <https://documents.blackmagicdesign.com/UserManuals/DaVinci-Resolve-15-Color-Correction.pdf?v=155557170000> (besucht am 29.02.2020).

die nötige Dynamik. Die Ernsthaftigkeit des Themas, aber auch die Zuversicht wurde durch diesen Musiktitel angemessen untermauert.

Der Titel hat in der Originalfassung eine Länge von 3:46 und der Film von 2:04. Daher wurde der Titel in der Länge angepasst, indem bei etwa 0:56 das Lied geteilt wurde und ein Teil aus der Mitte entfernt wurde. Diese Stelle wurde gewählt, da hier ein starker Wechsel der Bildsprache von der Seitenansicht, zur Draufsicht des Flugpfades stattgefunden hat. Außerdem waren somit das Intro, als auch das Outro des Musiktitels an der passenden Stelle.

Ergänzend zu der Musik wurden Soundeffekte für den Flug hinzugefügt. Hierbei wurde die Audiospur einer Videoaufnahme der Drohne als Motorsound verwendet. Dieser war vergleichsweise kurz und musste daher mehrmals nacheinander wiedergegeben werden, wie in Abbildung 4.8 dargestellt ist. Um den Effekt des ständig wiederholenden Audioeffektes zu umgehen, wurden einige Kopien der Audiospur rückwärts abgespielt. Dass der Motorsound und die Musik dieselbe Tonhöhe haben, war ein glücklicher Zufall.

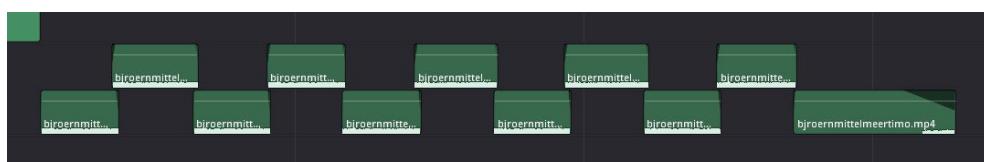


Abbildung 4.8: Wiederholung des Motorsounds der Drohne

Abschließend wurden Windgeräusche unter den Flug der Drohne gelegt, damit das Geschwindigkeitsgefühl noch stärker vermittelt wird.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> mindfulness & body fulfillment. *WIND SOUNDS: "Howling Wind"for Focus, Sleeping, Studying Hours Of Nature Sounds - 2019*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=xETv-pDfxaY> (besucht am 29.02.2020).

# 5

## FAZIT

---

Ziel dieser Arbeit war die Funktionsweise und die für den Einsatz der Drohne benötigten Schritte darzustellen. Der gesamte Umfang der Informationen wurde im Film innerhalb von zwei Minuten einfach und verständlich dargestellt. Hierbei konnten die Szenen mit digital erstelltem Bildmaterial, Vorgänge und Zusammenhänge besser darstellen, als mit einem Realfilm. Vorteil eines animierten Filmes ist, es anhand von Illustrationen tiefere Einblicke in die Funktionsweise von Objekten zu geben. Beispielsweise wurde der Sichtkegel der Drohne im Film visuell verdeutlicht. Zudem konnte der Charakter des Flugpfades verdeutlicht werden.

Computeranimationen bergen zudem auch einige Nachteile, wie z.B. die Integration der digitalen Szenen in den restlichen Realfilm. Nicht zu unterschätzen ist auch der zeitliche Aufwand, der für die Erstellung einer animierten Szene notwendig ist. Zwar ist das wort Computer Generated Imagery, oder kurz CGI im Sprachgebrauch in Verwendung. Jedoch wird hier suggeriert, dass der Computer die Bilder mit wenig Aufwand selber generiert. Die vergleichsweise kurzen Szenen wurden so mit einem Zeitaufwand von etwa drei Monaten erstellt und sind damit zeitaufwändiger als das Abfilmen von realen Objekten.

Der im Zuge dieser Masterarbeit entstandene Film ergänzt das Portfolio des SearchWing Teams der Hochschule Augsburg im Bereich der Außendarstellung. Der entstandene Film unterstützt dabei das Team bei der Akquise von neuen Kunden und begeisterten Teammitgliedern.

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

Abbildung 2.1	Einzelbilder des Storyboards . . . . .	4
Abbildung 3.1	einzelne Textur auf einer Fläche angewendet . . . . .	5
Abbildung 3.2	eine Textur wiederholt . . . . .	6
Abbildung 3.3	unterschiedliche Texturen gekachelt . . . . .	6
Abbildung 3.4	Unterschiedliche Intensitäten der Texturen . . . . .	7
Abbildung 3.5	Kielwasser des Segelbootes als Normalen Textur . . . . .	7
Abbildung 3.6	Farbvariationen des Meeres . . . . .	8
Abbildung 3.7	Gradiententextur für Dunstsimulation . . . . .	8
Abbildung 3.8	Übersicht über den Aufbau des Materials . . . . .	9
Abbildung 3.9	Unterschiedliche Schritte des Himmels . . . . .	10
Abbildung 3.10	Segelboot mit Materialien . . . . .	11
Abbildung 3.11	Modell des Rettungsfloßes . . . . .	12
Abbildung 3.12	Fotoscan in Meshroom, Drohne von oben . . . . .	13
Abbildung 3.13	Fotoscan in Meshroom, Drohne von unten . . . . .	13
Abbildung 3.14	Unterschiedliche Schritte der Modellierung . . . . .	14
Abbildung 3.15	Nahaufnahme der fertigen Drohne . . . . .	15
Abbildung 3.16	Objekte für den Text im Intro . . . . .	15
Abbildung 3.17	Darstellung des Rigs am Beispiel der Tragfläche . . . . .	16
Abbildung 3.18	Maximale Ausschläge der Leitwerke . . . . .	17
Abbildung 3.19	Übersicht über die visuelle Programmierung in Animation Nodes . . . . .	18
Abbildung 3.20	Drohne mit Flugpfad und drei Rotationsabfragen . . . . .	19
Abbildung 3.21	Wasserpartikel in der Umgebung der Drohne . . . . .	19
Abbildung 3.22	Unterschied zwischen Augsangsbild und rauschgefiltertem Bild . . . . .	21
Abbildung 3.23	Artefakte an der Drohne . . . . .	22
Abbildung 3.24	Verschiebung der Szene . . . . .	22
Abbildung 4.1	Screenshot DaVinci Resolve . . . . .	23
Abbildung 4.2	Schräge Ansicht der Masken für die Bauchbinden . . . . .	24
Abbildung 4.3	Programmierte Vorlagen für die Bauchbinden . . . . .	25
Abbildung 4.4	Einfügen der Bauchbinden . . . . .	26
Abbildung 4.5	Matchmoving in der Tablet Aufnahme . . . . .	27
Abbildung 4.6	Workflow beim Einsetzen des Rettungsfloßes . . . . .	28
Abbildung 4.7	Workflow bei der Anpassung der Farben . . . . .	29
Abbildung 4.8	Wiederholung des Motorsounds der Drohne . . . . .	30

## QUELLVERZEICHNIS

---

- [1] Aleksandr BERDNIKOV. *Kelvin Wake*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Wake#/media/File:Kelvin\\_Wake\\_Fr=2.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Wake#/media/File:Kelvin_Wake_Fr=2.png) (besucht am 29. 02. 2020).
- [2] Filippo CITATI. *Sailboat III*. URL: <https://grabcad.com/library/sailboat-iii-1> (besucht am 29. 02. 2020).
- [3] Tim Dobbert. *Matchmoving: The Invisible Art of Camera Tracking*. 2nd. Alameda, CA: SYBEX Inc., 2012. ISBN: 111835205X.
- [4] Concept Art Empire. *What is rigging?* URL: <https://conceptartempire.com/what-is-rigging/> (besucht am 29. 02. 2020).
- [5] Daria FISSOUN. *Color Correction with DaVinci Resolve 15*. URL: <https://documents.blackmagicdesign.com/UserManuals/DaVinci-Resolve-15-Color-Correction.pdf?v=155557170000> (besucht am 29. 02. 2020).
- [6] Jason van Gumster. *Blender For Dummies*. 3rd. For Dummies, 2015. ISBN: 1119039533, 9781119039532.
- [7] Autodesk Help. *Linear workflows and color management*. URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Maya-Rendering/files/GUID-A1329E53-4132-4229-AF14-607BE0371F95.htm.html> (besucht am 29. 02. 2020).
- [8] KrisNT. *brushless motor 2212 920kv*. URL: <https://grabcad.com/library/brushless-motor-2212-920kv-1> (besucht am 29. 02. 2020).
- [9] LLC LF Projects. *OpenEXR*. URL: <https://www.openexr.com/> (besucht am 29. 02. 2020).
- [10] Sergej MAJDBORODA. *Sunflowers HDRI Textur*. URL: <https://hdrihaven.com/hdri/?c=skies&h=sunflowers> (besucht am 29. 02. 2020).
- [11] Andrew PRICE. *Hdr Sky Cloudy 004*. URL: <https://www.poliigon.com/texture/hdr-sky-cloudy-004> (besucht am 29. 02. 2020).
- [12] Stephanie SCHWECKE. *Rocker Switch - Arcolectric H8550VB*. URL: <https://grabcad.com/library/rocker-switch-arcolectric-h8550vb> (besucht am 29. 02. 2020).
- [13] Cagatay SERTOĞLU. *propeller*. URL: <https://grabcad.com/library/propeller-403> (besucht am 29. 02. 2020).
- [14] Hasanain SHUJA. *Hobby Servo Motors for RC cars, planes, etc...* URL: <https://grabcad.com/library/hobby-servo-motors-for-rc-cars-planes-etc-1> (besucht am 29. 02. 2020).
- [15] Troy SOBOTKA. *Color Management*. URL: [https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/color\\_management.html](https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/color_management.html) (besucht am 29. 02. 2020).

- [16] Lukas STOCKNER. *Introduction to Cycles Internals*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3Lxc1-OvisQ> (besucht am 29.02.2020).
- [17] David Salomon. *Curves and Surfaces for Computer Graphics*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. ISBN: 0387241965.
- [18] Brecht VAN LOMMEL. *Blender Manual*. URL: [https://docs.blender.org/manual/en/2.79/render/blender\\_render/world/mist.html](https://docs.blender.org/manual/en/2.79/render/blender_render/world/mist.html) (besucht am 29.02.2020).
- [19] Brecht VAN LOMMEL. *Introduction to Weight Painting*. URL: [https://docs.blender.org/manual/en/latest/sculpt\\_paint/weight\\_paint/introduction.html](https://docs.blender.org/manual/en/latest/sculpt_paint/weight_paint/introduction.html) (besucht am 29.02.2020).
- [20] Xoio. *3d scanned people*. URL: <https://xoio-air.de/2017/3d-scanned-people-improved-version/> (besucht am 29.02.2020).
- [21] boats.com. *2010 elan impression*. URL: <https://de.boats.com/segelboote/2010-elan-impression-434-5942438/> (besucht am 29.02.2020).
- [22] mindfulness & body fulfillment. *WIND SOUNDS: "Howling Wind"for Focus, Sleeping, Studying Hours Of Nature Sounds - 2019*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=xeTv-pDfxaY> (besucht am 29.02.2020).