



**Hochschule  
Augsburg** University of  
Applied Sciences

Studiengang Interaktive Mediensysteme

## **SearchWing**

Ein Infofilm zu einer autonomen Drohne

Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Arts (M.A.)

vorgelegt von

Peter Baintner

Matrikelnummer 2053464

Gutachter      Prof. Robert Rose  
                    Prof. Michael Kipp

Peter Baintner: *SearchWing*, Ein Infofilm zu einer autonomen Drohne, © 13. Mai 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, 13. Mai 2020

---

Peter Baintner

## INHALTSVERZEICHNIS

---

1	EINLEITUNG	1
2	KONZEPTION	2
2.1	Zielgruppe . . . . .	2
2.2	Struktur . . . . .	2
2.3	Storyboard . . . . .	3
3	PRODUKTION	6
3.1	Umgebung . . . . .	6
3.1.1	Meer . . . . .	6
3.1.2	Himmel . . . . .	10
3.1.3	Segelboot . . . . .	12
3.1.4	Rettungsfloß . . . . .	13
3.2	Drohne . . . . .	13
3.2.1	Modellierung . . . . .	13
3.2.2	Shading . . . . .	15
3.2.3	Rigging . . . . .	17
3.3	Animation . . . . .	18
3.4	Rendering . . . . .	21
4	POSTPRODUKTION	24
4.1	Schnitt . . . . .	24
4.2	Bauchbinden . . . . .	25
4.3	Matchmoving . . . . .	27
4.4	Farbkorrektur . . . . .	29
4.5	Audio . . . . .	30
5	FAZIT	32
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	33
	QUELLVERZEICHNIS	34

# 1

## 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 Kamerasets 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. Diese Drohne soll hauptsächlich die Suche nach Flüchtlingen erleichtern, welche auf ihrem Weg über das Mittelmeer in Seenot geraten. Ohne dem Einsatz einer Drohne ist die Besatzung eines Seenotrettungsschiffes auf die Beobachtung mit einem Fernglas angewiesen. Damit ist der Suchradius auf etwa 5km eingeschränkt. Das SearchWing Team besteht aus etwa 12 Personen aus dem Raum Augsburg.<sup>1</sup>

Die Anfängliche Zielsetzung des Filmes war, die Funktionsweise und die für den Einsatz nötigen Schritte für interessierte Personen zu beschreiben. Die Erstellung des Filmes ist in der folgenden Arbeit in drei Teile untergliedert – Konzeption, Produktion und Postproduktion.

---

<sup>1</sup> SearchWing Team. *Searchwing Augsburg*. URL: <https://www.hs-augsburg.de/en/Electrical-Engineering/SearchWing.html> (besucht am 16.04.2020).

# 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. Solche Kunden sind beispielsweise Sea-Watch, Sea-Eye und Resqship. Diese Organisationen haben sich zur Aufgabe gemacht Flüchtlinge, die über das Mittelmeer nach Europa kommen und in Seenot geraten, zu retten. Da diese Rettungsorganisationen nicht die Mittel für Hubschrauberflüge haben, sondern nur mit einem Schiff unterwegs sind, ist der Suchradius stark eingeschränkt. Daher ist das Ziel der Drohne diesen Suchradius zu erweitern.

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

Bei der Flugplanerstellung wird der Bereich mithilfe eines Tablets definiert, in dem die Drohne nach Schiffbrüchigen suchen soll. Bei der Montage wird gezeigt, wie die Tragflächen an den Rumpf angebracht werden, da mit demonstrierten Teilen das Gerät leichter zu transportieren ist. Anschließend wird der Start aus der Hand gezeigt. Im Flug wird dargestellt, wie die Aufnahme der Bilder funktioniert. Danach wird eine Landung der Drohne im Wasser dargestellt. Der letzte Vorgang, der behandelt wird, ist das Betrachten und Auswerten der erstellten Bilder am Laptop.

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 diese Sequenz bereits geschnittenes Material von einem Rundfunkbeitrag war, standen nur relativ kurze Ausschnitte 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 und keine vollständigen Sätze von einem Sprecher vorgetragen werden. Später wurde festgelegt, dass am Ende des Filmes, im Kapitel “Auswertung”, ein Rettungsfloß eingefügt werden soll, damit der Rezipient eine Erfolgreiche Story vermittelt bekommt.

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 zu sehen ist. Folglich 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 und ein vergleichsweise kleiner Rettender gewählt, um sowohl die Problematik als auch den Erfolg mithilfe der Drohne zu verstärken. Diese Bilder wurden in den ersten Zusammenschnitt des Filmmaterials eingefügt. Damit wurde ein erster Eindruck er-

schaffen, ob der Film schlüssig ist und alle nötigen Informationen transportiert werden. Später wurde die Reihenfolge der Informationen und der dazugehörigen Einstellungen geändert, um eine schlüssigere Reihenfolge zu realisieren.

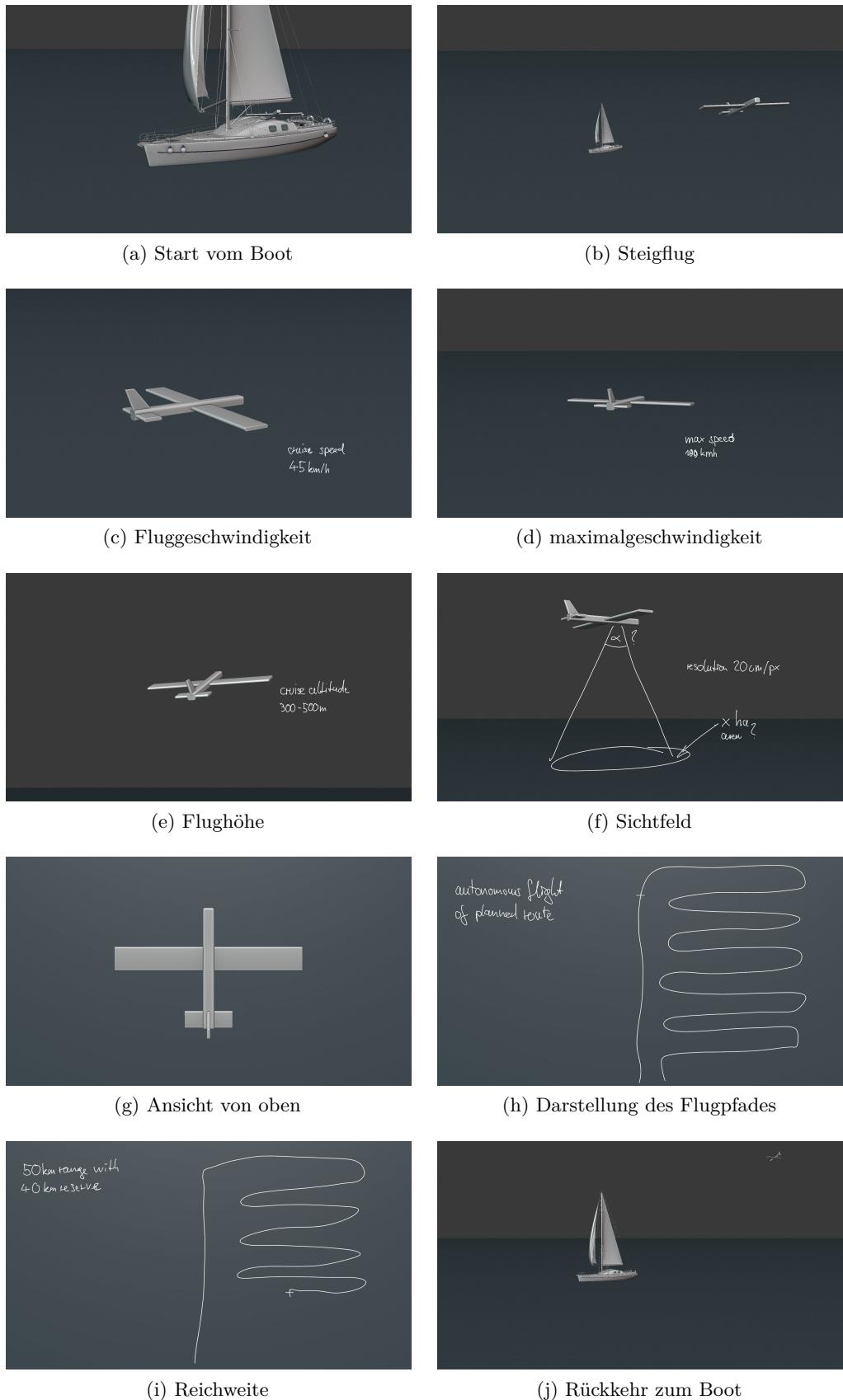


Abbildung 2.1: Einzelbilder des Storyboards

# 3

## PRODUKTION

---

Nach der Konzeption 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 betrachtet. Die gesamte Produktion ist in der 3D-Grafiksuite Blender 2.83 entstanden.

### 3.1 UMGEBUNG

Zunächst wird auf die Erstellung der Umgebung eingegangen. Dabei 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.

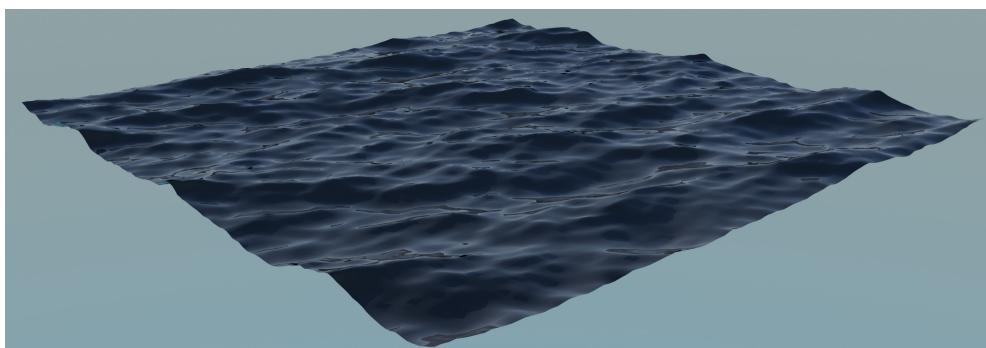


Abbildung 3.1: Einzelne Textur auf einer Fläche angewendet

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

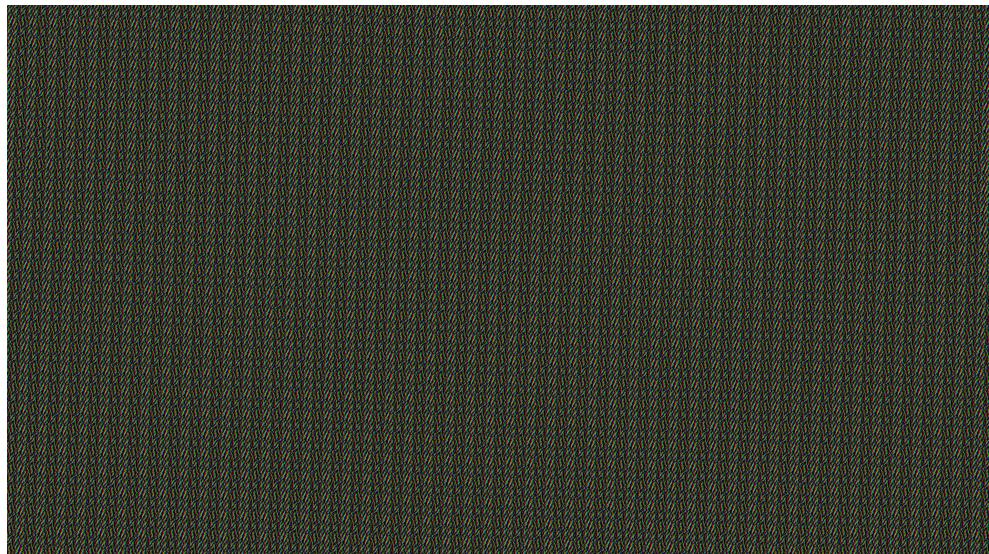


Abbildung 3.2: Eine Textur wiederholt

Aus diesem Grund wurden vier unterschiedliche Texturen generiert, die 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.

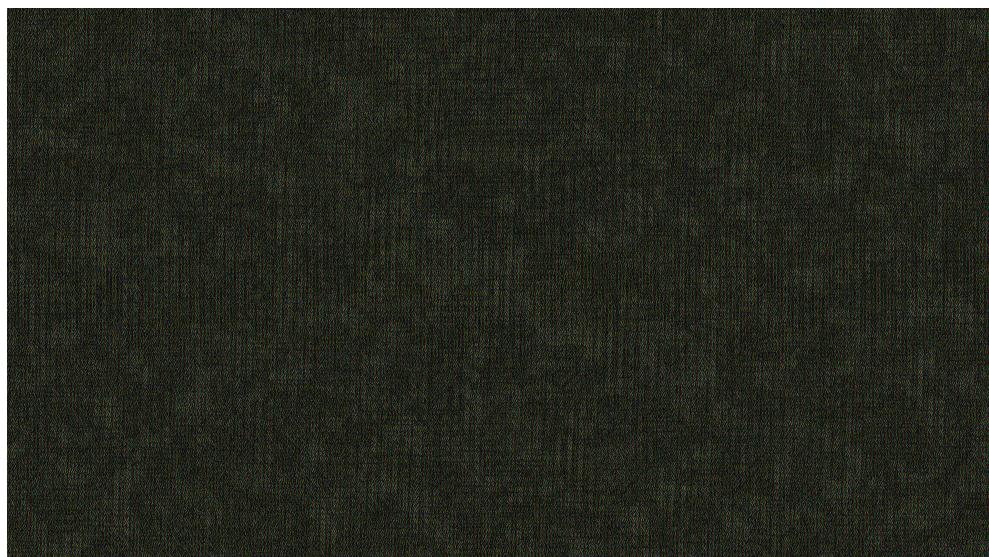


Abbildung 3.3: Unterschiedliche Texturen gekachelt

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 lässt sich in Abbildung 3.4 zu betrachten.

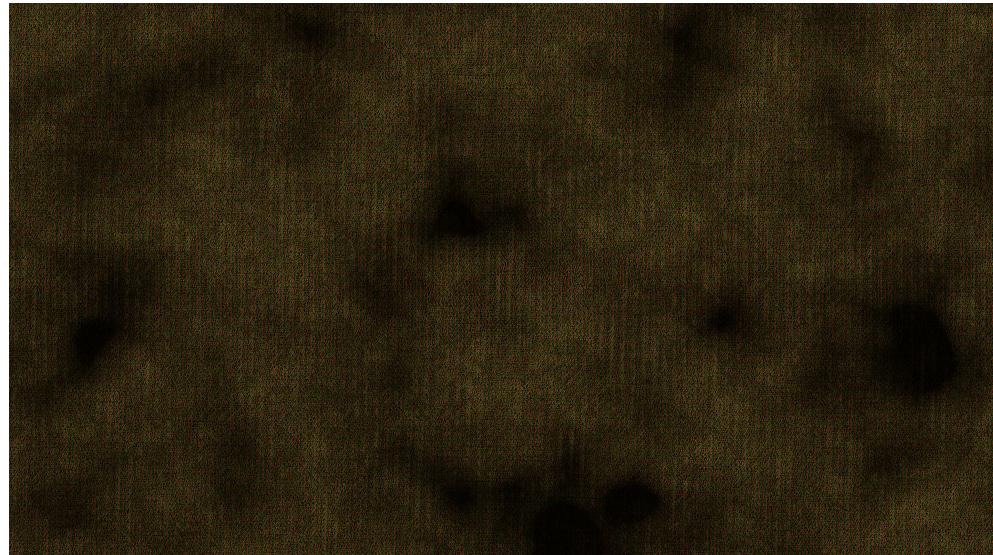


Abbildung 3.4: Unterschiedliche Intensitäten der Texturen

Im nächsten Arbeitsschritt wurde den Wellen noch eine Textur überlagert. Die in Abbildung 3.5 abgebildete Textur<sup>2</sup> stellt das Kielwasser des Segelbootes dar. Die Position dieser Textur ist daher auch an die Position des Segelbootes gekoppelt.

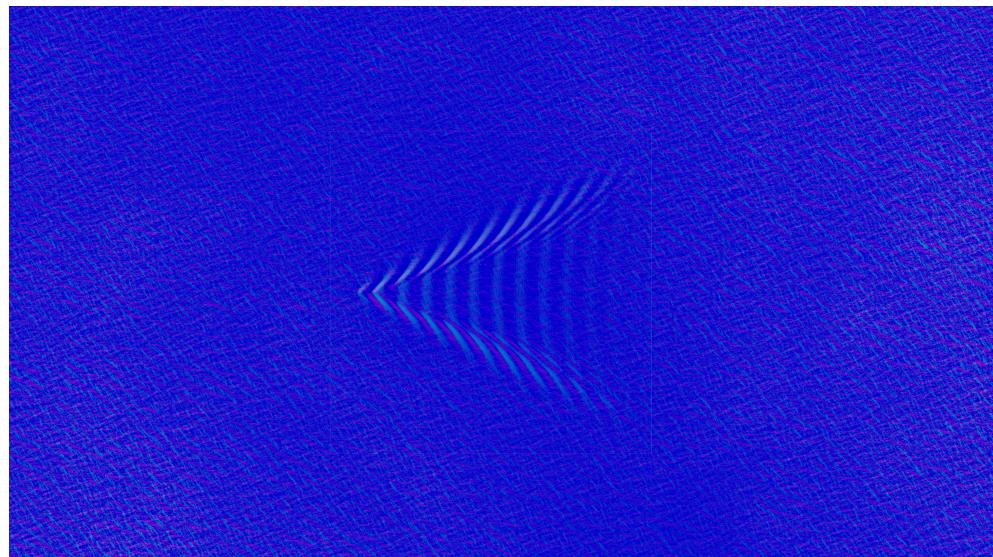


Abbildung 3.5: Kielwasser des Segelbootes als Normalen Textur

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

---

<sup>2</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 24.02.2020).



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>3</sup>.

Da hier das Meer als einziges Objekt von der Kamera weit genug entfernt ist, 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. Der größere Kreis ist hier Objekt, das das Meer darstellt.

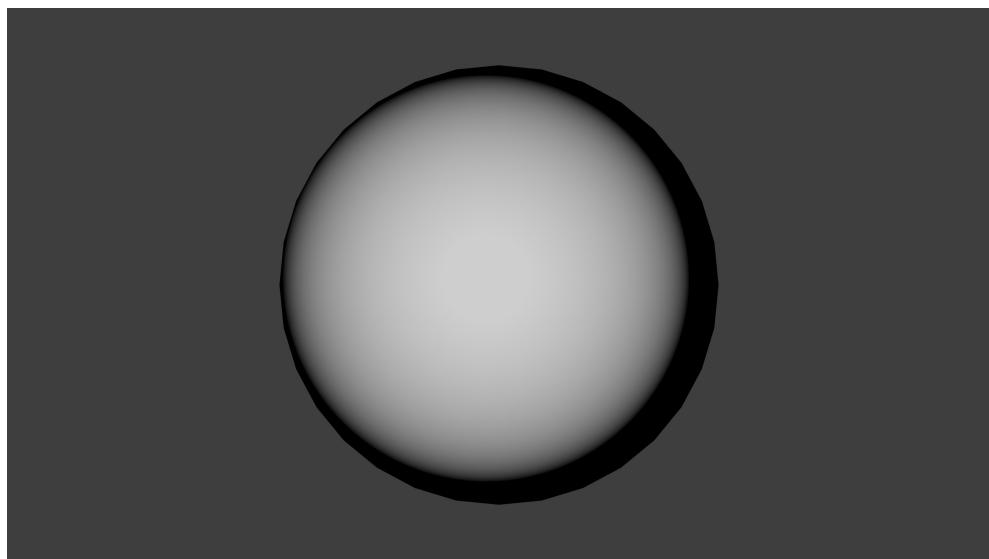


Abbildung 3.7: Gradiententextur für Dunstsimulation

---

<sup>3</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 02.04.2020).

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

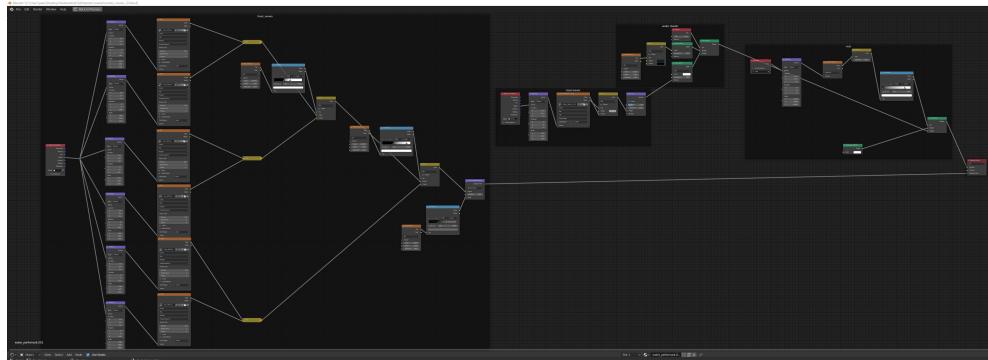


Abbildung 3.8: Übersicht über den Aufbau des Materials

### 3.1.2 Himmel

Der Hintergrund, bzw. der Himmel ist das zweite wichtige Element der Umgebung. Der Himmel nimmt einen wesentlichen Teil des Bildes ein. Außerdem wird die Optik des Meeres beeinflusst, indem sich der Himmel darin spiegelt. Der wichtigste Faktor ist jedoch, dass 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 einbinden lassen. Die Entscheidung fiel hierbei auf die Textur<sup>4</sup> links in Abbildung 3.9. Diese Textur hat eine sehr hohe Qualität und passt außerdem hervorragend zum Filmmaterial. Der Nachteil dieser Vorlage ist, dass einige Bäume über dem Horizont noch sichtbar sind. Deswegen wurde im Bereich des Horizontes eine andere Textur<sup>5</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>4</sup> Sergej MAJDBORODA. *Sunflowers HDRI Textur*. URL: <https://hdrihaven.com/hdri/?c=skies&h=sunflowers> (besucht am 10.02.2020).

<sup>5</sup> Andrew PRICE. *Hdr Sky Cloudy 004*. URL: <https://www.poliigon.com/texture/hdr-sky-cloudy-004> (besucht am 08.04.2020).



Abbildung 3.9: Unterschiedliche Schritte des Himmels

### 3.1.3 Segelboot



Abbildung 3.10: Segelboot mit Materialien

Das heruntergeladene CAD-Modell<sup>6</sup> des Segelbootes wurde in Blender importiert und mit passenden Materialien versehen. Auf das Segel wurde ein Bild<sup>7</sup> eines Segelbootes projiziert, damit die Struktur und die Nähte des Segeltuches sichtbar sind. Anschließend wurden zwei Modelle von Menschen<sup>8</sup> hinzugefügt. Das Ergebnis des Bootes ist in Abbildung 3.10 abgebildet.

<sup>6</sup> Filippo CITATI. *Sailboat III*. URL: <https://grabcad.com/library/sailboat-iii-1> (besucht am 05.01.2020).

<sup>7</sup> boats.com. *2010 elan impression*. URL: <https://de.boats.com/segelboote/2010-elan-impression-434-5942438/> (besucht am 14.03.2020).

<sup>8</sup> Xoio. *3d scanned people*. URL: <https://xoio-air.de/2017/3d-scanned-people-improved-version/> (besucht am 02.04.2020).

### 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.

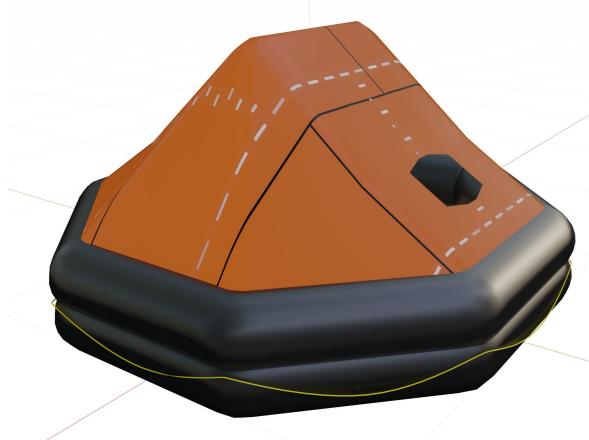


Abbildung 3.11: Modell des Rettungsfloßes

## 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.

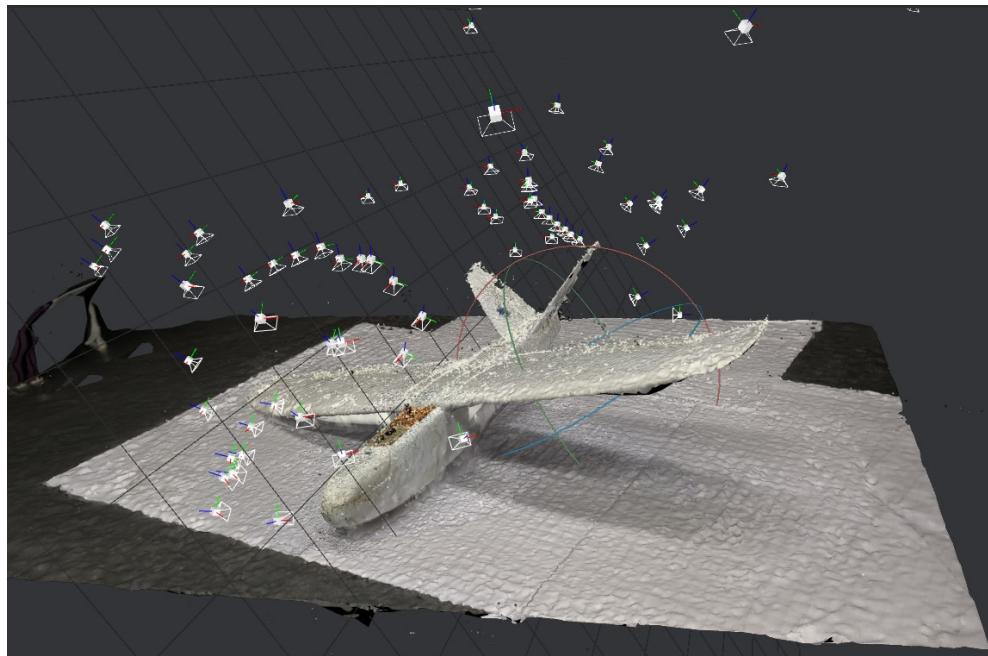


Abbildung 3.12: Fotoscan in Meshroom, Drohne von oben

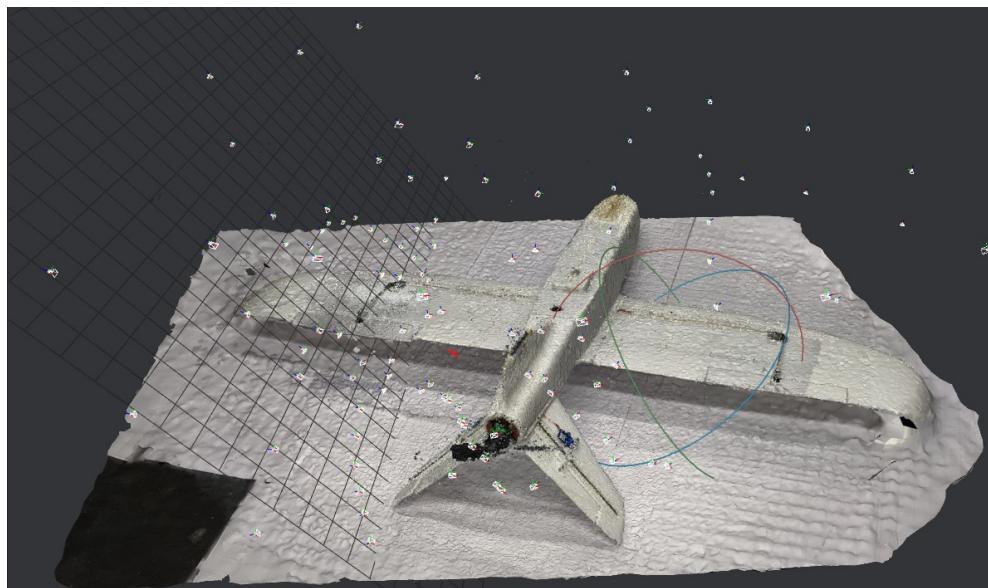


Abbildung 3.13: Fotoscan in Meshroom, Drohne von unten

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>9</sup>, Propeller<sup>10</sup>, Elektromotor<sup>11</sup> und Schalter<sup>12</sup> wurden ebenfalls als CAD-Daten importiert, und anschließend mit Materialien versehen.

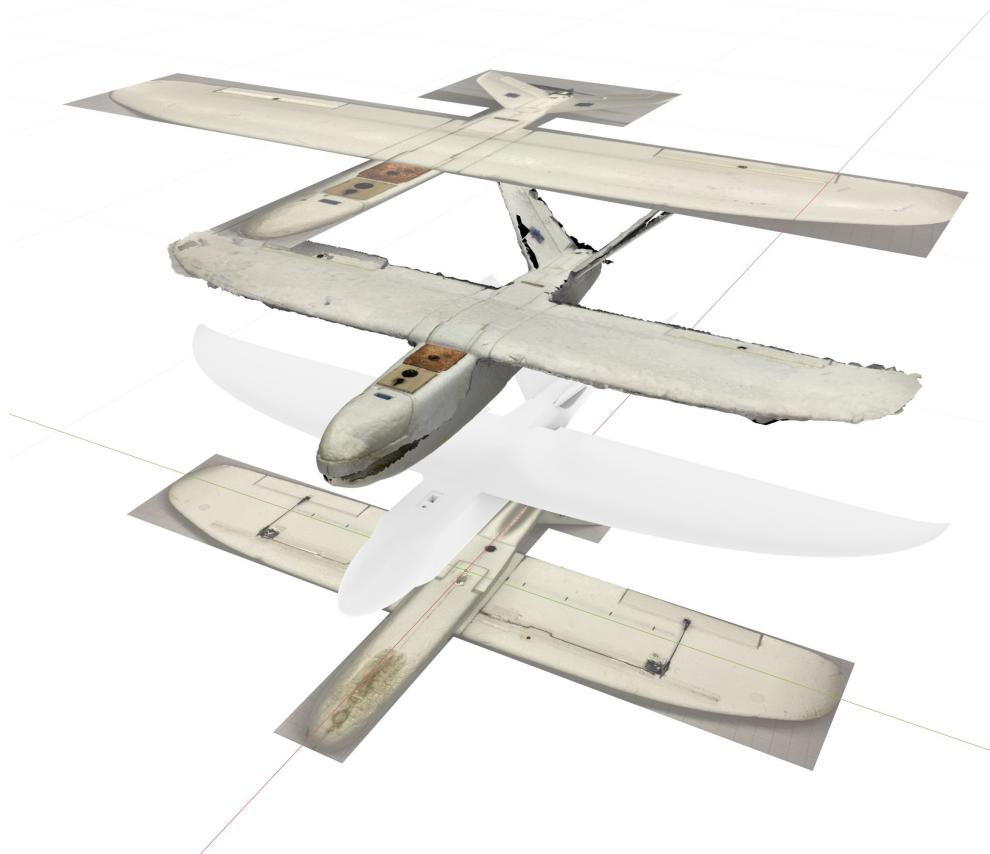


Abbildung 3.14: Unterschiedliche Schritte der Modellierung

### 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 die realitätsnahe Darstellung erreicht werden. Unter Volumenstreuung versteht

<sup>9</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 05.01.2020).

<sup>10</sup> Cagatay SERTOĞLU. *propeller*. URL: <https://grabcad.com/library/propeller-403> (besucht am 05.01.2020).

<sup>11</sup> KrisNT. *brushless motor 2212 920kv*. URL: <https://grabcad.com/library/brushless-motor-2212-920kv-1> (besucht am 05.01.2020).

<sup>12</sup> Stephanie SCHWECKE. *Rocker Switch - Arcolectric H8550VB*. URL: <https://grabcad.com/library/rocker-switch-arcolectric-h8550vb> (besucht am 05.01.2020).

man, dass Lichtstrahlen nicht nur von der Oberfläche, sondern auch innerhalb des Objektes reflektiert werden<sup>13</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>13</sup> Jason VAN GUMSTER (2015). *Blender For Dummies*. 3rd. For Dummies. 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>14</sup>

Gerichtet 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>15</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 die Nase senkt. 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>14</sup> Concept Art Empire. *What is rigging?* URL: <https://conceptartempire.com/what-is-rigging/> (besucht am 01.04.2020).

<sup>15</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 26.02.2020).

mit einem Spline-Algorithmus deformieren kann. Daher musste hier kein aufwändiges Weight-Painting erstellt werden.<sup>16</sup>

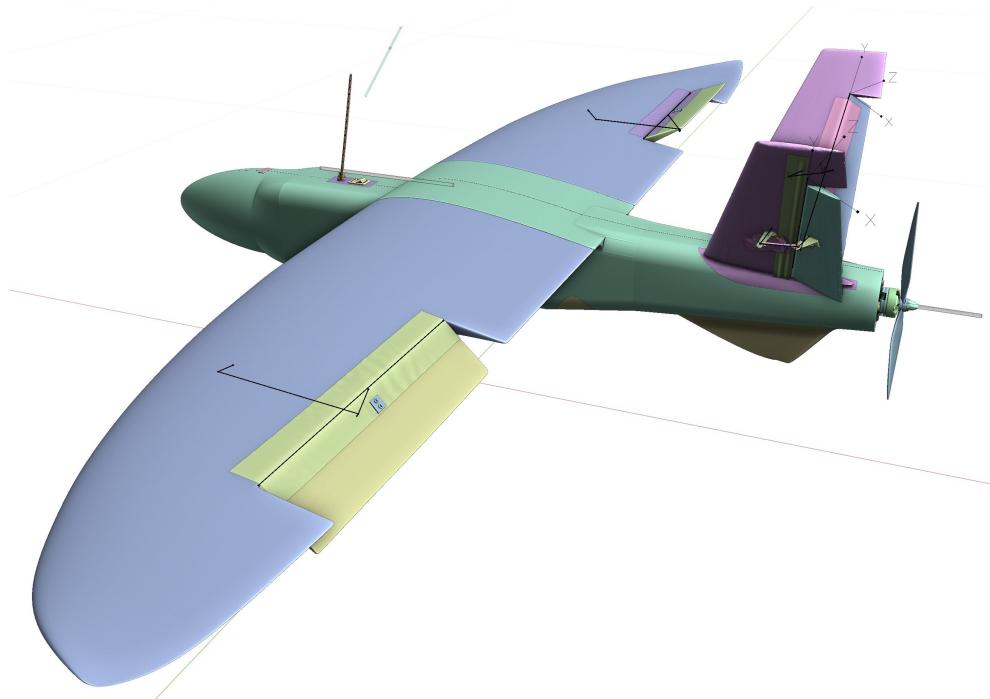


Abbildung 3.18: Maximale Ausschläge der Leitwerke

### 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>16</sup> Jason VAN GUMSTER (2015). *Blender For Dummies*. 3rd. For Dummies. ISBN: 1119039533, 9781119039532.

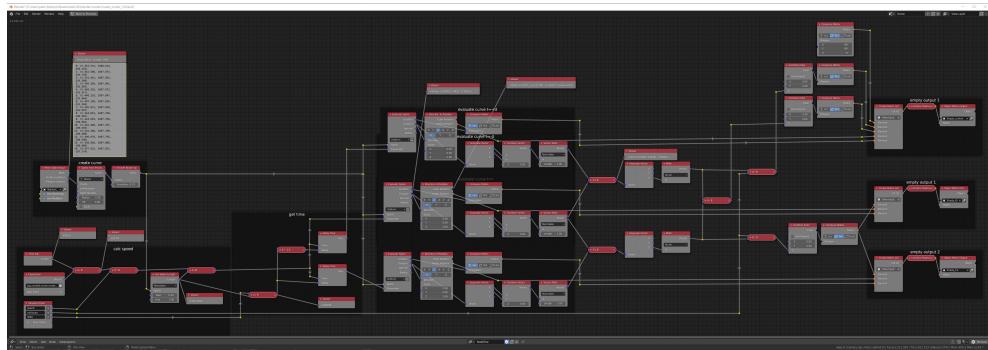


Abbildung 3.19: Übersicht über die visuelle Programmierung in Animation Nodes

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 (Non-Uniform Rational B-Spline) gewählt, da diese so eingestellt werden kann, dass sie in der ersten Ableitung stetig ist<sup>17</sup>.

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

Mit einem Child-Of-Constraint wurde der Kamera die Eigenschaft gegeben, dass die Position dieser von der Position des Flugzeuges abhängig ist<sup>18</sup>. Zusätzlich wurde der Kamera eine Bewegung über Keyframes gegeben, damit sie sich um die Drohne herum bewegen 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>17</sup> David SALOMON (2005). *Curves and Surfaces for Computer Graphics*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. ISBN: 0387241965.

<sup>18</sup> Jason VAN GUMSTER (2015). *Blender For Dummies*. 3rd. For Dummies. ISBN: 1119039533, 9781119039532.

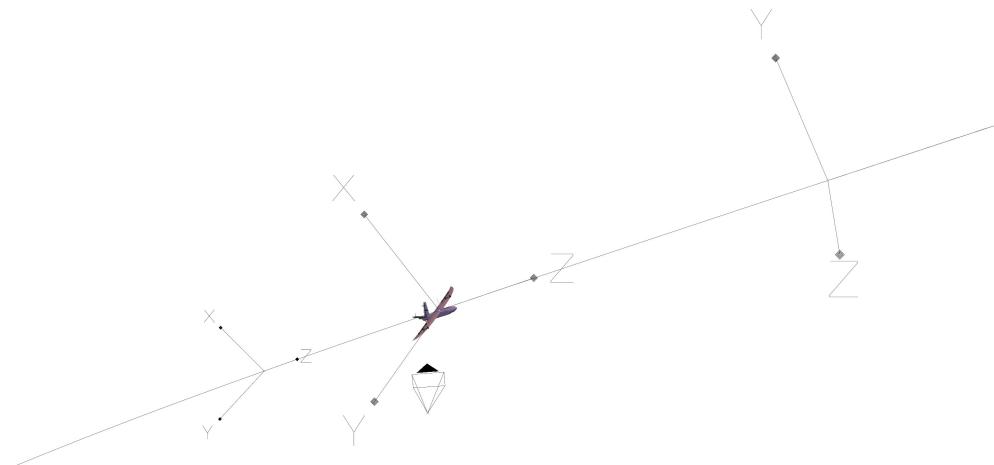


Abbildung 3.20: Drohne mit Flugpfad und drei Rotationsabfragen

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>19</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>19</sup> Lukas STOCKNER. *Introduction to Cycles Internals*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3Lxc1-0visQ> (besucht am 23.02.2020).

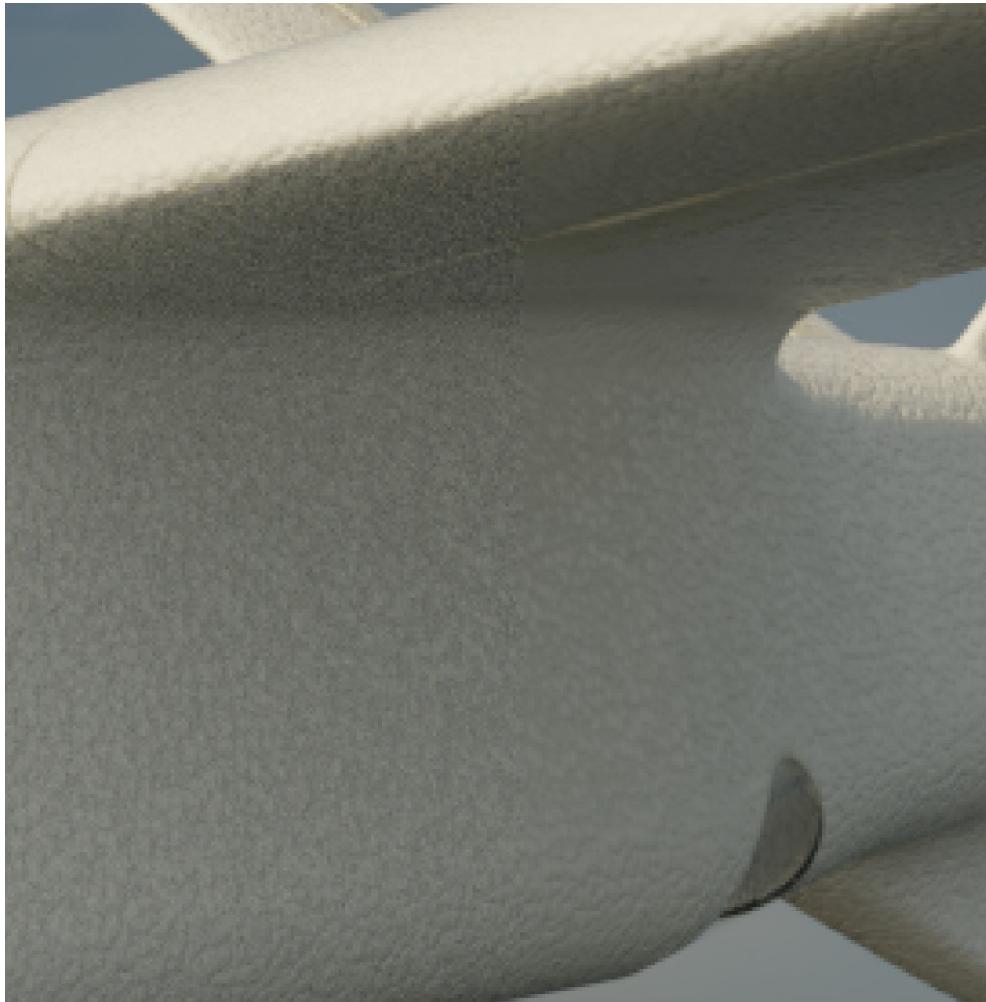


Abbildung 3.22: Unterschied zwischen Augsangsbild und rauschgefiltertem Bild

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 vorhanden sein.

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 Renderengine mit ihrer Gleitkommazahl an Genauigkeit an ihre Grenzen. Dies hatte Artefakte am Rumpf und an den Klebestreifen am Leitwerk 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.

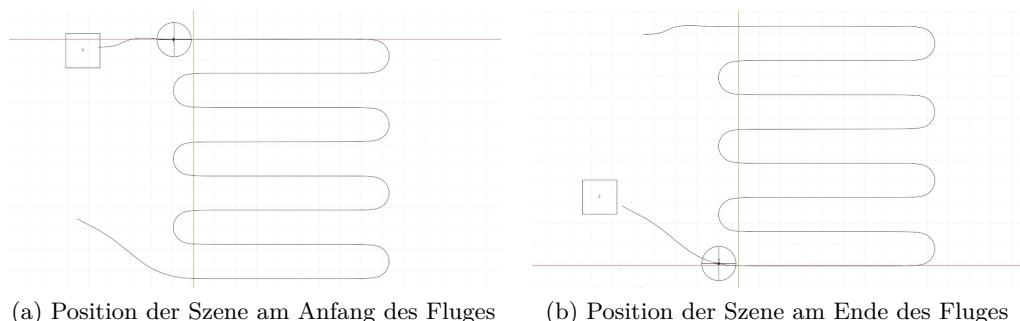


Abbildung 3.24: Verschiebung der Szene

# 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.

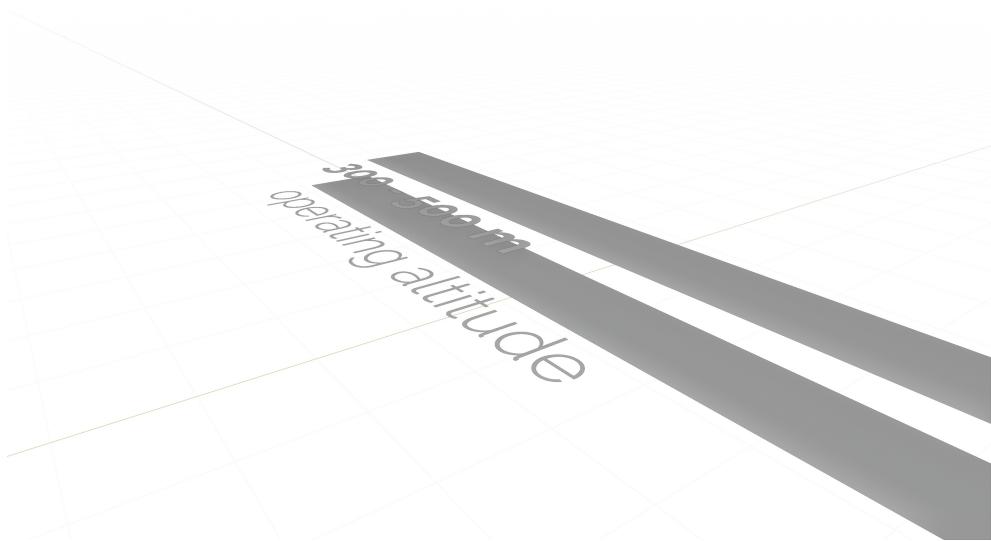


Abbildung 4.2: Schräge Ansicht der Masken für die Bauchbinden

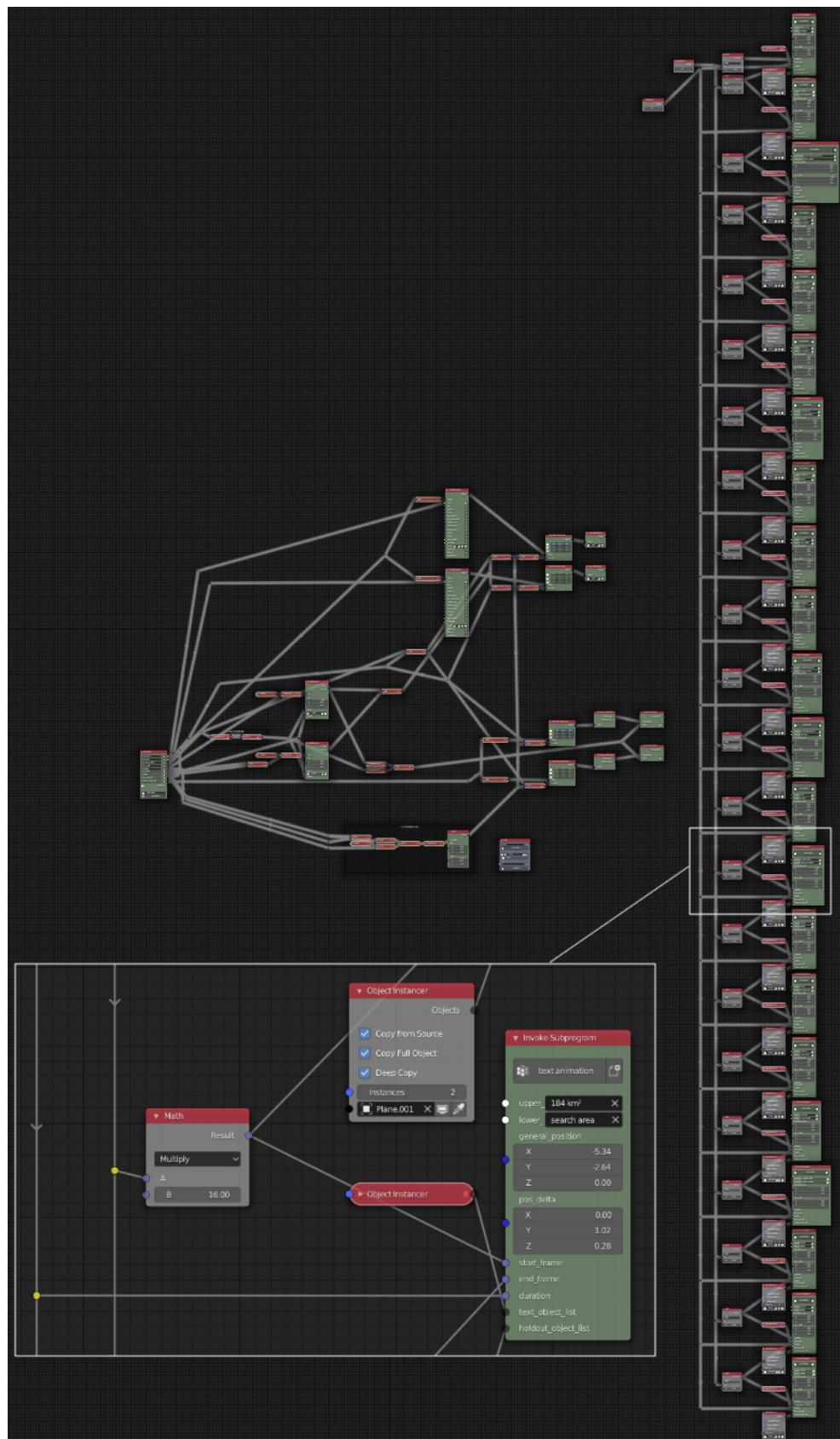


Abbildung 4.3: Programmierte Vorlagen für die Bauchbinden

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.

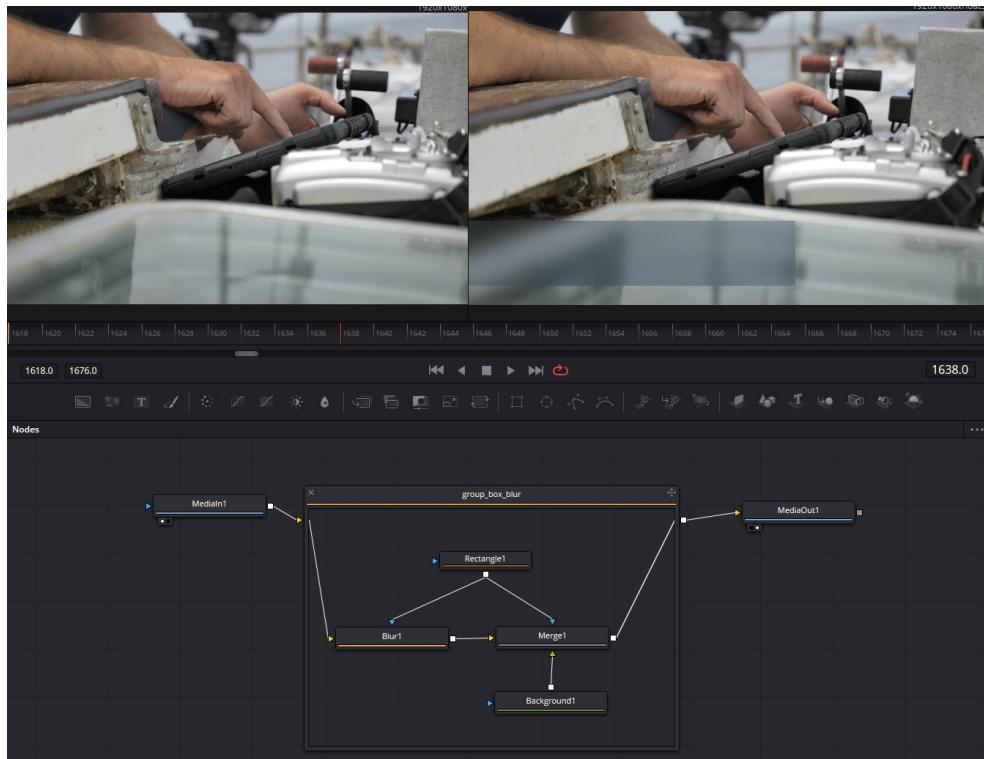


Abbildung 4.4: Einfügen der Bauchbinden

### 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>20</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 erkennbar 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>20</sup> Tim DOBBERT (2012). *Matchmoving: The Invisible Art of Camera Tracking*. 2nd. Alameda, CA: SYBEX Inc. ISBN: 111835205X.

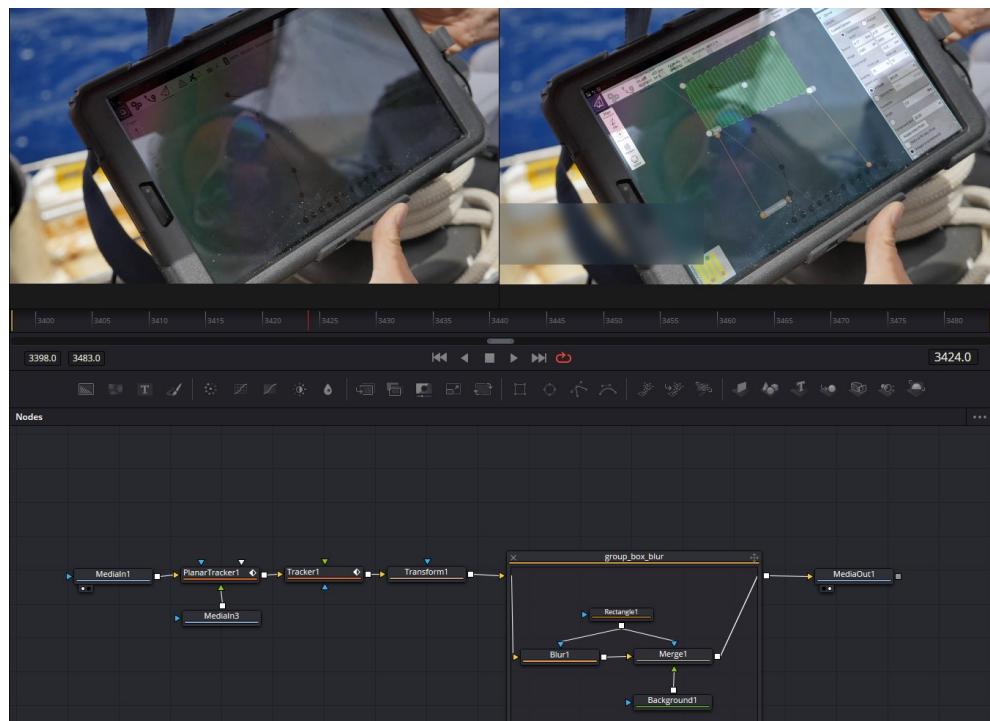


Abbildung 4.5: Matchmoving in der Tablet Aufnahme

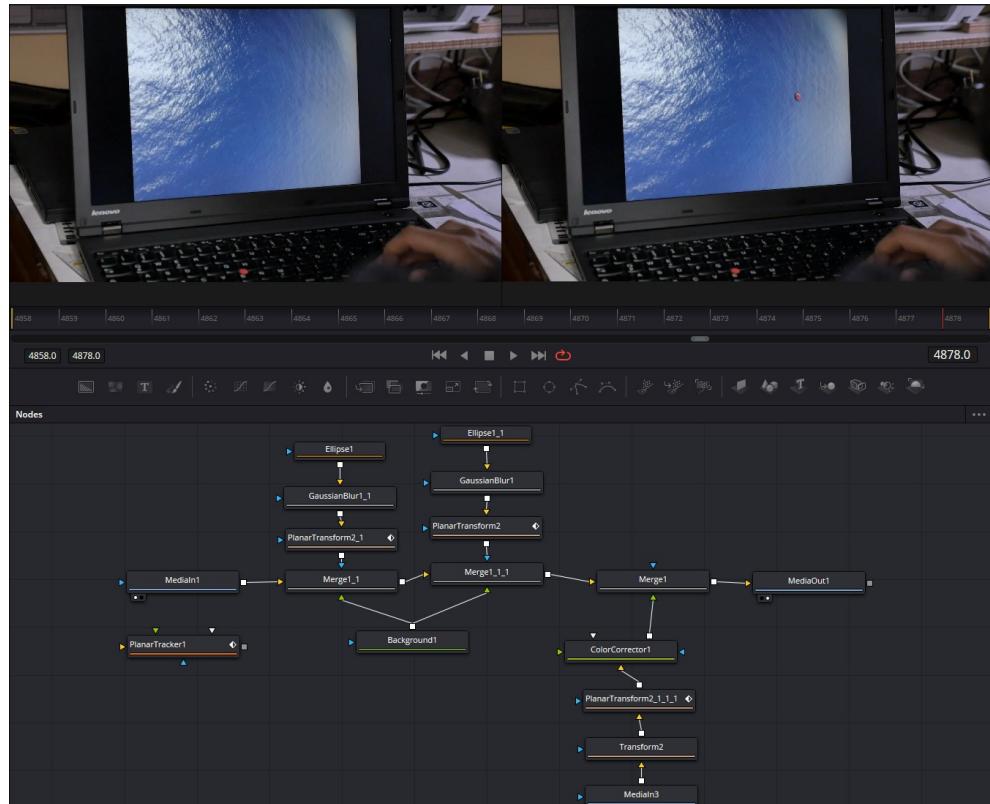


Abbildung 4.6: Workflow beim Einsetzen des Rettungsfloßes

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.

#### 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>21</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, Farbkorrekturen angewendet werden. Wird dies nicht beachtet, entstehen bspw. Stellen, an denen das Bild ausbrennt.<sup>22</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, sondern logarithmisch steigt, oder helle Pixel entsättigt werden.<sup>23</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>24</sup>

---

21 LLC LF Projects. *OpenEXR*. URL: <https://www.openexr.com/> (besucht am 02.02.2020).

22 Autodesk Knowledge Network. *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 20.02.2020).

23 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 01.02.2020).

24 Daria FISSOUN. *Color Correction with DaVinci Resolve 15*. URL: <https://documents.blackmagicdesign.com/UserManuals/DaVinci-Resolve-15-Color-Correction.pdf?v=1555571700000> (besucht am 25.03.2020).



Abbildung 4.7: Workflow bei der Anpassung der Farben

#### 4.5 AUDIO

Die Entscheidung des Musiktitels fiel auf den Song Ocean von Thbd<sup>25</sup>. Dieser Musiktitel wurde gewählt, da dieser sehr gut die Fluggeschwindigkeit der Drohne widerspiegelt. Zudem ist der Rhythmus weder zu aufdringlich, noch fehlte 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 ist 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

<sup>25</sup> Thbd. *Ocean*. URL: <https://soundcloud.com/thbdsultan/ocean> (besucht am 14.04.2020).

Kopien der Audiospur rückwärts abgespielt. Dass der Motorsound und die Musik dieselbe Tonhöhe haben, ist ein glücklicher Zufall.

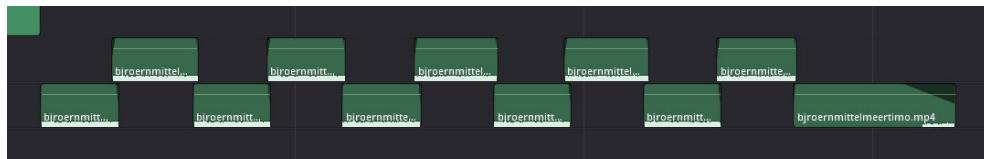


Abbildung 4.8: Wiederholung des Motorsounds der Drohne

Abschließend wurden Windgeräusche unter den Flug der Drohne gelegt, damit das Geschwindigkeitsgefühl noch stärker vermittelt wird.<sup>26</sup>

---

<sup>26</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 15.03.2020).

# 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, dass anhand von Illustrationen tiefere Einblicke in Funktionsweise von Objekten gewährt werden können. Beispielsweise wurde der Sichtkegel der Drohne im Film visuell verdeutlicht. Zudem konnte der Charakter des Flugpfades gezeigt 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 . . . . .	5
Abbildung 3.1	Einzelne Textur auf einer Fläche angewendet . . . . .	6
Abbildung 3.2	Eine Textur wiederholt . . . . .	7
Abbildung 3.3	Unterschiedliche Texturen gekachelt . . . . .	7
Abbildung 3.4	Unterschiedliche Intensitäten der Texturen . . . . .	8
Abbildung 3.5	Kielwasser des Segelbootes als Normalen Textur . . . . .	8
Abbildung 3.6	Farbvariationen des Meeres . . . . .	9
Abbildung 3.7	Gradiententextur für Dunstsimulation . . . . .	9
Abbildung 3.8	Übersicht über den Aufbau des Materials . . . . .	10
Abbildung 3.9	Unterschiedliche Schritte des Himmels . . . . .	11
Abbildung 3.10	Segelboot mit Materialien . . . . .	12
Abbildung 3.11	Modell des Rettungsfloßes . . . . .	13
Abbildung 3.12	Fotoscan in Meshroom, Drohne von oben . . . . .	14
Abbildung 3.13	Fotoscan in Meshroom, Drohne von unten . . . . .	14
Abbildung 3.14	Unterschiedliche Schritte der Modellierung . . . . .	15
Abbildung 3.15	Nahaufnahme der fertigen Drohne . . . . .	16
Abbildung 3.16	Objekte für den Text im Intro . . . . .	16
Abbildung 3.17	Darstellung des Rigs am Beispiel der Tragfläche . . . . .	17
Abbildung 3.18	Maximale Ausschläge der Leitwerke . . . . .	18
Abbildung 3.19	Übersicht über die visuelle Programmierung in Animation Nodes . . . . .	19
Abbildung 3.20	Drohne mit Flugpfad und drei Rotationsabfragen . . . . .	20
Abbildung 3.21	Wasserpartikel in der Umgebung der Drohne . . . . .	20
Abbildung 3.22	Unterschied zwischen Augsangsbild und rauschgefiltertem Bild . . . . .	22
Abbildung 3.23	Artefakte an der Drohne . . . . .	23
Abbildung 3.24	Verschiebung der Szene . . . . .	23
Abbildung 4.1	Screenshot DaVinci Resolve . . . . .	24
Abbildung 4.2	Schräge Ansicht der Masken für die Bauchbinden . . . . .	25
Abbildung 4.3	Programmierte Vorlagen für die Bauchbinden . . . . .	26
Abbildung 4.4	Einfügen der Bauchbinden . . . . .	27
Abbildung 4.5	Matchmoving in der Tablet Aufnahme . . . . .	28
Abbildung 4.6	Workflow beim Einsetzen des Rettungsfloßes . . . . .	28
Abbildung 4.7	Workflow bei der Anpassung der Farben . . . . .	30
Abbildung 4.8	Wiederholung des Motorsounds der Drohne . . . . .	31

## QUELLVERZEICHNIS

---

- SearchWing Team. *Searchwing Augsburg*. URL: <https://www.hs-augsburg.de/en/Electrical-Engineering/SearchWing.html> (besucht am 16.04.2020).
- BERDNIKOV, Aleksandr. *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 24.02.2020).
- VAN LOMMEL, Brecht. *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 02.04.2020).
- MAJDBORODA, Sergej. *Sunflowers HDRI Textur*. URL: <https://hdrihaven.com/hdri/?c=skies&h=sunflowers> (besucht am 10.02.2020).
- PRICE, Andrew. *Hdr Sky Cloudy 004*. URL: <https://www.poliigon.com/texture/hdr-sky-cloudy-004> (besucht am 08.04.2020).
- CITATI, Filippo. *Sailboat III*. URL: <https://grabcad.com/library/sailboat-iii-1> (besucht am 05.01.2020).
- boats.com. *2010 elan impression*. URL: <https://de.boats.com/segelboote/2010-elan-impression-434-5942438/> (besucht am 14.03.2020).
- Xoio. *3d scanned people*. URL: <https://xoio-air.de/2017/3d-scanned-people-improved-version/> (besucht am 02.04.2020).
- SHUJA, Hasanain. *Hobby Servo Motors for RC cars, planes, etc...* URL: <https://grabcad.com/library/hobby-servo-motors-for-rc-cars-planes-etc-1> (besucht am 05.01.2020).
- SERTOĞLU, Cagatay. *propeller*. URL: <https://grabcad.com/library/propeller-403> (besucht am 05.01.2020).
- KrisNT. *brushless motor 2212 920kv*. URL: <https://grabcad.com/library/brushless-motor-2212-920kv-1> (besucht am 05.01.2020).
- SCHWECKE, Stephanie. *Rocker Switch - Arcolectric H8550VB*. URL: <https://grabcad.com/library/rocker-switch-arcolectric-h8550vb> (besucht am 05.01.2020).
- VAN GUMSTER, Jason (2015). *Blender For Dummies*. 3rd. For Dummies. ISBN: 1119039533, 9781119039532.
- Empire, Concept Art. *What is rigging?* URL: <https://conceptartempire.com/what-is-rigging/> (besucht am 01.04.2020).
- VAN LOMMEL, Brecht. *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 26.02.2020).
- SALOMON, David (2005). *Curves and Surfaces for Computer Graphics*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. ISBN: 0387241965.

- STOCKNER, Lukas. *Introduction to Cycles Internals*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3Lxc1-0visQ> (besucht am 23.02.2020).
- DOBBERT, Tim (2012). *Matchmoving: The Invisible Art of Camera Tracking*. 2nd. Alameda, CA: SYBEX Inc. ISBN: 111835205X.
- LF Projects, LLC. *OpenEXR*. URL: <https://www.openexr.com/> (besucht am 02.02.2020).
- Autodesk Knowledge Network. *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 20.02.2020).
- SOBOTKA, Troy. *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 01.02.2020).
- FISSOUN, Daria. *Color Correction with DaVinci Resolve 15*. URL: [https://documents.blackmagicdesign.com/UserManuals/DaVinci-Resolve-15-Color-Correction.pdf?\\_v=1555571700000](https://documents.blackmagicdesign.com/UserManuals/DaVinci-Resolve-15-Color-Correction.pdf?_v=1555571700000) (besucht am 25.03.2020).
- Thbd. *Ocean*. URL: <https://soundcloud.com/thbdsultan/ocean> (besucht am 14.04.2020).
- 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 15.03.2020).